

# **Badische Landesbibliothek Karlsruhe**

**Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe**

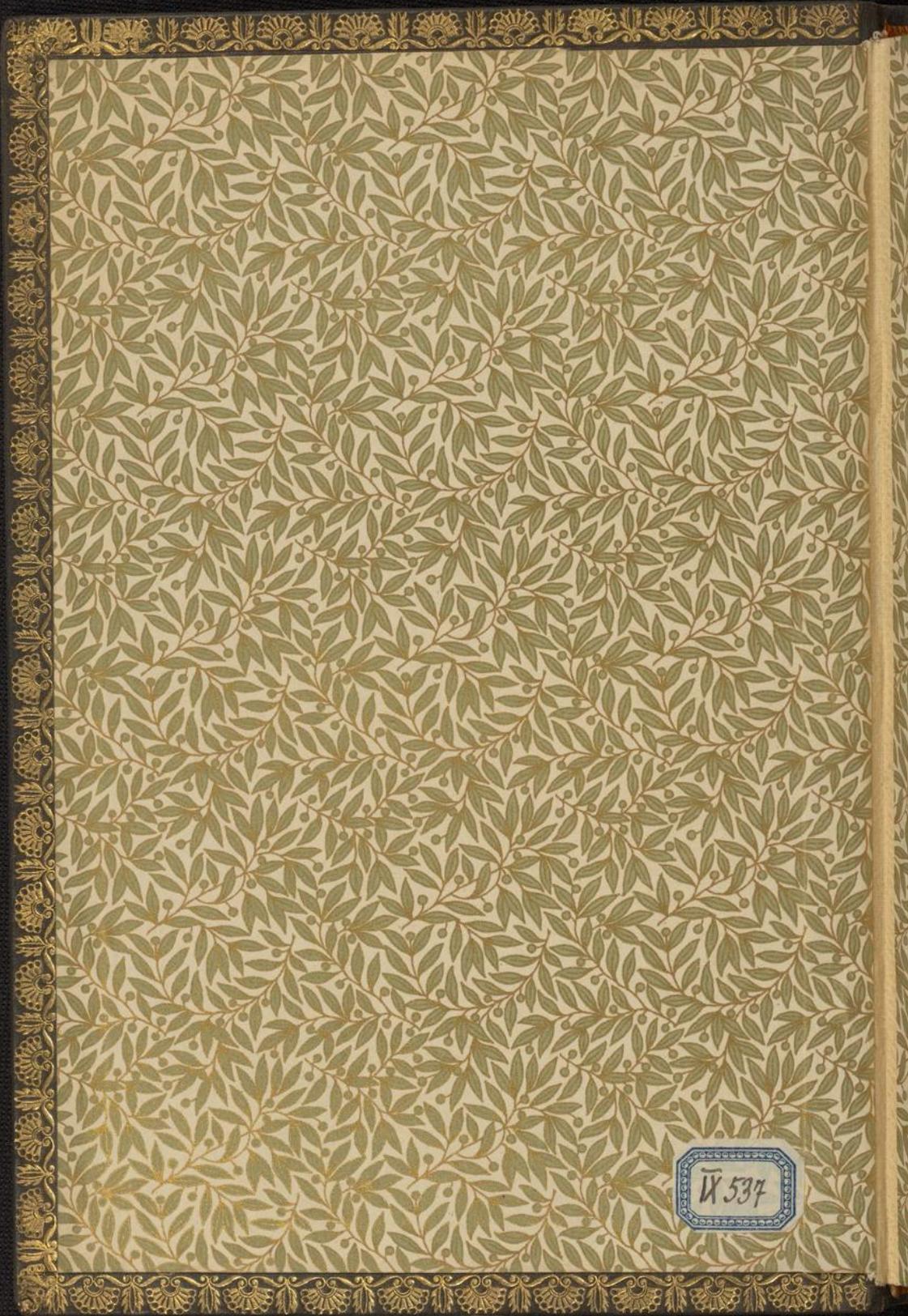
## **Festschrift zur Goldenen Hochzeit Ihrer Königlichen Hoheiten des Grossherzogs und der Grossherzogin**

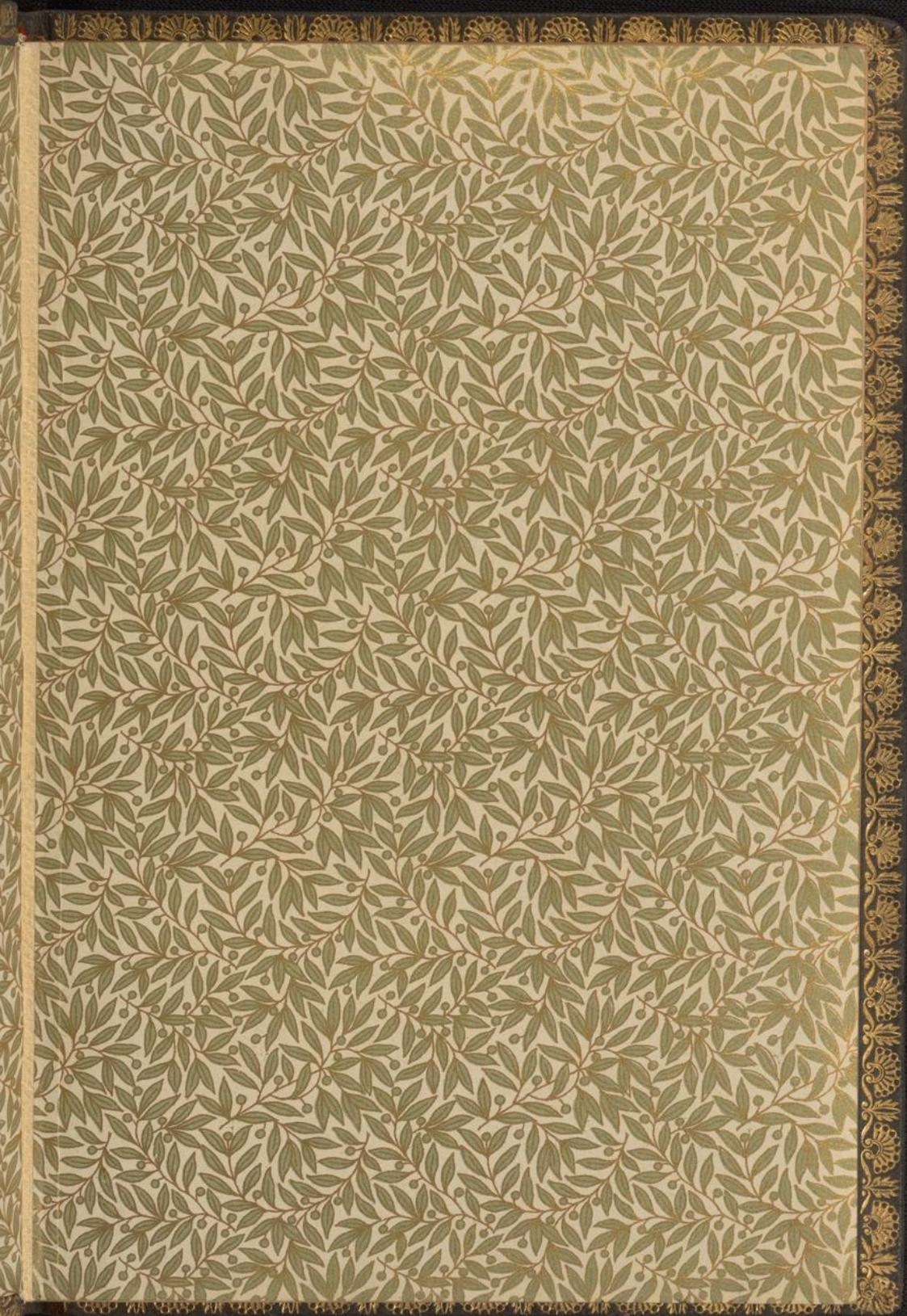
**Friedrich <I., Baden, Großherzog>**

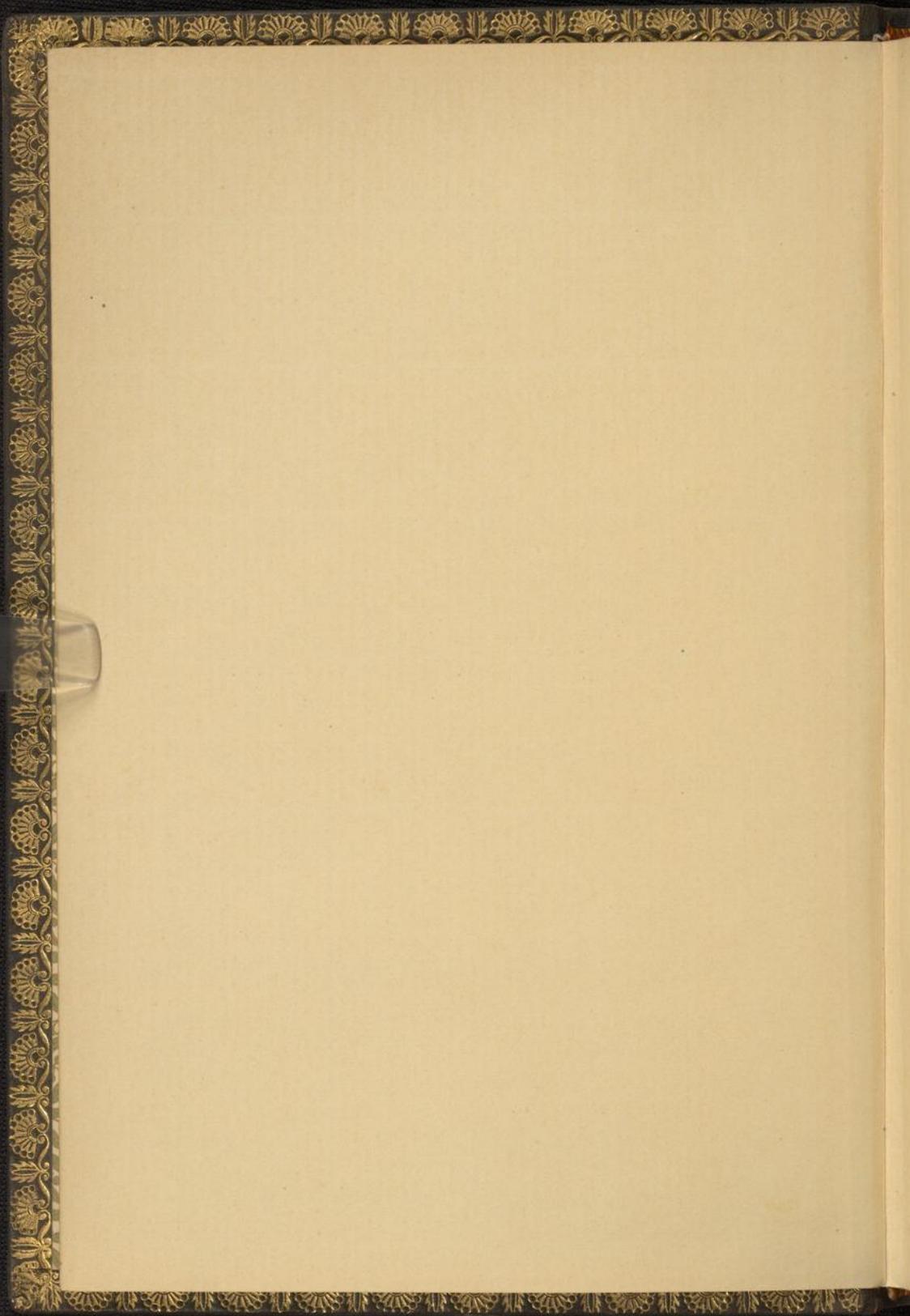
**Karlsruhe, 1906**

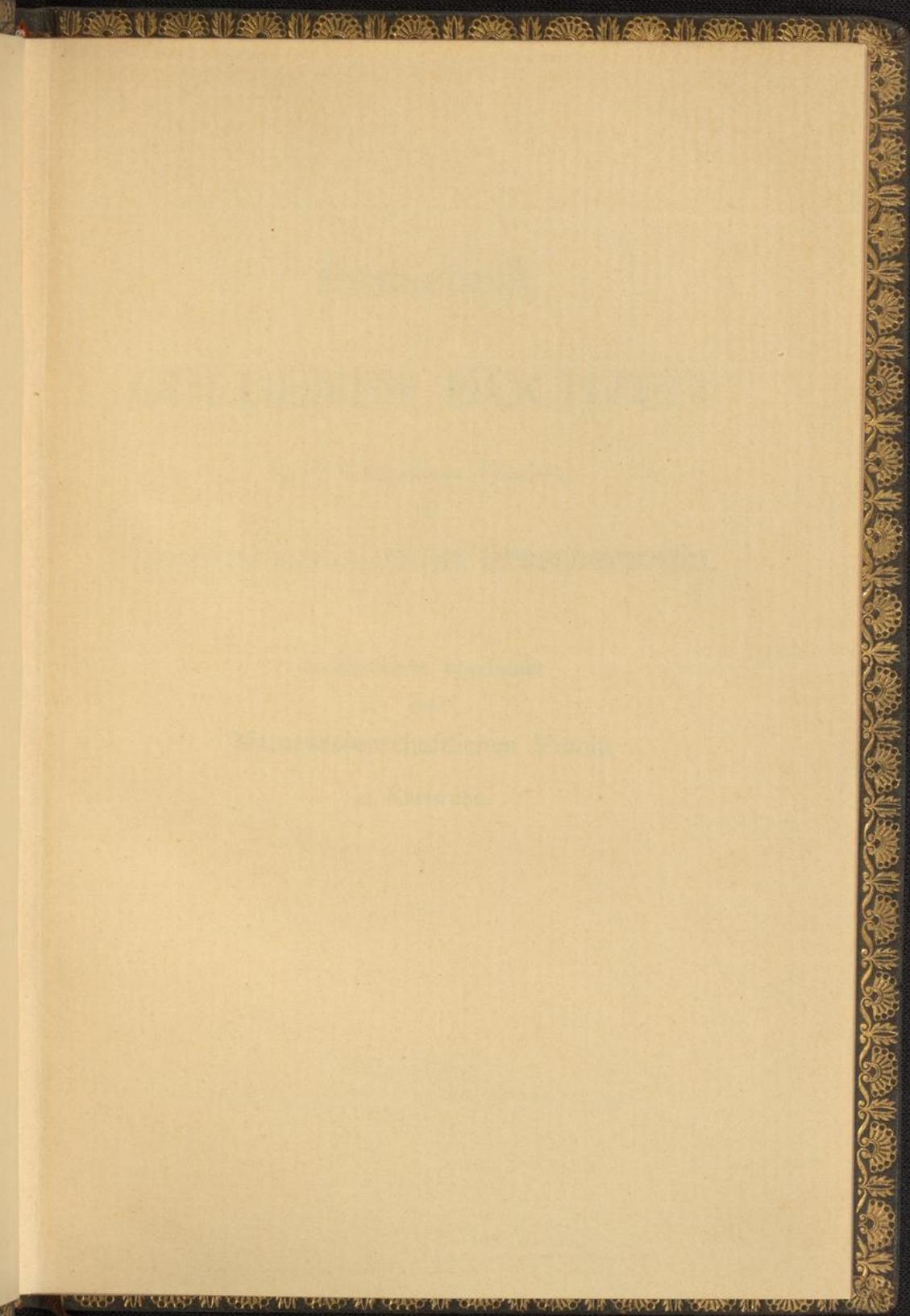
[urn:nbn:de:bsz:31-334108](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-334108)

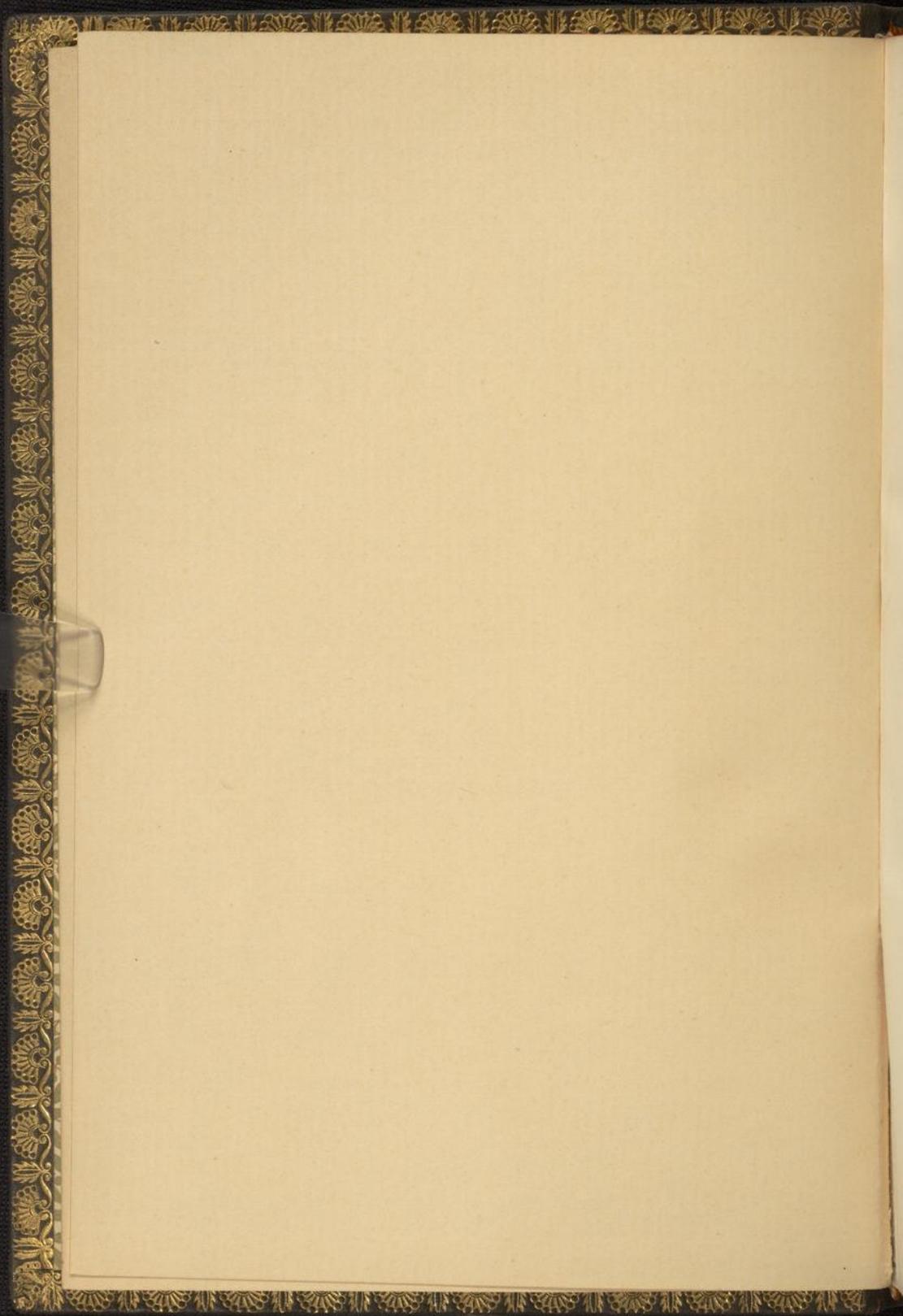












Festschrift  
zur  
GOLDENEN HOCHZEIT

Ihrer Königlichen Hoheiten  
des  
Grossherzogs und der Grossherzogin.

---

In Ehrfurcht überreicht  
vom  
Naturwissenschaftlichen Verein  
in Karlsruhe.

---

KARLSRUHE.  
Druck der G. Braunschen Hofbuchdruckerei.  
1906.



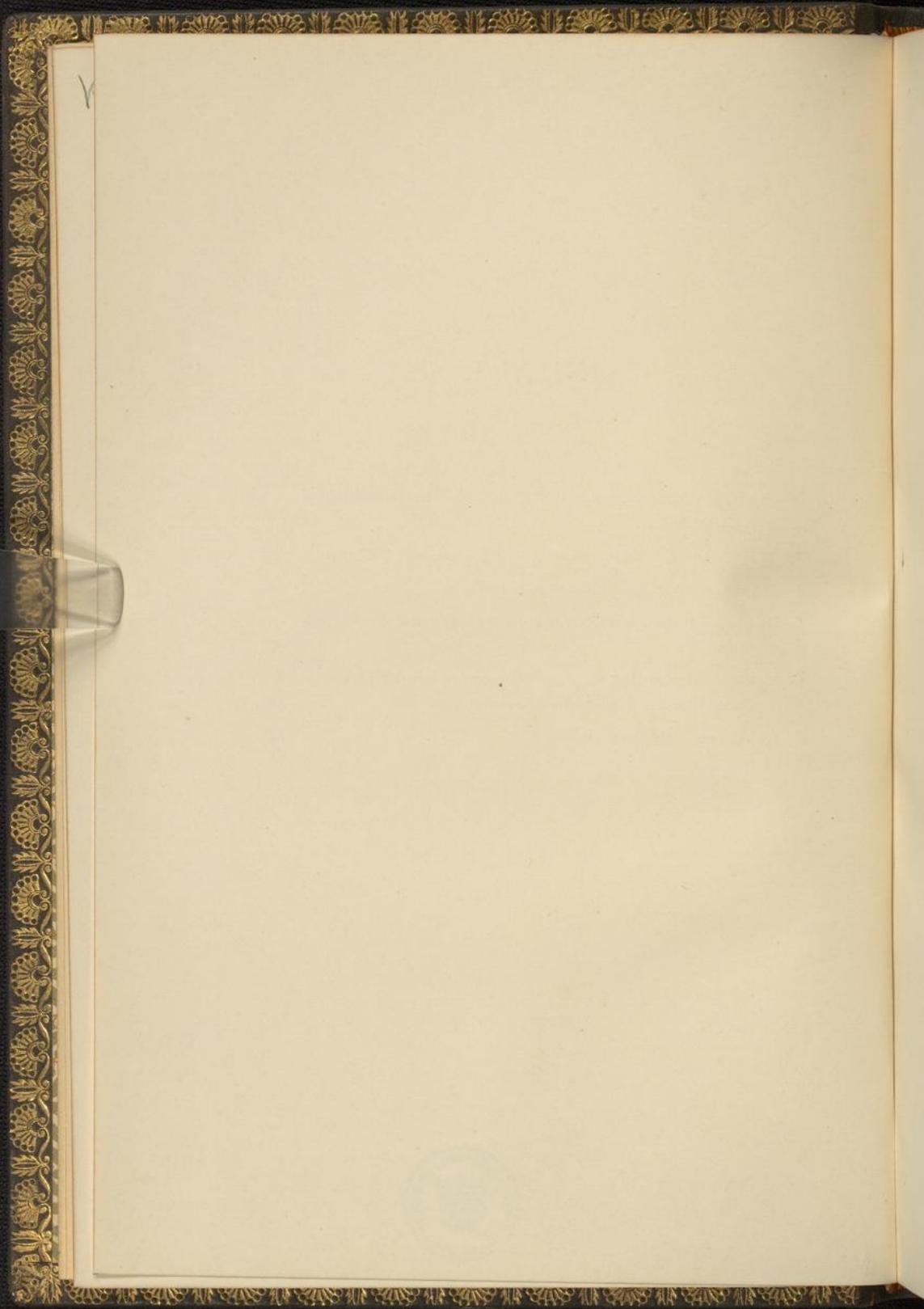
K

98 3 81787



## INHALT.

	Seite
W. May. Zur Geschichte des Großh. Badischen Naturalienkabinetts in Karlsruhe . . . . .	3
M. Haid. Die seismischen Stationen in Durlach und Freiburg . .	21
O. Nüsslin. Aus dem Leben der Borkenkäfer . . . . .	47
C. Engler. Beiträge zur Kenntniss der Radioaktivität der Mineral- quellen . . . . .	65
O. Lehmann. Die Bedeutung der flüssigen und scheinbar lebenden Kristalle für die Theorie der Molekularkräfte . . . . .	107
O. Lehmann. Heinrich Meidinger . . . . .	135



Zur Geschichte des Grossh. Bad.  
Naturalienkabinetts in Karlsruhe

(1751—1878)

von

**Dr. Walther May**

a. o. Professor an der Technischen Hochschule zu Karlsruhe.

---



Auf Anregung von Herrn Hofrat Professor Dr. Nüßlin studierte ich vor mehreren Jahren die Akten des Karlsruher Naturalienkabinetts aus den vier ersten Perioden seines Bestehens. Die Ergebnisse dieses Studiums teile ich hier mit, in der Hoffnung, daß von anderer Seite auch die beiden letzten Perioden bearbeitet werden. Ich selbst war dazu aus Mangel an Zeit nicht mehr in der Lage.

I. Periode.

**Die Sammlungen der Markgräfin Karoline Luise.**

1751 bis 1784.

Das Naturalienkabinet in Karlsruhe entstand aus den Sammlungen der Markgräfin Karoline Luise (1751 bis 1783), der Gemahlin des Markgrafen Karl Friedrich (1746 bis 1811). Diese Fürstin verband mit andern künstlerischen und wissenschaftlichen Neigungen eine verständnisvolle Liebe zur Naturgeschichte, besonders zur Botanik und Mineralogie. Aus ihrem Nachlaß finden sich in den Akten des Naturalienkabinetts eine Anzahl Schriftstücke, aus denen hervorgeht, daß namentlich die Mineraliensammlung der Markgräfin nicht unbedeutend war und beständig durch eigens zu diesem Zweck auf Reisen gesandte Sammler vermehrt wurde. So liegt mir eine Anzahl von Briefen aus den Jahren 1773 bis 1780 vor, in denen ein Geometer C. F. Erhardt eingehende Berichte über seine mineralogische Sammeltätigkeit in Freiberg, Goslar, Clausthal, Dillenburg und Sultzburg erstattet. Ferner finden sich zahlreiche Verzeichnisse von Mineralien und Petrefakten, die aus den verschiedensten Gegenden an die Markgräfin eingeschickt wurden. Von besonderem Interesse ist ein Schriftstück aus dem Jahre 1751, das älteste Dokument der Akten des Naturalienkabinetts, das über einen Knochenfund bei

Efringen berichtet, der auf Befehl des Markgrafen Karl Friedrich der Sammlung seiner Gemahlin einverleibt werden sollte. Es lautet wie folgt:

„Alß etwa ohngefähr 8. Tag nach Jakoby 1750 durch einen starken Platz Regen ein zimliches Gewässer in hiessigen Gegenden entstunde, wodurch an vielen Orten der Erdreich biss auf die untersten Felssen weggespühlet worden, so ereignete sich dieses unter andern auch allhier in Efringen oberhalb der sogenannten außer Mühle an dem Fuß eines Berges, da dann Hannß Jakob Estlinbaum ein hiessiger Kiester von ohngefähr da er in dieser Gegend arbeitete an besagtem Ort etwass liegen sahe, dass seiner Meynung nach fast wie ein Pferd gestallt warr. Er verfügte sich hin um der Sache genau nachzuforschen, fande aber nichts Vollkommenes, weil vom Wasser das meiste ruiniret das übrige aber mit einem rothen Letten überzogen war. Da er aber aus Curiosität nachgegraben so entdeckte er ein Horn das in den Berg hineingeng ohngefähr 4. Schuh lang und eines starken Mannes Arm dick, hinter demselben etwass tiefer lagen große Zähne, wie sie in denen Zahnladen zu stehen pflegen, nahe dabey waren verschiedene Knochen, und das übrige ware durch die Gewalt des Wassers weggetrieben worden. Es fanden sich sogleich mehrere Personen dabey ein, die alles dieses mit ansahen alsß der Stabhalter Friederich Grässlin, der außer Müller Joh. Georg Räuber, Jacob Diel und noch andere mehr. Das Horn selbst wurde in Stücke zerbrochen, verteilt und hin und wieder verkauft und verhandelt. Von Zähnen bekam man 5. wovon würklich noch 4. vorhanden, von denen aber nach und nach viel merkwürdiges abgefallen und zum Theil abgebrochen worden. Die noch wenigen übrigen Stücke des Horns waren anfänglich gantz, sind aber nach und nach auch zerfallen. Dass dieses obstehende von denen angeführten Personen pflichtmäßig erhohlt und angegeben worden, bezeugen hirmit: J. G. B. Dreuttel, Pfr., Bartlin Drublin, Vogt, Fritz Grässlin, Stabhalter. Efringen, d. 3. Febr. 1751.“

Aus diesem Bericht geht hervor, daß nur noch ein kleiner Rest jenes Knochenfundes der markgräflichen Sammlung einverleibt werden konnte.

Auch zoologischen Gegenständen wendete die Markgräfin ihr Interesse zu. Das beweisen drei von Gmelin angelegte Kataloge ihrer zoologischen Sammlungen. Der erste enthält die

„Zoophyten“ auf 93 Folioseiten und verzeichnet Spongien, Polypen, Hydrocorallinen, Alcyoniden, Gorgoniden, Pennatuliden, Madreporen und Bryozoen. Der zweite, von 384 Folioseiten, bezieht sich auf die Conchylien und der dritte, von 225 Folioseiten, auf die Vögel. In diesen Verzeichnissen sind Diagnosen, Synonyme und Literaturverweise den einzelnen systematischen Kategorien hinzugefügt.

Aus dem Jahre 1781 liegt ein Verzeichnis von Naturalien vor, in dem auch einige Insekten aufgeführt werden: 1. ein *Dermestes imperialis* aus Amerika, 2. eine Grillenart, 3. zwei *Cerambyces tristes*, 4. ein schwarzbrauner *Cerambyx* aus Ungarn, 5. ein blaugrauer Käfer aus Ungarn, 6. ein schwarzroter Käfer aus Ungarn, 7. ein gelber Käfer mit schwarzen Punkten aus Ungarn.

Ferner ist unter den zoologischen Dokumenten ein aus dem Jahr 1782 stammendes Verzeichnis von 73, der Markgräfin aus Ansbach übersandten Vögeln erwähnenswert. Die folgenden Bemerkungen des Lieferanten über das Vorkommen einiger dieser Vögel sind vielleicht nicht ohne Interesse:

„14. Mittlere Gattung Schild-Specht, die aber hier zu Land sehr selten und rar zu bekommen. 26. die gelbe Grasmücke. Dieses Vögelein hält sich lediglich in Franken und zwar in der Gegend von Obernbrait auf und ist irrig die gelbe Grasmücke genannt, doch weiß ich nicht, wie solche eigentlich zu benennen und habe ich sie erst, wie ich gestehn muss, kennen lernen, ich würde solches unbedenklich die *Catharina* nennen, weil ihr fast unaufhörlicher Ruf ganz deutlich mit diesem Namen übereinkommt. Übrigens ist deren Gesang sehr lautklingend und nicht unangenehm und gehört zu dem Geschlecht der Mucken Vögel. 27. Ein fremdes Vögelein, das mir noch nie zu Gesicht und in Händen gekommen, auch von sämtlichen Kennern und keinem der ältesten Vogelfanger erkannt wird, doch aber zu den Mucken oder Wurm Vögeln gehört. 49. Der Rieg. Merkwürdig ist, daß diese Art Vögel keine Feder unter dem Schnabel an der Kehle haben, sondern, wie zu erfinden, rau sind, und fügen solche dem Getraid auch öfters Erdbirn großen Schaden zu. 69. Italienisches Rohr- oder Wasserhuhn. Dieser Vogel pfeift so laut wie ein Schäfer auf der Hand. 70. Das Sammthuhn oder eine andere Art Rohrhühnlein. Merkwürdig ist, daß diese beyderley Rohr-

hühnlein dieses Frühjahr auf einige Stunden von einander entfernt in dem Wald mit der Hand gefangen worden. Vermutlich haben solche bey ihrem Strich und der eingefallenen Kälte, Wärme und Schuz im Wald gesucht.“

Als noch zu beschaffen werden u. a. folgende Vögel bezeichnet: „1. Kranich. Kommt fast alle Jahr im Strich, hält sich aber sehr selten auf. 3. Der große Brachvogel. Ist vor vielen Jahren keiner geschossen worden. 6. Der Schneeammer. Dieser wird nicht anders als bey sehr strengen und kalten Wintern zu erlangen seyn. 9. Das Citrönlein. Dieses ist selten zu haben, in dem Durlacher Hofgarten aber häufig anzutreffen. 10. Die Erdschwalbe. Diese ist in hiesigen beiden Fürstenthümern nicht zu finden, wohl aber habe ich sie in meiner Jugend öfters bey Durlach an dem Thurmberg, wo sie in der Erde nistet, ingleich auch nachher häufig in dem Hannöverischen an dem Linnen-Fluß gesehen. 11. Der ganz kleine Schild-Specht. Dieser ist sehr selten in hiesigen Landen, bey Carlsruh in der Haard aber häufig anzutreffen. 20. Der schwarze Storch. Ist dahier sehr selten, doch vor 6 Jahren bey Reinsburg, ohnweit schwäbisch Hall, geschossen worden.“

Nach dem Tode der Markgräfin wurden ihre Sammlungen nach letztwilliger Verfügung Fideikommiss des Erbprinzen und kamen aus dem Schloß in den untern Stock des früheren Hofapothekengebäudes neben der Schloßkirche, in dessen oberem Stock sich die Hofbibliothek befand. Hier blieben sie bis 1875, wo sie in das neue Sammlungsgebäude am Friedrichsplatz übersiedelten.

## II. Periode.

### Das Naturalienkabinett unter Gmelins Direktion.

1784 bis 1837.

Im Jahre 1784 übernahm Karl Christian Gmelin die Direktion der hinterlassenen Sammlungen und behielt sie bis zu seinem im Jahr 1837 erfolgten Tode.

Dieser erste „Direktor“ des Naturalienkabinetts war am 18. März 1762 zu Badenweiler als Sohn des dortigen Pfarrers Isaak Gmelin geboren. Bis zu seinem 16. Jahre besuchte er die Lateinschule zu Müllheim und studierte dann in Straßburg und

Erlangen Medizin. 1784 erwarb er den Dokortitel und die Lizenz als praktischer Arzt, fast gleichzeitig erfolgte seine Anstellung als Lehrer der Naturgeschichte am Gymnasium in Karlsruhe, welchen Posten er 50 Jahre lang bekleidete. Mit der Aufsicht über das Naturalienkabinett übernahm er 1786 auch die Leitung der botanischen Gärten in Karlsruhe, die unter ihm sich bedeutend entwickelten. Als Schriftsteller machte er sich besonders einen Namen durch seine „Flora Badensis Alsatica“, die von 1805 bis 1808 in drei Bänden erschien, denen 1826 noch ein Supplementband folgte. Sie behandelt die Phanerogamen Badens, an der Vollendung der Kryptogamen hinderte den Verfasser der Tod.

In dem von dem Historiker Vierordt geschriebenen Nekrolog heißt es über den Charakter Gmelins: „Er gehörte nicht zu jenen schmiegsamen Männern, die man, zumal in einer Residenz, fleißig hinhorchen sieht, mit welcherlei Redensarten vornehmer Beifall zu verdienen sei; er hielt sich im Gegenteil zu jeder Zeit sein Urteil frei und selbständig.“ Gleichsam eine Illustration zu dieser Charakteristik ist ein Schreiben Gmelins an das „Großherzogl. hochpreisl. Oberhof-Marschallamt“ vom 28. August 1823, in dem er die bei der Übernahme der Direktion im Naturalienkabinett vorgefundenen Zustände einer sehr scharfen Kritik unterzieht. Er schreibt:

„Als im Jahr 1784 und 1785 die hinterlassenen Naturprodukte an Mineralien, Conchylien, an wenigen größtenteils verdorbenen ausgestopften Vögeln, an sehr wenigen getrockneten Fischen, Krebsen, äußerst wenigen größtenteils ganz verdorbenen Schmetterlingen und anderen Insekten, ferner an Seeprodukten, als Madreporen, Korallen und Gorgonien, Spongien etc., von Sr. Hochfürstl. Durchlaucht dem Markgrafen Carl Friedrich und dem Erbprinzen Carl Ludwig, als dem damaligen Besitzer dieses Naturalienkabinetts, meiner Aufsicht und Leitung gnädigst übergeben und anvertraut wurden, erbat ich mir die darüber entworfenen Verzeichnisse, die mir gänzlich abgingen. Es verflossen Jahr und Tage, als mir endlich der Geh. Rat und Minister von Edelsheim mündlich sagte, es sei trotz allem Nachsuchen kein solches Verzeichnis vorhanden.“

Weiter schildert Gmelin die zur Verbesserung dieser Zustände nötigen Arbeiten: „Es mußten die übereinander, meist ohne Namen und Angabe des Geburtsorts gehäuften Mineralien

mit aller Umsicht ausgebreitet, gereinigt, gesondert, mit den richtigen Namen und womöglich mit Angaben des Geburtsorts belegt und aufgestellt werden — desgleichen die reiche und ausgezeichnete Sammlung der Conchylien, die ebenfalls weder in Ordnung aufgestellt, noch nach ihren Gattungen, Arten und Abänderungen benannt waren — desgleichen die andern minder bedeutenden Sammlungen von Vögeln, Fischen, Insekten, welche wegen Mangel an gehöriger Verwahrung und Aufsicht größtenteils ein Raub der Motten, Milben und Speckkäfer vom Jahr 1783 bis 1784 und teils noch 1785 wurden.“

Kaum hatte aber Gmelin die Neuordnung der Sammlungen einigermaßen beendet, als die befürchtete Invasion der Franzosen im Jahre 1793 dazu zwang, alles wieder einzupacken und nach Ansbach zu flüchten. 85 Kisten mit Naturalien wurden dorthin geschafft. Davon kehrten 14 Kisten im September 1797, die übrigen 71 im Juni 1798 nach Karlsruhe zurück.

Unter Gmelins Leitung fand manche Bereicherung der zoologischen Sammlungen des Kabinetts statt. Namentlich scheinen die Vögel und Conchylien nicht unbedeutende Ergänzungen erfahren zu haben. So wurden 1810 32 größtenteils ostindische und neuholländische, 1825 26 nordamerikanische und 1830 85 brasilianische Vögel angekauft. In den Jahren 1822 bis 1827 lieferte Forstrat Fischer in Karlsruhe eine größere Kollektion deutscher Vögel, und 1832 schenkte Forstmeister Kettner in Karlsruhe dem Naturalienkabinett 119 Kästen mit ausgestopften Vögeln. Als einer besonderen Seltenheit gedenkt Gmelin einer Gans, die 1802 unweit Edlenstein geschossen und von dem Major v. Seldenek dem Naturalienkabinett geschenkt wurde. „Es ist *Anas albifrons*“, schreibt er, „das Vaterland ist vorzüglich Asien und Amerika, von wo aus sie zuzeiten in einige Seegegenden Europens kommt. Sie gehört bey uns unter die seltensten Erscheinungen und ist insoferne für das Hochfürstl. Naturalienkabinet ein schätzbares und neues Stück.“

Aus den Jahren 1830 bis 1836 liegt eine größere Anzahl Verzeichnisse von Conchylien vor, die von dem Naturalienhändler Marguier in Paris bezogen wurden. 1831 wurden südfranzösische Conchylien, ferner Krebse und Fischskelette von dem Reisenden Wilhelm Schimper erworben, 1836 überließ das Polytechnikum dem Naturalienkabinett gegen Tausch 70 Spezies See-

conchylien, die größtenteils von Alexander Braun an den Küsten Frankreichs gesammelt worden waren. Den wertvollsten Zuwachs erhielt aber die Conchyliensammlung im Jahre 1837 durch ein Geschenk des Obristen Peitsch in Karlsruhe. Nicht weniger als 600 Arten Conchylien in 1243 Exemplaren, darunter 186 Arten, die das Kabinett überhaupt noch nicht besaß, wurden durch dieses Geschenk der Sammlung einverleibt. In dem Bericht Alexander Brauns, der seit 1832 „zweiter Aufseher“ des Naturalienkabinetts war, heißt es: „Besonders ausgezeichnet durch Zahl und Seltenheit der Art und Schönheit der Exemplare sind die Porzellanschnecken (*Cypraea*), die Kegelschnecken (*Conus*), die Walzenschnecken (*Voluta*), die Harpen (*Harpa*), die Spindelschnecken (*Pupa*) und die Wendeltreppen (*Scalaria*) der Peitschischen Sammlung. Zu den seltensten Stücken gehört auch noch die Kielschnecke (*Carinaria*). Nach Naturalienhändlerpreisen berechnet, möchte sich der Wert dieser Sammlung auf wenigstens 5- bis 6000 fl. belaufen.“

Die Einreihung dieser reichen Schätze gab Veranlassung zu einer gründlichen Revision und Neuaufrichtung der ganzen Conchyliensammlung.

Außer den Conchylien schenkte Peitsch noch 22 Arten Korallen in 48 Exemplaren und sechs Wirbeltierschädel. Die Schädel- und Skelettsammlung war bereits 1834 durch ein Geschenk des Galeriedirektors Frommel, bestehend aus Skeletten und Schädeln kleinerer Säugetiere, Vögel und Amphibien, bereichert worden.

Von neuerworbenen Insekten aus dieser Zeit ist besonders eine mexikanische Sammlung erwähnenswert, die von Sommerschu, Hüttenverwalter in Wehr bei Schopfheim, im Jahr 1833 dem Naturalienkabinett verehrt wurde. Darunter befanden sich 356 Arten Käfer in 1117 Exemplaren. „Den reichsten Teil dieser schätzbaren Sammlung“, berichtet Gmelin, „bilden die Käfer, unter denen sich allein Scarabaeen im Linnaeischen Sinn 70 Arten finden, *Cerambyces* 47. Besonders bemerkenswert unter denselben ist ein Pärchen des schönen und großen *Prionus senex*, der durch seine, dem Hirschschrüter ähnlichen großen, aber mit weicher sammtartiger Woldecke überzogenen Kiefer sich auszeichnet, *Scarabaeus lapatus*, durch ein schaufelförmiges Horn auf dem Nacken ausgezeichnet, die mit unsern einheimischen

Goldkäfern verwandten schönen Arten aus den Geschlechtern *Euchloea*, *Gymnetis*, *Macrodiscus* etc. Nach den Käfern folgen die Schmetterlinge, unter denen besonders die Schwärmer durch ihre Zahl und Mannigfaltigkeit und etliche Spinner durch bunte Farben und zierliche Musterung sich auszeichnen. Unter den Hemipteren befinden sich 82 Wanzen, 43 Cikaden, unter ersteren zeichnet sich eine Wasserwanze aus, die ihre Eier auf dem Rücken trägt, unter letztern ein Thier aus der Gattung *Lystra*, das durch die aus dem Leib hervorstehenden langen weißen Wollbüschel ein sonderbares Ansehen erhält. Von den Netzflüglern ist *Chauliodes cornutus*, ein mit der Florfliege verwandtes Thier, bemerkenswert.“

Auch die palaeontologische Sammlung erhielt unter Gmelins Leitung manche Bereicherung. So wurde „am 25. Okt. 1802 unweit Daxland in der Mitte des ausgetrockneten Rheinbettes ein sehr wohlhaltener Schädel von einem Nashorn (*Rhinoceros africanus*) (*cornubus duobus*) gefunden“, der „sogleich ins fürstl. Naturalienkabinett gebracht wurde“. 1807 schenkte Gatterer in Heidelberg einen Elefantenbackzahn, der im Jahr 1789 bei Schwetzingen durch eine Rheinüberschwemmung im Felde zum Vorschein kam. Die Karlsruher Zeitung vom 19. September 1810 enthält einen Bericht Gmelins über einen ungewöhnlich großen Knochen, der in der Gegend von Philippsburg im Rheinufer gefunden und dem Naturalienkabinett einverleibt wurde. „Es scheint mir außer Zweifel zu sein“, schreibt der Verfasser, „daß dieser Knochen einem Elefanten von außerordentlicher Größe und sehr wahrscheinlich dem längst ausgestorbenen Riesenelefanten vom Ohio in Kanada angehöre“. Endlich ist zu erwähnen, daß im Jahr 1833 eine Sammlung von Foraminiferen aus Kreide und Tertiär, enthaltend 221 Spezies in 2425 Exemplaren gegen Tausch vom Grafen Münster in Bayreuth erworben wurde. Derselbe Sammler lieferte mehrere kolorierte Gipsabgüsse von Seltenheiten seiner palaeontologischen Sammlung: *Pterodactylus medius*, *Pt. münsteri*, *Pleurosaurus goldfussi* und *Placodus gigas*.

Infolge der ständig fortschreitenden Vergrößerung der Sammlungen wurde in den letzten Jahren der Gmelinschen Leitung ein bedenklicher Platzmangel fühlbar. Ein Antrag, drei im Jahre 1834 dem Naturalienkabinett neu zugewiesene Zimmer so einzurichten, daß sie zur Unterbringung der Sammlungen mit ver-

wendet werden könnten, fand nicht die Genehmigung des Großherzogs. Dieser war vielmehr der Ansicht, daß dem Platzmangel durch zweckmäßigere Anordnung der Sammlungen und bessere Benutzung des vorhandenen Raumes abgeholfen werden müsse. Um dies zu ermöglichen, bestimmte ein Reskript des Geheimen Kabinetts vom 12. Dezember 1835, alle in dem Kabinett befindlichen Kuriositäten auszusondern und an die Hofbibliothek abzugeben, sämtliche Doubletten bis zu ihrer Vertauschung auf möglichst engem Raum zusammenzudrängen, alle Bücher, die nicht zu dem notwendigen täglichen Handgebrauch der Direktoren gehören, zur Hofbibliothek abzugeben und die Gegenstände ohne allen oder von sehr geringem Wert zu veräußern. Die drei neu hinzugekommenen Zimmer seien hauptsächlich zu Arbeitszimmern für die Direktoren des Kabinetts zu verwenden. Ferner enthält dieses Reskript Bestimmungen über den Aufenthalt und die Verwendung der Diener des Naturalienkabinetts und der Hofbibliothek sowie über die Zurechtweisung des Publikums für den Besuch der Sammlungen und der Direktoren durch Aufschriften an den verschiedenen Türen.

Infolge der Kränklichkeit Gmelins in seinen letzten Lebensjahren und der Zeit und Raum in Anspruch nehmenden Neuaufrichtung der Conchyliensammlung zog sich die Ausführung dieser Bestimmungen, die auch mit baulichen Veränderungen verbunden war, längere Zeit hin, und erst am 27. Oktober 1837 berichtet Alexander Braun, der Nachfolger Gmelins, über die Abgabe der nicht naturhistorischen Gegenstände des Naturalienkabinetts an die Gemäldegalerie und die Hofbibliothek.

### III. Periode.

#### **Das Naturalienkabinett unter der Direktion Alexander Brauns.**

1837 bis 1845.

Nach dem Tode Gmelins wurden neue Bestimmungen über die zukünftige Leitung des Naturalienkabinetts und seine Beziehungen zur Bibliothek festgesetzt, wie aus einem Schreiben des Großh. Geh. Kabinetts vom 29. September 1837 hervorgeht. Darnach wird die Oberaufsicht des Kabinetts dem Geh. Hofrat und Oberbibliothekar Molter übertragen. Dieser soll die Verant-

wortlichkeit für die Erhaltung der Sammlungen mit dem Direktor teilen und bei den Anschaffungen für das Naturalienkabinett vorzüglich in ökonomischer Hinsicht beratend mitwirken. Der Direktor soll seinen Anordnungen Folge leisten, im übrigen aber, namentlich in seiner wissenschaftlichen Tätigkeit, möglichste Selbständigkeit genießen und insbesondere auch über die Verwendung der für die laufenden kleineren Bedürfnisse der Anstalt in dem Budget besonders ausgesetzten Summe die alleinige Disposition behalten. Der Direktor tritt zu der Großh. Hofbibliothek in ein näheres Verhältnis als wirklicher Bibliothekar mit der Verpflichtung, an den allgemeinen Angelegenheiten der Bibliothek, insbesondere den Bücheranschaffungen beratenden Anteil zu nehmen, die seinen wissenschaftlichen Standpunkt unmittelbar berührenden Bücher speziell zu beaufsichtigen und seine ihm nach Erledigung seiner sonstigen Berufsarbeiten frei bleibende Zeit dem Besuche der Bibliothek zu widmen. Die Stelle eines Direktors und dritten Hofbibliothekars wird dem zweiten Aufseher des Naturalienkabinetts, dem Professor der Naturgeschichte am Polytechnikum, Alexander Braun, zgedacht, unter Auferlegung der Verpflichtung, außer den 8 bis 10 wöchentlich am Polytechnikum zu erteilenden Stunden die großherzoglichen Prinzen zwei Stunden in der Naturgeschichte zu unterrichten und unter der Bedingung, weitere Nebenämter oder Nebenbeschäftigungen als die genannten nicht anzunehmen.

Prof. Braun ging auf diese Bedingungen ein und erhielt am 24. Dezember 1837 seine Ernennung zum Direktor des Naturalienkabinetts.

Alexander Braun ist am 10. Mai 1805 zu Regensburg als Sohn eines Postbeamten, der später in badische Dienste trat und seinen Wohnsitz in Karlsruhe nahm, geboren. Er besuchte das Lyzeum in Karlsruhe, wo er sich die besondere Gunst Gmelins erwarb, der ihm eine große Zukunft prophezeite. Nachdem er schon als Schüler sich eifrig mit Sammeln von Pflanzen und Mineralien beschäftigt hatte, studierte er von 1824 bis 1832 in Heidelberg und München Medizin und Naturwissenschaften, machte dann eine Studienreise nach Paris, wo er Cuviers letzte Vorlesungen hörte, und erhielt nach seiner Rückkehr im Jahre 1833 eine Stelle als Lehrer der Botanik und Zoologie an der polytechnischen Schule und gleichzeitig eine Stelle als Assistent am

Naturalienkabinett. Nach 14jähriger Tätigkeit an diesen beiden Instituten, während welcher er die Flora Badens fleißig erforschte, folgte er einem Ruf als Professor der Botanik nach Freiburg, wo er seine bedeutendsten Arbeiten über die Morphologie und Physiologie der Süßwasseralgen ausführte, deren Resultate in der berühmten, durch ihren philosophischen Geist ausgezeichneten Abhandlung „Betrachtungen über die Erscheinung der Verjüngung in der Natur“ niedergelegt wurden. 1850 ging Braun nach Gießen, blieb hier aber nur ein Semester, da er als Professor der Botanik und Direktor des botanischen Gartens nach Berlin berufen wurde, wo er nach 26jähriger reichgesegneter Tätigkeit am 29. März 1877 als Gelehrter von Weltruf starb.

Brauns Tätigkeit am Naturalienkabinett ist ausgezeichnet durch eine durchgreifende Reorganisation aller Teile der Sammlungen. Die erste Arbeit, der er sich unterzog, war die Musterung sämtlicher, seit der Gründung des Naturalienkabinetts darin angehäuften Papiere. Das, was von älteren Akten des Naturalienkabinetts noch vorhanden ist, hat Braun geordnet und mit Aufschriften und Bemerkungen versehen.

Dann ging er an eine sorgfältige Musterung der ausgestopften Tiere, insbesondere der Vögel. Dabei zeigte es sich, daß weit über die Hälfte dieser Objekte vom Ungeziefer dermaßen angesteckt war, daß ohne schleunige Anwendung durchgreifender Maßregeln die ganze Sammlung oder doch deren größter Teil einem baldigen Untergang entgegengehen würde. Als Ursache dieser großen Verderbnis, besonders der ornithologischen Sammlung, bezeichnet Braun hauptsächlich den Fehler, daß früher anstatt neuer und wohlpräparierter Bälge alte Sammlungen bei der ursprünglichen Zubereitung nicht vergifteter Vögel angekauft wurden, die zum Teil sogar aus dem Grunde von den Eigentümern abgegeben worden waren, weil ihr baldiger Untergang voraussehen war. - Nicht weniger als 168 Vögel, 5 Säugetiere und 4 Amphibien mußten, als nicht mehr zu retten, gänzlich ausgeschlossen und weggeworfen werden. 380 Vögel und 63 Säugetiere wurden gereinigt, vergiftet, ausgebessert und teilweise mit neuen Postamenten versehen.

Bei Gelegenheit dieser Musterung wurde auch noch der Vorteil erreicht, daß der Raum des Naturalienkabinetts von den zahlreichen herumstehenden Kästchen, in denen ein großer Teil

der Vögel untergebracht war, befreit wurde, indem alle in Kästen befindlichen angesteckten und verdächtigen Vögel aus diesen herausgenommen und in die durch Umräumung der Zoophyten gewonnenen gemeinschaftlichen Glasschränke gestellt wurden.

Eine weitere Arbeit, die sich dem neuen Direktor bot, war die Ordnung der aus 1500 Bänden bestehenden Handbibliothek, die er im August und September 1837 der Hofbibliothek überlieferte. Den dadurch frei gewordenen Raum verwendete Braun teils zur Aufnahme einer Sammlung vegetabilischer Gegenstände, Hölzer, Früchte, Samen usw., sowie des Herbariums, das früher ohne Schrank auf dem Boden stand, teils zur Aufnahme der Akten des Naturalienkabinetts. Ferner wurden alle nicht naturhistorischen Gegenstände, die sich im Naturalienkabinettt vorfanden, abgegeben, und zwar einige Kupferstiche an die Gemädegalerie, die Antiquitäten und ethnographischen Gegenstände an die Hofbibliothek.

Diesen Arbeiten folgte die Neuaufstellung der zahlreichen fossilen Knochen, die sich im Laufe der Zeit im Naturalienkabinettt angesammelt und durch neuere Funde bei Oos bedeutend vermehrt hatten. Die meisten dieser wertvollen Gegenstände hatten bis dahin noch keine vor Gefahr geschützte, wissenschaftliche Übersicht bietende und dem Auge gefällige Aufstellung finden können, sondern standen teils in den Fensternischen oder lagen auf unbedeckten Tischen umher, dem Staub und der Gefahr des Verstoßenwerdens ausgesetzt, teils waren sie in Kammern verborgen aufbewahrt. Braun ließ die Knochen in vier neuen oben mit Glas gedeckten und unten mit zwei Reihen Schubladen versehenen Kästen unterbringen. Die zerbrochenen Knochen wurden mit aller Sorgfalt gekittet und zusammengesetzt, so daß sich oft aus unansehnlichen Stücken die bedeutendsten Exemplare, wie z. B. der Kopf eines Mammuts zusammenfügten und dieser Teil der Sammlung, der früher zu den am meisten vernachlässigten gehörte, zu einem der ansehnlichsten und interessantesten wurde.

Ein großes Verdienst erwarb sich Braun ferner dadurch, daß er eine nach Formationen geordnete Sammlung von Gesteinen und Fossilien begründete, die bis dahin völlig gefehlt hatte.

Den Abschluß dieser Reorganisation bildete die 1841 vorgenommene Neuordnung der Korallen, Echinodermen, Kru-  
staceen und Fische, die bisher teils an den Wänden angebracht, teils in den Schubladen der Seitenzimmer, dem Publikum unzu-

gänglich verborgen waren. Sie fanden in 14 neu angeschafften Glasschränken eine angemessene Aufstellung.

Was die Vermehrung der Sammlungen in dieser Periode betrifft, so ließ sich Braun zunächst die Vervollständigung der Konchyliensammlung angelegen sein. Sein Streben ging dahin, die Reihe der Genera möglichst komplett zu machen und die Ungleichmäßigkeit der Sammlung zu heben, die darin bestand, daß einzelne Genera außerordentlich reich vertreten waren, andere dagegen, besonders die der älteren Systematik unbekannt, fehlten. Durch Ankäufe und Geschenke wurde die Konchyliensammlung bereichert, und fünf neue Schränke legten Zeugnis von ihrer bedeutenden Ausdehnung ab.

Die reiche Sammlung von Land- und Süßwassermollusken Alexander Brauns wurde vom Naturalienkabinett käuflich erworben, und Brauns Bruder, der Ingenieur Max Braun, machte wiederholt wertvolle Geschenke an Land-, Süßwasser- und Seekonchylien aus Südfrankreich, Spanien, Sizilien, Algerien und den Tropen. Ferner schenkte Rofmäßler 120 Konchylien in 318 Exemplaren und Dr. Schuch in Regensburg eine Kollektion griechischer Konchylien.

Nicht weniger richtete Braun sein Augenmerk auf die Vergrößerung der Vogel- und Säugetiersammlung. 1839 schenkte Oberbibliothekar Molter 31 Vögel, und in demselben Jahr wurden größere Ankäufe von Säugetieren und Vögeln bei Steinmann in Basel und Bosch in Karlsruhe gemacht, darunter Ameisenfresser, Schuppentier, Gürteltier und viele exotische Vögel. 1840 lieferte der Reisende Wilhelm Schimper 20 Säugetiere und 144 Vögel aus Abessinien, und 1845 machte der Arzt Dr. Keller aus Freiburg, damals in Caravellas, Provinz Bahia, ein wertvolles Geschenk mit brasilianischen Tieren, 25 Säugetieren, 111 Vögeln und 8 Amphibien, von denen viele dem Naturalienkabinett neu waren. Unter den Säugetieren nennt Braun als besonders erwähnenswert Tapir, Jaguar, Tigerkatze, mehrere Faultiere und Flußschweine, unter den Vögeln die Papageien, Pfefferfresser, Bartvögel und Fregattvögel. Als sehr wertvoll bezeichnet er ferner die in dem von Dr. Keller mitgesandten Verzeichnis enthaltenen genauen Angaben der Farbe der Augen, Schnäbel und Füße der Vögel und die Notizen über deren Vorkommen und Lebensweise.

Am wenigsten Aufmerksamkeit scheint der Insektensammlung gewidmet worden zu sein. Hier findet sich nur ein größeres Geschenk des Oberwund- und Zahnarztes Loudet in Mannheim verzeichnet, der seine Sammlung europäischer Schmetterlinge, 930 Spezies in 1500 Exemplaren, im Jahre 1844 dem Naturalienkabinet verehrte.

Die palaeontologische Sammlung endlich erhielt reichen Zuwachs durch die meist bei Erdarbeiten gefundenen fossilen Knochen vom Nashorn, Mammut, Pferd, Hirsch usw. aus Leimersheim, Weinheim, Eggenstein, Oos und anderen Orten der näheren und weiteren Umgegend von Karlsruhe.

#### IV. Periode.

##### **Das Naturalienkabinett unter der Leitung Moritz Seuberts.**

1846 bis 1873.

Nach dem Fortgang Alexander Brauns übernahm sein Schüler, Professor Moritz August Seubert, die Leitung der Sammlungen des Naturalienkabinetts. Seubert ist am 2. Juni 1818 zu Karlsruhe als Sohn des Medizinalrats Dr. Karl August Seubert geboren. Er besuchte das Lyzeum seiner Vaterstadt und hörte schon als Gymnasiast Alexander Brauns Vorlesungen über Zoologie und Botanik. Als Student der Medizin in Heidelberg und Bonn trieb er eifrig naturwissenschaftliche Studien und beschäftigte sich nach Erlangung der Doktorwürde mit der Ordnung der reichen naturhistorischen Sammlungen in Berlin. 1843 ließ er sich als Privatdozent in Bonn nieder und erhielt drei Jahre später einen Ruf als Lehrer der Botanik und Zoologie an das Polytechnikum in Karlsruhe. Zugleich wurde er Vorstand des Naturalienkabinetts und des botanischen Gartens, welche Stellungen er bis zu seinem am 6. April 1878 erfolgten Tode bekleidete. Seine literarischen Arbeiten bewegen sich auf botanischem Gebiete. Er schrieb u. a. eine Exkursionsflora für das Großherzogtum Baden und war Mitarbeiter an der Flora Brasiliensis.

Aus dem mir vorliegenden Katalog, der von 1846 bis 1875 gemachten Anschaffungen geht hervor, daß Seubert sein Hauptaugenmerk auf die Bereicherung und Vervollständigung der Insektensammlung richtete. Gleich im ersten Jahre wurden 300 Or-

thopteren, Hemipteren, Neuropteren und Lepidopteren bei Geyer gekauft, die Lepidopteren zur Komplettierung der von Loudet geschenkten Sammlung. Unter den Anschaffungen des folgenden Jahres sind verzeichnet: 10 große brasilianische Bombyces und 25 unbestimmte brasilianische Insekten von Hufnagel in Pforzheim, 9 exotische Käfer von Eckert in Heidelberg und 90 europäische Schmetterlinge und exotische Käfer von Biedermann. 1848 wurden 60 Spezies Käfer von Dr. Roth in München gegen Doubletten eingetauscht, 40 Insekten von Eckert in Heidelberg gekauft und eine größere Anzahl Käfer aus Natal durch Vertauschung gegen Mexikaner erworben. Das Jahr 1849 brachte einen Zuwachs von etwa 60 exotischen Insekten, die Safferling in Heidelberg lieferte und 50 europäischen Schmetterlingen, die bei Geyer gekauft wurden. 1850 lieferte Mann in Wien 160 Mikro- und 42 Makrolepidopteren, Safferling 30 exotische Insekten und Biedermann 30 Schmetterlinge und 15 Käfer. Aus 1851 sind exotische Käfer von Safferling und 30 Schmetterlinge von Keitel in Berlin verzeichnet, aus 1852 Schmetterlinge aus Neuholland von Safferling. 1853 lieferte ebenfalls Safferling eine größere Anzahl Insekten, und 1854 wurden 180 Schmetterlinge und 200 Käfer aus Mexiko von Bergrat Sommerschu erworben. 1856 ging die Arnspersgersche Insektensammlung, enthaltend 3500 Spezies Käfer und 700 Spezies Schmetterlinge durch Kauf in den Besitz des Naturalienkabinetts über. Die folgenden Jahre weisen weniger Insekten- als Vogelanschaffungen auf, erst 1863 begegnen wir wieder einer Kollektion heimischer und exotischer Insekten, die bei Biedermann gekauft wurden. In den Jahren 1865, 66, 68 und 73 wurden einheimische und exotische Schmetterlinge von Lehrer Klier in Darmstadt erworben, darunter eine Kollektion aus Panama. Lepidopteren aus Kuba lieferte 1867 Landauer in Frankfurt. Ende der 60er und anfangs der 70er Jahre wurden mehrfach Schmetterlinge bei Fehr und Heyne in Leipzig gekauft. Endlich schenkte A. Seubert in Poerworedjo auf Java 1875 dem Naturalienkabinettt eine Kollektion javanischer Insekten, besonders Käfer.

Nächst den Insekten war es die Vogelsammlung, die sich unter Seubert besonderer Pflege erfreute. So finden sich zahlreiche Anschaffungen von Vögeln bei Bosch in Karlsruhe, Brandt in Frankfurt, Oberforstmeister v. Kettner in Karlsruhe, Sannrotti in Hamburg etc. 1857 wurde die ganze v. Kettnersche ornitho-

logische Sammlung angekauft. Auch Geschenke von Vögeln sind häufig verzeichnet. So schenkte Baron Müller in Stuttgart im Jahre 1850 eine Kollektion Vögel aus dem nordöstlichen Afrika, Riedel in Gorontalo 1866 15 Spezies Vögel, Kaufmann Casalotti in Batavia im Jahre 1867 125 ostindische Vogelbälge, Konsul Lämmert 1871 29 Bälge brasilianischer Vögel und Dr. W. Reiß 1873 99 Vogelbälge aus den peruanischen Kordilleren.

Auch die Eiersammlung wurde durch Ankäufe und Geschenke bereichert. 1853 lieferte Geyer gegen 100 Vogeleier in über 200 Exemplaren, und in demselben Jahre wurden Vogeleier von Steenberg in Helsingoer und Kaufmann Möscher in Herrnhut bezogen. Auch die folgenden Jahre weisen noch verschiedene Ankäufe dieser Art auf. Unter den Geschenken ist besonders erwähnenswert eine Sammlung von 150 europäischen Vogeleiern, die von der Witwe des Frhrn. v. Kettner dem Naturalienkabinett übergeben wurden.

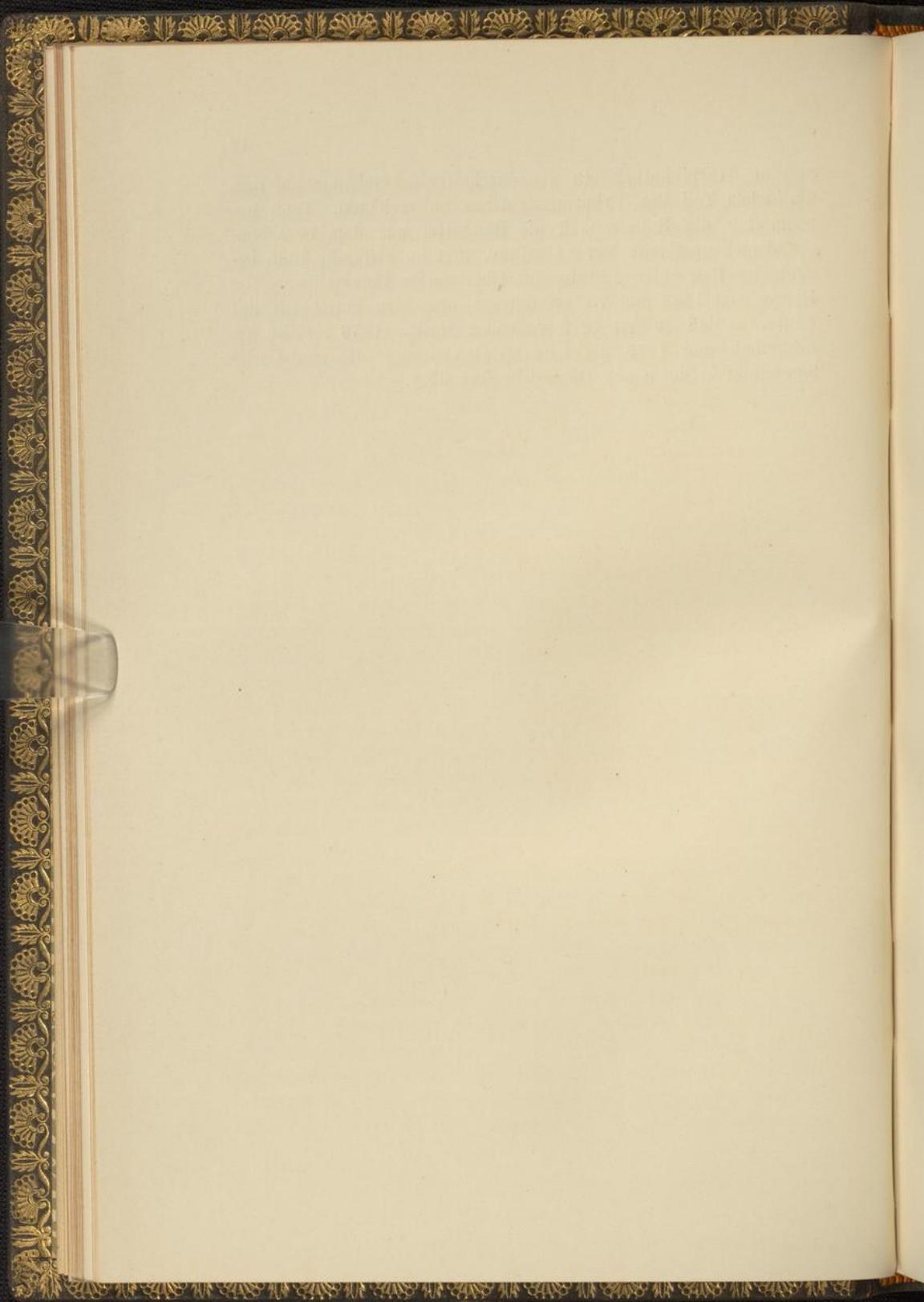
Die Schädel- und Skelettsammlung erhielt einigen Zuwachs durch mehrere Schädel, die 1866 durch das Großh. Hofsekretariat geliefert wurden. Es waren 2 Elefanten-, 2 Tiger-, 2 Büffel-, 4 Affen- und 2 Krokodilschädel. Ebenso wurde 1875 eine Kollektion Schädel aus der Schülerschen Sammlung von der Hoffinanzkammer dem Naturalienkabinett unter Wahrung des großherzoglichen Eigentumsrechts übergeben. Darunter befanden sich Affen-, Tiger-, Leopard-, Schweine-, Nashorn-, Büffel-, Krokodil- und Albatrossschädel.

Von Fischen ist nur eine größere Kollektion aus Triest und Surinam verzeichnet, die 1864 durch Dr. Kraus in Stuttgart bezogen wurde.

In demselben Jahre lieferte Landauer in Frankfurt 123 Seetiere, Conchylien etc. Auch 1866 und 1868 wurde die Konchyliensammlung durch Ankäufe bei Landauer bereichert, nachdem bereits im Jahre 1846 Seubert 30 ausländische Konchylienarten dem Kabinett geschenkt hatte. 1875 schenkte A. Seubert in Java eine Kollektion javanischer Schnecken und Muscheln.

Das bedeutendste Ereignis unter Seuberts Leitung war die Übersiedelung der Sammlungen des Naturalienkabinetts aus dem Hofapothekengebäude in das neue Sammlungsgebäude am Friedrichsplatz. Schon im Jahre 1860 hatte Großherzog Friedrich den Plan gefaßt, für die Naturalien- und Altertümersammlungen

und die Hofbibliothek ein gemeinschaftliches Gebäude auf dem nördlichen Teil des Erbprinzengartens zu errichten. 1862 genehmigten die Stände, daß die Baumittel aus dem Domänengrundstock geschöpft werden sollten, und im Frühjahr 1865 begann der Bau unter Leitung des Oberbaurats Berckmüller. Die Kriege von 1866 und 70 verzögerten aber den Fortschritt des Baues, so daß er erst 1872 vollendet wurde. 1873 siedelte die Bibliothek und 1875 die naturhistorische und ethnographische Sammlung in die neuen Räumlichkeiten über.



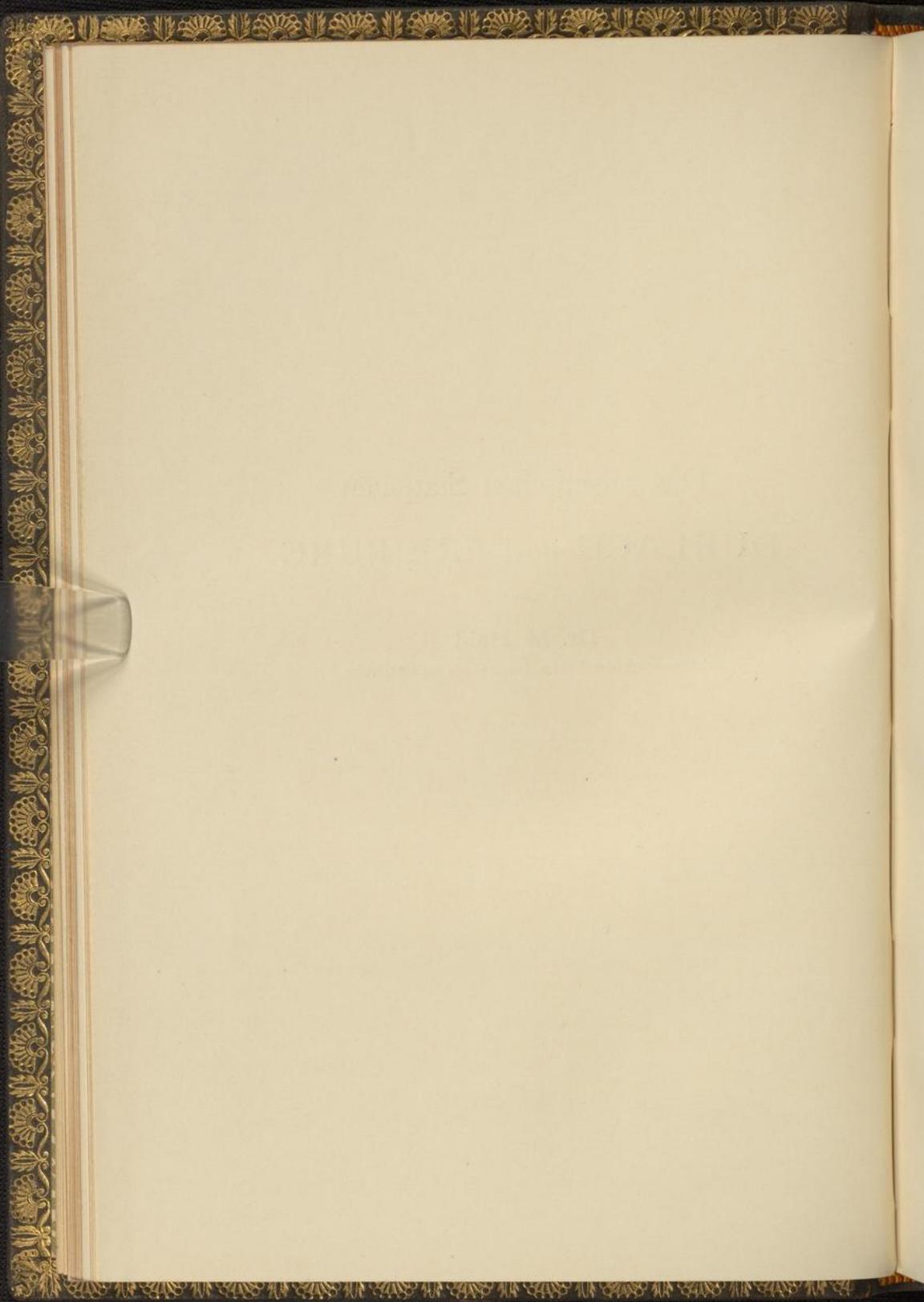
Die seismischen Stationen  
DURLACH und FREIBURG

von

**Dr. M. Haid**

Professor an der Techn. Hochschule zu Karlsruhe.

---



### I. Rückblick.

In der benachbarten Schweiz begann die systematische Erdbebenbeobachtung im Jahre 1878, als einige gleichstrebende Forscher bei der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft die Einsetzung einer besonderen Erdbebenkommission beantragten. Über die durch diese Kommission teils auf diplomatischem, teils auf privatem Weg eingezogenen Umfragen nach bestehenden, gleichgerichteten Einrichtungen in andern Ländern sagt der Bericht, daß nirgends in Europa ein organisierter Dienst für Erdbebenbeobachtungen bestehe, es seien lediglich einzelne, nach eigenem Plan arbeitende Forscher, denen man die bisherigen Resultate verdanke.

Bei den Verhandlungen des naturwissenschaftlichen Vereins wurde erstmals in der Sitzung vom 6. Februar 1880, an welcher Seine Königl. Hoheit der Großherzog teilzunehmen geruht hatte, von den Professoren Sohncke und Knop über Erdbeben in Baden gesprochen, „deren Auftreten hier ein viel häufigeres ist, als man gemeinhin zu glauben geneigt ist“. Veranlassung hierzu gaben die binnen 7 Wochen stattgefundenen drei Erdbeben am 5. und 22. Dezember 1879 im südlichen Schwarzwald und am 24. Januar 1880, von denen das letztere über einen großen Teil von Baden ausgedehnt und besonders in der Umgebung von Karlsruhe stärker fühlbar war. Im Anschluß an diese Erörterungen nun wurde nach Vorgang der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft auf Vorschlag des damaligen Vorstandes, Geh. Rat Grashof, von dem Verein eine Erdbebenkommission zur Untersuchung der in Baden stattfindenden Erdbeben errichtet und als Mitglieder die Professoren Jordan, Knop, Sohncke und Rentner Gustav Wagner eingesetzt.

Solange nicht Seismographen, welche die verschiedenen eintretenden Erscheinungen und Phasen eines Erdbebens zeitlich registrieren, zur Verfügung standen, mußte die Aufgabe der Kommission auf die Anwendung der statistischen Methode, auf die Konstatierung der Anzahl von beobachteten Fällen, auf ihre zeitliche Aufeinanderfolge und räumliche Ausdehnung sich beschränken und so einen ersten Schritt bilden zur Erkenntnis der sogenannten Seismisizität des untersuchten Gebiets. Die hierzu bei jedem Erdbeben notwendigen Erhebungen waren damals von der mit dem physikalischen Lehrstuhl Sohncke's verbundenen meteorologischen Zentralstation gesammelt worden. Schon bald jedoch hat der Personalbestand der Kommission eine Änderung erfahren, indem Prof. Jordan 1881 nach Hannover, Hofrat Sohncke Ostern 1883 nach Jena berufen wurden und Herr Wagner nach Achern verzog. Nach dem Scheiden Sohncke's und der damit erfolgenden Auflösung der meteorologischen Zentralstation hat dann das bei der Großh. Oberdirektion des Wasser- und Straßenbaues errichtete Zentralbureau für Meteorologie und Hydrographie die Sammlung der einkommenden Berichte übernommen. Dadurch erfuhr der Erdbebennachrichtendienst eine wesentliche Verbesserung. Wenn auch eine beträchtliche Anzahl von Personen in allen Landesteilen sich bereit finden ließ, als Korrespondenten der Erdbebenkommission im gegebenen Fall die ihnen zugänglichen Nachrichten unter Benützung eines Fragebogens zu sammeln und mit den etwaigen eigenen Wahrnehmungen an die Erdbebenkommission gelangen zu lassen, so erhielt der Nachrichtendienst doch ein festeres Gefüge durch Hinzuziehung der staatlichen Bezirksbehörden bezüglich deren Organe, die vermöge ihrer Fachbildung, ihrer Berufstätigkeit und Verbreitung über das ganze Land vorzugsweise geeignet und in der Lage sind, auf physikalische Erscheinungen zu achten und Wahrnehmungen darüber zu sammeln. Die Erdbebenkommission, die in ihren Bestrebungen auch von der kaiserl. Post- und Telegraphenbehörden bereitwilligst unterstützt wurde, bestand nunmehr aus den Herren Knop, Honsell, Haid und Postrat Christiani.

Da die bis dahin üblichen Fragebogen nicht allgemein verstanden wurden, und die Leute vielfach sich genierten, sie zu beantworten, so gab die Kommission geänderte Formulare in populärer Fassung aus. Auch ordnete sie in Ermangelung geeig-

neten Kartenmaterials die Herausgabe einer Übersichtskarte von Baden und Elsaß in  $\frac{1}{450000}$  an, welche als Grundlage für die Darstellung der Schüttergebiete notwendig war. Obwohl bei den seitens des Publikums einlaufenden Mitteilungen mancher Scherz\* unterlief, so läßt sich doch erkennen, daß den Erdbebenercheinungen von der Bevölkerung allenthalben ein besonderes Interesse zugewandt wird, insbesondere wenn sie, wie es zeitweise der Fall ist, häufiger eintreten. In der Tätigkeit der Kommission trat aber anfangs der 90er Jahre eine Pause ein, während welcher jedoch das Zentralbureau für Meteorologie und Hydrographie die Erhebung und Sammlung der Erdbebenberichte mit dem gleichen Pflichtgefühl fortführte. Es machte allmählich die Anschauung sich geltend, daß ohne Zusammenschluß größerer Gebiete mit der statistischen Methode allein und ohne instrumentelle Beobachtung ein weiterer wesentlicher Fortschritt nicht gemacht werde. In dieser Beziehung versuchte der oberrheinische geologische Verein die Erdbebenforschung in den Vereinsländern (Baden, Bayern, Elsaß-Lothringen, Hessen-Darmstadt, Hohenzollern und Württemberg) auf Grund einer zusammenfassenden Organisation zum Gegenstand seiner Beratungen zu machen; doch war dieses Bestreben nicht von langem Bestand. In der Versammlung des oberrheinischen geologischen Vereins von 1892, der auch ein Vertreter der schweizerischen Erdbebenkommission anwohnte, wurde zwar eine Resolution gefaßt, die eine Vereinheitlichung der Fragebogen, Aufstellung zahlreicher, durch physikalische Institute geprüfter Seismometer über das gesamte Vereinsgebiet, ferner regelmäßige Publikationen und Herstellung von Detail- und Übersichtskarten beabsichtigte; doch hatte sie keine weitere Folge.

Die mit seinem Horizontalpendel ausgeführten, epochemachenden Arbeiten v. Rebeur-Paschwitz's, welche in ihren Anfängen hier vom Naturwissenschaftlichen Verein tatkräftig unterstützt wurden, und die Begründung der benachbarten Straßburger seismischen Station brachten nach dem Tode des Geh. Hofrat Knop (1893) und nach der Berufung seines Nachfolgers des Prof. Brauns nach Gießen (1895) mit dem Eintritt von Prof. Futterer wieder regeres Leben in die Erdbebenkommission. Dieselbe kon-

\* Unter anderem hat sich eine Erdbebenmitteilung vom 20. Februar 1890 aus Neckargemünd nach erfolgter eingehender Untersuchung als ein harmloser Wahlscherz ergeben.

stituierte sich von neuem unter Futterer's Vorsitz und setzte sich mit ihm zusammen aus den Professoren Honsell, Schultheiß, Haid und Leutz und Postrat Seltsam als Nachfolger des an das Reichspostamt versetzten Herrn Christiani. Die Berichte über die damaligen Sitzungen des Vereins geben Zeugnis von dem großen Eifer, den Futterer der Erdbebenforschung widmete. Gegen Ende der 90er Jahre sah leider das Zentralbureau für Meteorologie und Hydrographie sich genötigt, wegen Portoschwierigkeiten und auch aus anderen Gründen seine Mitarbeit aufzugeben. Herr Prof. Futterer übernahm dann selbst die Aussendung und Sammlung der von ihm verfaßten und erweiterten Fragebogen. Dagegen sollte die Erfüllung des wiederholt geäußerten Wunsches, in die Erdbebenbeobachtung durch Aufstellung von Seismometer und Seismographen größere Präzision zu bringen, in die Nähe rücken. Die Post- und Telegraphenbehörden hatten früher schon anfangs der 80er Jahre vielfach Seismochronographen aufgestellt nach Konstruktion von Prof. Lassaulx in Breslau. Zwei solcher Apparate waren im Jahre 1887 dem Zentralbureau für Meteorologie und Hydrographie überlassen worden; sie kamen jedoch wegen ihrer Unzweckmäßigkeit nicht zu weiterer Verwendung. Wollte man wirklich in der Forschung vorwärts kommen, so konnten dergleichen einfache Apparate nicht mehr in Betracht gezogen werden. Aus den beschränkten Vereinsmitteln aber war die Anschaffung größerer Apparate, die im letzten Dezennium in raschem Fortschreiten sich immer mehr vervollkommneten, und deren Aufstellung größere Mittel beansprucht, nicht zu ermöglichen; auf eine Unterstützung durch Staatsmittel war vorerst auch nicht zu rechnen. Es war daher außerordentlich dankbar zu begrüßen, als Herr Geh. Rat Battlehner in der Vereinssitzung am 10. Mai 1901 die erfreuliche Mitteilung machen konnte, daß von der verstorbenen Frau Landgerichtsrat Bohm dem Verein die Summe von 16 000 M. für Zwecke der Erdbebenforschung testamentarisch gestiftet worden sei. Kurz vorher hatte Prof. Futterer als Delegierter Badens für die im April in Straßburg tagende erste Seismologische Konferenz\*, welche zum Zweck der Begründung einer internationalen Assoziation für Erdbebenforschung auf Einladung des Deutschen Reiches zusammengetreten war, einen Plan für die

\* Bericht der ersten Seismologischen Konferenz. Zeitschrift für physik. Erdkunde, Dr. Gerland's Beiträge zur Geophysik, Ergänzungsband 1.

Errichtung eines Netzes von seismologischen Stationen in Baden aufgestellt. Dieses Netz sollte sieben Stationen erster Ordnung und elf Stationen zweiter Ordnung umfassen. Es waren dies Heidelberg, Durlach, Lahr, Freiburg, im Kaiserstuhl, Neustadt, Engen von der ersten und Wertheim, Sinsheim, Pforzheim, Baden, Triberg, Zell i. W., Donaueschingen, Thiengen, Badenweiler, Kehl, Karlsruhe von der zweiten Art. Die Auswahl wurde von Futterer nach geologischen Gesichtspunkten und gemäß den bisherigen Erfahrungen begründet; sie sollte selbstverständlich nur einen allgemeinen Plan vorstellen, an dessen Verwirklichung für die nächste Zukunft zwar nicht zu denken war, an dessen allmählichen Ausbau aber nach Maßgabe vorhandener Mittel heranzutreten sei. Das mehr als zwanzigjährige Bestehen einer Erdbebenkommission in Baden sowie seine wiederholte Betätigung auf dem Gebiet der Erdbebenforschung veranlaßten die Berufung Futterer's in das Kuratorium der kaiserl. Hauptstation in Straßburg, dem zur Förderung der seismischen Forschung das Betreiben der Errichtung von Erdbebenstationen in den einzelnen Bundesstaaten als eine seiner hauptsächlichen Aufgaben oblag. Der Erdbebenkommission des Vereins war nunmehr die Pflicht erwachsen, mit den Mitteln, welche durch das hochherzige Böhm'sche Vermächtnis gegeben waren, Stationen in Baden einzurichten. Leider war es Futterer nicht mehr vergönnt, die Ausführung selbst in die Hand zu nehmen. Wegen leidender Gesundheit war er genötigt, aus seiner Stellung auszuschcheiden. An seine Stelle als Vorsitzender der Erdbebenkommission ist seit Juli 1903 der Verfasser getreten. Diesen Rückblick beschließend, gibt die folgende Zusammenstellung eine Übersicht über die Publikationen der Erdbebenkommission von 1880 bis 1905.

#### Die Publikationen der Erdbebenkommission von 1880 bis 1905.

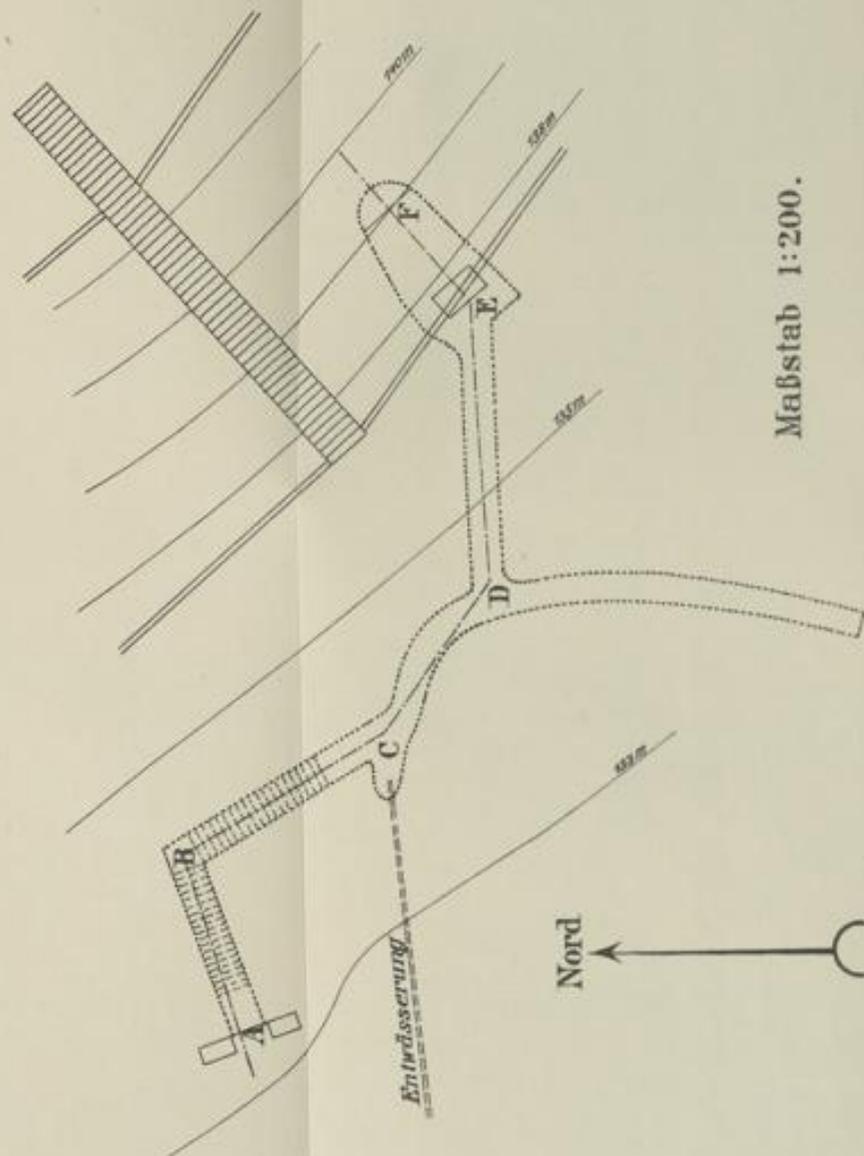
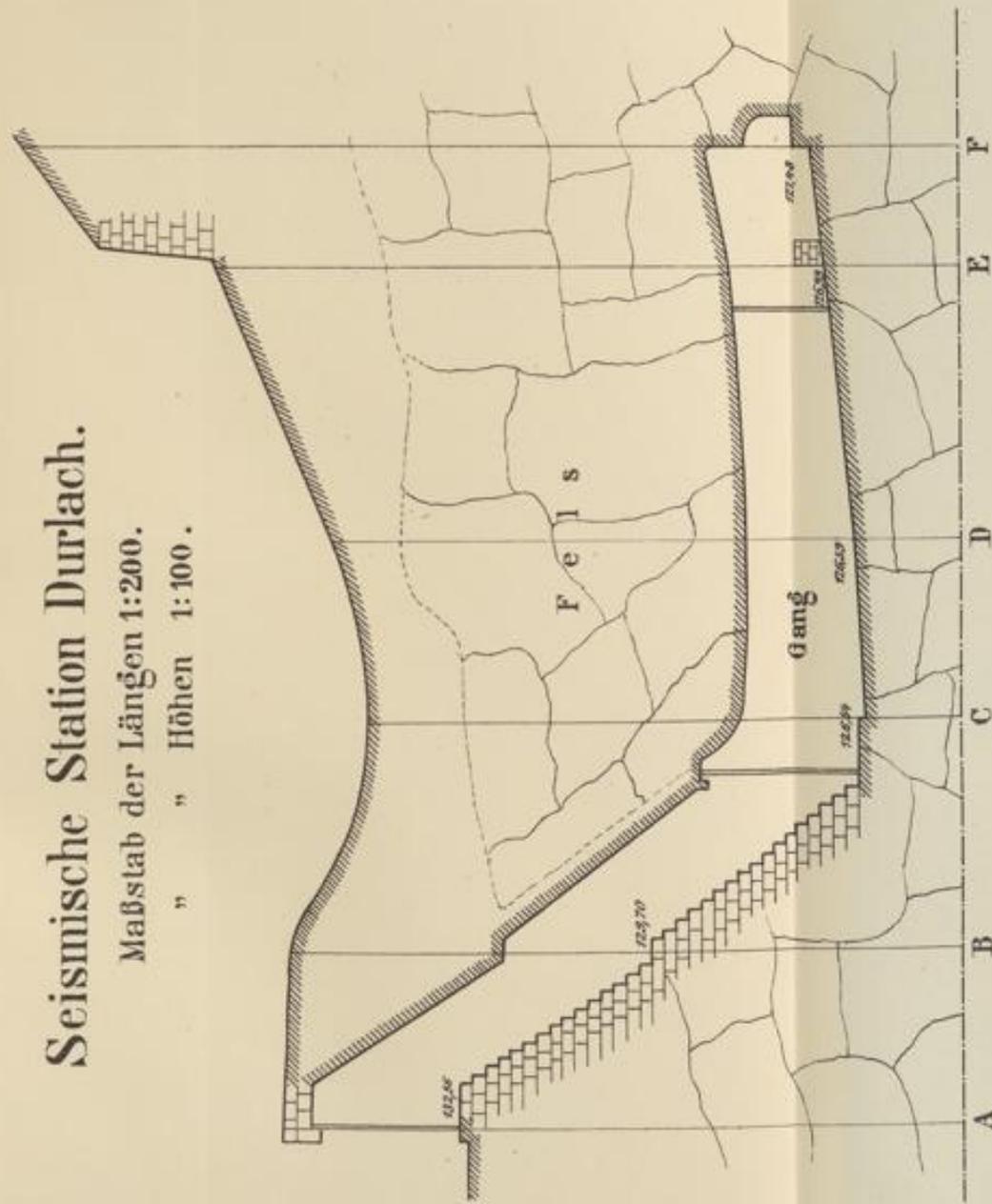
1. Das rheinisch-schwäbische Erdbeben am 24. Januar 1880. Dargestellt von der Erdbebenkommission des Naturw. Vereins. 8. Band. 1881.
2. Das Erdbeben im Kaiserstuhl i. Br. am 21. Mai 1882, bearbeitet von Prof. Dr. A. Knop. 9. Band. 1883.
3. Mitteilungen der Erdbebenkommission des Naturwissenschaftl. Vereins. 10. Band. 1888. Enthaltend:
  - a Das Erdbeben im badischen Oberland und Oberelsaß am 24. Jan. 1883, bearbeitet von Dr. J. H. Kloos, mit nachträglichen Bemerkungen von demselben.

- b. Das Erdbeben von Gebweiler im Elsaß am 14. April 1884, bearbeitet von Direktor Dr. Gerhard in Gebweiler.
  - c. Das Erdbeben im Kaiserstuhl i. Br. am 24. Juni 1884, bearbeitet von Prof. Dr. A. Knop.
  - d. Bericht über den jetzigen Bestand der Erdbebenkommission, über Organisationsänderungen und über die in den Jahren 1885 und 1886 beobachteten Erderschütterungen von Prof. Dr. A. Knop.
  - e. Das Erdbeben am 21. April 1885 in der Feldberggruppe (Knop).
  - f. Das Erdbeben im Kaiserstuhl im Br. am 3. Jan. 1886 (Knop).
  - g. Das Erdbeben in der Gegend von Lahr am 7. Juni 1886, bearbeitet von Prof. Dr. H. Eck in Stuttgart.
  - h. Das Erdbeben in der Gegend zwischen Kappel i. B. und Sermersheim i. E. am 9. Oktober 1886, bearbeitet von Prof. Dr. H. Eck in Stuttgart.
  - i. Sporadische Erdbeben im Kinzigthal, in Staufen, in Breisach und in der Gegend von Markdorf.
  - k. Sporadisches Erdbeben zu Thiengen am 16. Nov. 1886 (Knop).
  - l. Sporadisches Erdbeben zu Stockach am 28. Nov. 1886 (Knop).
  - m. Erdbeben von Wies-Todtnau am 6. Januar 1887 (Knop).
  - n. Erdbeben im Günsterthal (Amt Freiburg) am 23. Febr. 1887 (Knop).
  - o. Erdbeben von Blumberg (Amt Donaueschingen) am 23. Februar 1887 (Knop).
4. Das Erdbeben am 13. Januar 1895 im südlichen Schwarzwald und den benachbarten Gebieten des Elsaß und der Schweiz, bearbeitet von Dr. R. Langenbeck. 11. Band. 1896.
  5. Das Erdbeben am 22. Januar 1896 in Baden, bearbeitet von Prof. Dr. K. Futterer. 13. Band. 1900.
  6. Das Erdbeben in der Umgebung von Lahr am 19. Januar 1897, bearbeitet von Prof. Dr. K. Futterer. 13. Band. 1900.
  7. Das Erdbeben in der Gegend von Freiburg am 17. November 1891, bearbeitet von Dr. E. Böse. 13. Band. 1900.
  8. Bericht über die in Baden vom Herbst 1897 bis Oktober 1898 beobachteten Erdbeben von Dr. v. Kraatz-Koschlan. 13. Band. 1900.
    - a. Das Erdbeben vom 13. Januar 1898 am Feldbergmassiv.
    - b. Das Erdbeben vom 6. Mai 1898 in der Schweiz.
    - c. Das Erdbeben vom 6. Oktober 1898 in Oberschwaben und Hohenzollern.
  9. Das Erdbeben im Kaiserstuhl i. Br. am 14. Februar 1899 und Das Erdbeben in der Umgegend von St. Blasien am 3. Juli 1899, bearbeitet von Dr. F. Wiegers. 13. Band. 1900.
  10. Bericht über die Erdbeben am 24. März 1901 und am 22. Mai 1901 im badischen Oberlande und der nördlichen Schweiz, bearbeitet von M. Reichmann. 16. Band. 1903.
  11. Die süddeutschen Erdbeben im Frühjahr 1903, am 22., 26., 27. und 29. März, am 14., 20. und 24. April, sowie 22. Juli in der Umgebung von Kandel in der Rheinpfalz, bearbeitet von Prof. H. Leutz. 18. Band. 1905.

# Seismische Station Durlach.

Maßstab der Längen 1:200.

" " Höhen 1:100.



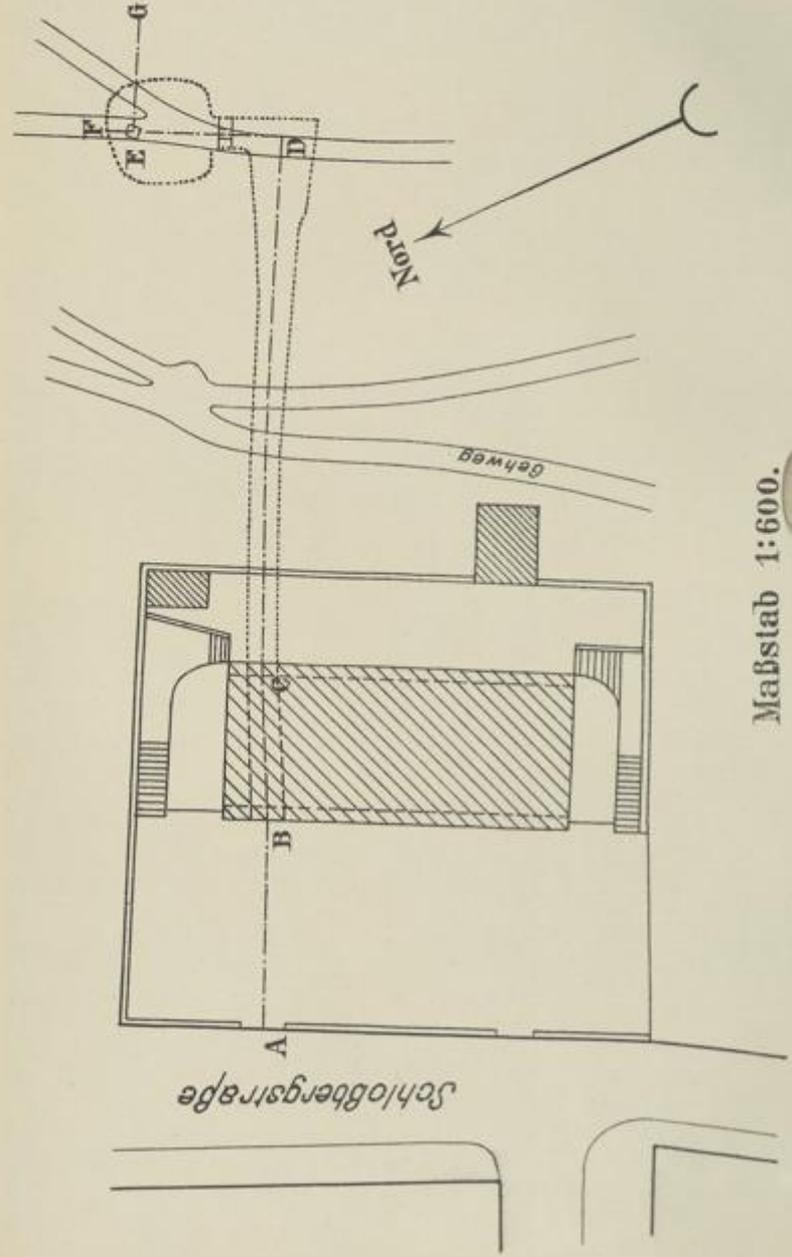
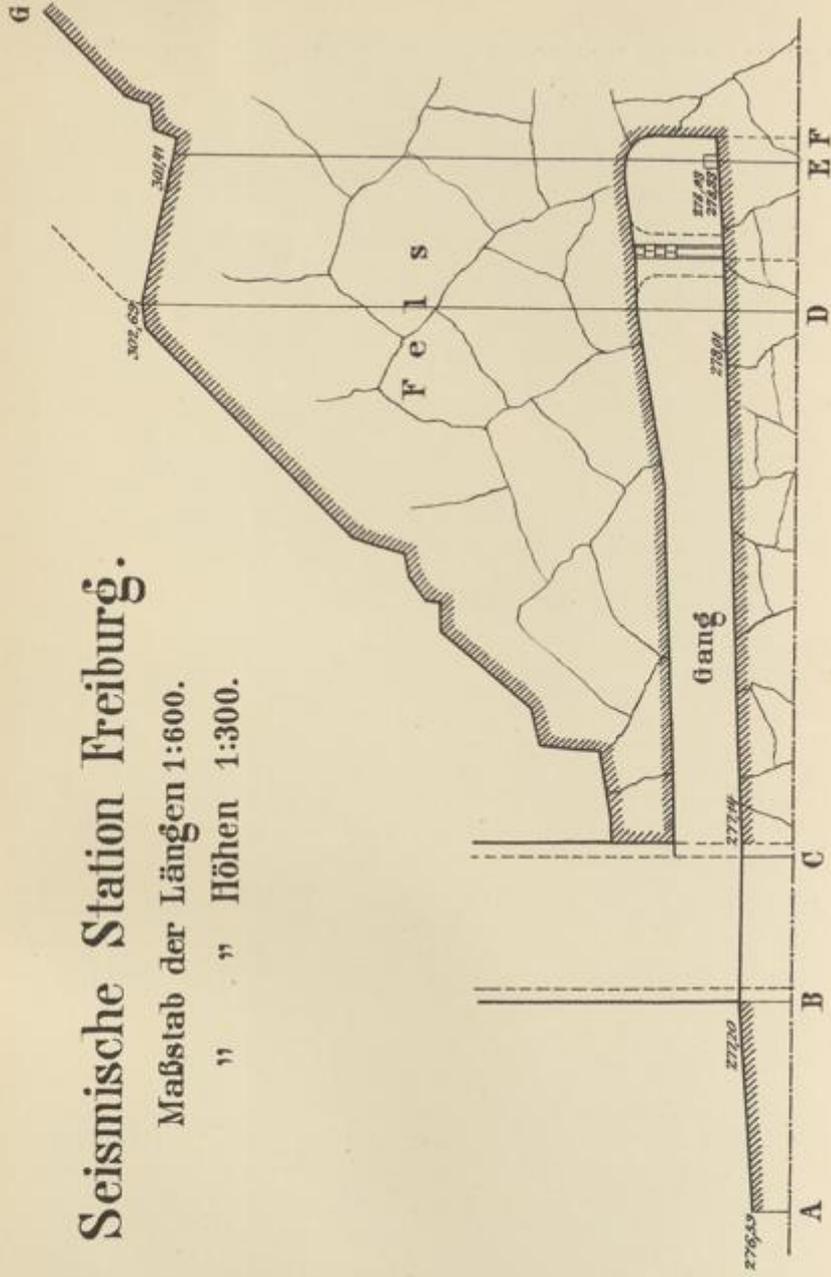
Maßstab 1:200.



# Seismische Station Freiburg.

Maßstab der Längen 1:600.

" " Höhen 1:300.



Maßstab 1:600.



## 2. Die Stationen.

Da von dem astrophysikalischen Institut der Sternwarte in Heidelberg Erdbebenerscheinungen an einem astatischen Pendel bereits beobachtet werden und ein ebensolches Wiechert'sches Pendel auch auf der Hauptstation in Straßburg sich befindet und da die Aufstellung gleicher Instrumente dazwischen in verhältnismäßig kleiner Entfernung von einander wohl nur die gleichen Erscheinungen zeigen würden, so hat die Erdbebenkommission dem Vorschlag zugestimmt, die von v. Rebeur-Paschwitz ursprünglich verfolgte Absicht des Studiums der bradyseismischen Bewegungen, welche in langsamen Niveauverschiebungen bestehen, herrührend von der Anziehung der Sonne und des Mondes oder von den Vorgängen bei der Gebirgsbildung etc., wieder aufzunehmen und zwei Stationen hiefür mit leichten Horizontalpendeln Hecker'scher Konstruktion einzurichten. Die Aufzeichnung der sonst noch eintretenden Erdbebenerscheinungen erfolgt durch diese Instrumente ebenfalls. Da die Beobachtungen von Rebeur-Paschwitz wegen der ungünstigen, insbesondere durch die Temperatur beeinflussten Aufstellung seines Apparates zu keinem endgültigen Resultat führten, so wurde beschlossen, die Stationen in einem im Felsgerüste der Erdkruste abgeschlossenen, den Schwankungen der Temperatur möglichst wenig unterliegenden Raum einzurichten. In dem Wunsch der Kommission lag es ferner, die eine Station in der Nähe von Karlsruhe zu haben. Es wurde daher bestimmt, eine Station im Turmberg bei Durlach und die andere im Schloßberg bei Freiburg i. B. anzulegen. An beiden Orten waren entsprechende Räume bereits vorhanden, die allerdings für die Aufstellung der Instrumente noch adaptiert werden mußten; auch durfte erwartet werden, daß an beiden Orten für die Aufsicht und Wartung der Station geeignete Beobachter sich leicht werden finden lassen.

Für die Station in Durlach (Taf. 1) ist ein am Südwestabhang des Turmbergs gelegener, aus dem Mittelalter stammender Stollen benützt worden, welcher im Jahre 1899 von dem Vorstand des Altertumsvereins, Herrn Geh. Rat Wagner, wieder geöffnet und durchforscht worden war. Der untere vom Dürrbach ausgehende Teil des Stollens, der in sehr zerfallenem Zustand war, konnte zur Anlage der Entwässerung der Station nach dem Dürr-

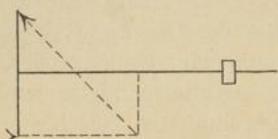
bach noch benützt werden. Zum Stollen selbst wurde ein besonderer Zugang mit Treppe erstellt unter Berücksichtigung der, durch die projektierten städtischen Straßenführungen künftigen Gestaltung des Geländes. Bei den weiteren Räumungsarbeiten zeigte es sich, daß der Stollen seine Richtung änderte und aus dem Turmberg wieder ausbog. Von dem Wendepunkt ab ist daher ein neuer Gang noch auf 7 m weiter in den Berg getrieben, und daran anschließend die von Südwest nach Nordost orientierte Kammer für die Aufnahme der Apparate aus dem Felsen ausgesprengt worden. Der Stollen und die Kammer liegen ganz im Buntsandstein, der vielfach von dünnen Lettenschichten durchzogen und stellenweise zerklüftet ist. Die Kammer ist 4 m lang, im Mittel 2,2 m breit und 1,8 m hoch und liegt 11,5 m unter der Oberfläche. An der nordöstlichen Schmalseite in einer 1,3 m tiefen und 1,4 m hohen Nische befindet sich der Horizontalpendelapparat auf einer ausgeebneten Felsbank aufgestellt. Ihm gegenüber auf einem 0,3 m hohen gemauerten Pfeiler von 1,9 m Länge und 0,6 m Breite steht der Registrierapparat und die Lampe. An der westlichen Wand hängt die Stationsuhr, neben ihr befindet sich Telephon und elektrischer Taster, ihr gegenüber stehen die beiden elektrischen Batterien. Zum Schutz gegen Tropfwasser ist längs der Decke in der Kammer und Nische ein Dach aus Zinkblech angebracht. Der Zugang ist an der Treppe oben und unten durch Türen abgeschlossen, vor der Kammer befindet sich nochmals ein Abschluß. Für die zur photographischen Registrierung nötige Lichtquelle mußte eine Verbindung mit der freien Luft hergestellt werden. Zu diesem Zweck wurde eine Rohrleitung vom Lampenzylinder längs des Zugangs angelegt, und in dieselbe vor der untern Treppentüre eine saugende Petroleumlampe eingesetzt. Von der Abzweigung vom alten Stollen ab ist dieser, soweit er noch in gutem Zustand war, ausgeräumt und an seinem Ende durch eine Mauer abgeschlossen worden, so daß er eventuell zur Aufstellung weiterer Instrumente benützt werden kann. Die Erstellung der Station am Fuß des Turmbergs war durch das sehr dankenswerte Entgegenkommen der Stadt Durlach erleichtert worden, indem die Stadtgemeinde das betreffende Grundstück auf und unter der Oberfläche dem Verein unentgeltlich zur freien Verfügung stellte, als auch die Station bezüglich ihres äußern Schutzes in Obhut nimmt. Die Bau-

kosten der Station belaufen sich inkl. der Vorarbeiten auf 5559,27 M.

In Freiburg bot der der Stadt gehörige nicht benützte Schloßbergkeller in seiner innersten, nordöstlich gelegenen Abteilung einen für die Aufnahme des Seismographen sehr geeigneten Raum, der nur eine geringe bauliche Adaptierung erforderte. Der ganz in Gneis gehauene gewölbartige Raum des Felsenkellers hat eine Fläche von 7 auf 8 m, ist im Scheitel 4 m hoch und mußte nur gegen die angrenzende Abteilung und gegen den Zugang durch Mauerwerk abgeschlossen werden. Tafel 2 zeigt in Grundriß und Durchschnitt die Anlage der Station. Der nahezu horizontale Zugang geht 47 m tief in den Berg und befindet sich der Boden des Beobachtungsraumes 23 m unter der Oberfläche. Für die Aufstellung des Pendelapparates wurde ein 1 qm großer, 0,60 m hoher, von Südwest nach Nordost orientierter Pfeiler aus Beton auf dem Gneis errichtet. Der aus Steinplatten bestehende Bodenbelag steht mit ihm nicht in unmittelbarer Berührung. Der Registrierapparat steht südwestlich gegenüber auf einem 1,5 m langen, 1,0 m breiten und 0,5 m hohen Steinpfeiler. Die Stationsuhr hängt an einem mit der neuen westlichen Abschlußwand verbundenen 0,8 m breiten Uhrenpfeiler, rechts davon befindet sich Telephon und Taster. Ein von der Decke an Ketten herabhängendes Blechdach schützt den Pendel- und Registrierapparat gegen herabtropfendes Wasser. Für die allgemeine Beleuchtung des Zugangs und des Beobachtungsraums sowie für die zur photographischen Registrierung notwendigen Lichtquelle konnte leicht an das Kabel des städtischen Elektrizitätswerkes angeschlossen werden, da von seiten der Stadtverwaltung die Verlegung des Kabels in der Schloßbergstraße aus Anlaß der Erstellung der Station erfolgt war. Der Errichtung der Station wurde seitens des Stadtrates auch insofern bereitwilligste Unterstützung geliehen, als der betreffende Raum des Schloßbergkellers vorerst auf fünf Jahre unentgeltlich zur Verfügung gestellt wurde, und das städtische Hochbauamt und Elektrizitätswerk mit der Überwachung und Ausführung der bezüglichen Arbeiten betraut werden konnte. Die bauliche Einrichtung der Station kostete 808,57 M., welche Summe das Großh. Ministerium der Justiz, des Kultus und Unterrichts der Erdbebenkommission gewährte.

### 3. Die Instrumente.

Die instrumentelle Ausrüstung ist auf beiden Stationen die gleiche und wurde im wesentlichen von R. Fechner, dem Mechaniker des Königl. Geodätischen Instituts in Potsdam, geliefert. Der Pendelapparat (Taf. 3, 4 u. 5) besteht aus zwei gleichen Horizontalpendeln, von denen das eine im Meridian, das andere in Ost-West steht. Die Pendel sind aus Messing 25 cm lang, sie schwingen um ihre nahezu vertikal stehende 12 cm lange Drehaxe und besitzen die Konstruktion nach Professor Hecker, d. h. von den Stahlspitzen, welche die Auflagerung der Drehaxe bilden, ist die

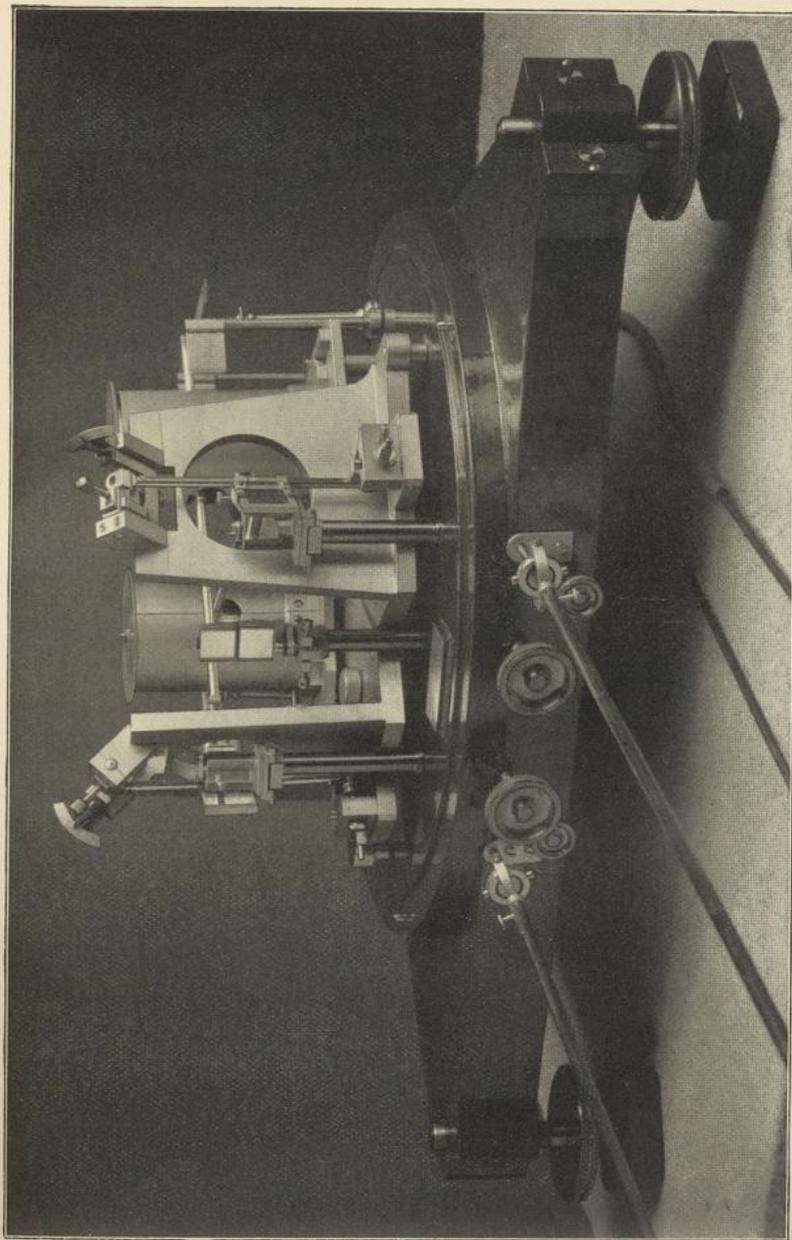


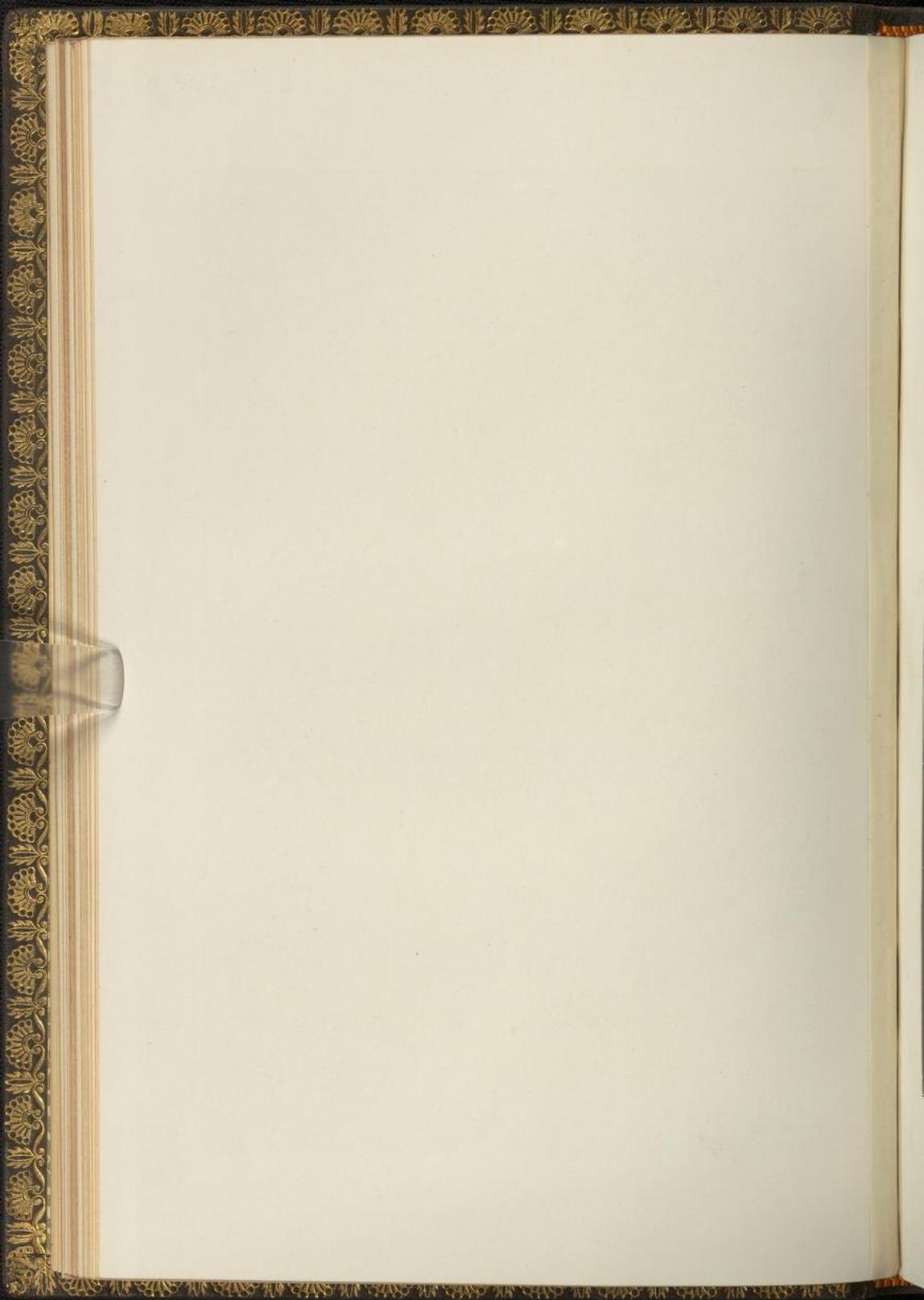
Richtung der schräg gestellten oberen Spitze von der Lage des Pendelschwerpunkts abhängig, während die untere Spitze horizontal steht. (Siehe nebenstehende Figur.) Die Auflagerreaktionen sind dann immer senkrecht

zu den aus Saphirflächen bestehenden Auflagern der Drehaxe. Durch möglichste Beseitigung der Reibung wird hierdurch ein besseres Funktionieren der Horizontalpendel erzielt.\* Die Pendel sind am Ende der Pendelstange mit einem zylindrischen Pendelgewicht beschwert, das längs der Pendelstange verschoben werden kann und durch eine federnde Hülse in seiner Stellung festgehalten wird. Die Pendel können auch mit Dämpfung gebraucht werden. Nach Abnahme des Pendelgewichts wird zu diesem Zweck eine beim Gebrauch vertikal stehende 8 cm hohe doppelwandige Dämpfungsröhre auf die Stange soweit aufgeschoben, bis die an der Röhre angefeilte Nase in die Kerbvertiefung des an der Pendelstange festgeklemmten Anschlagrings gebracht ist. Durch ein auf die Pendelstange nahe der Drehaxe anzubringendes Gegengewicht bleibt die Lage des Pendelschwerpunktes auch bei Gebrauch der Dämpfung ungeändert. Die Dämpfungsröhre ist im Innern durch eine wagrecht eingezogene Lamelle in zwei gleiche Räume geteilt. Von außen wird die Röhre durch einen auf dem Pendelstuhl stehenden Mantel um-

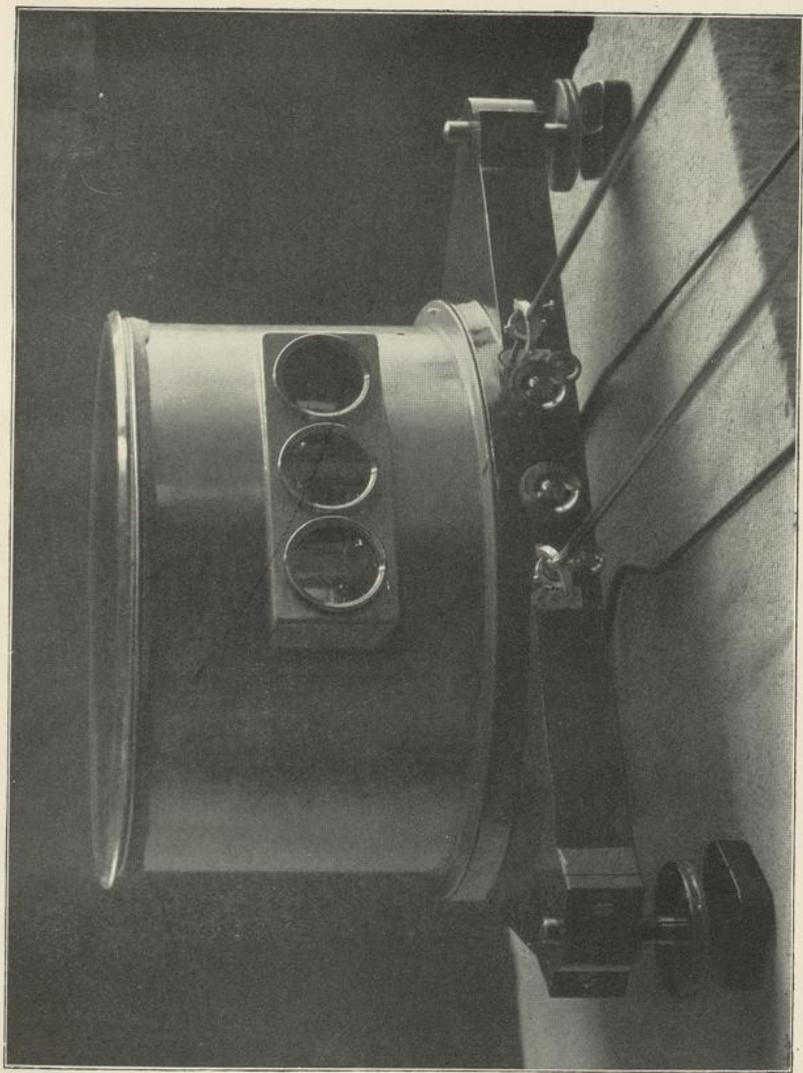
\* Hecker, Untersuchung von Horizontalpendel-Apparaten, Zeitschrift für Instrumentenkunde 1899 S. 261; und Hecker, Beitrag zur Theorie des Horizontalpendels, Zeitschrift für physikalische Erdkunde, Dr. Gerland's Beiträge zur Geophysik IV. Band.

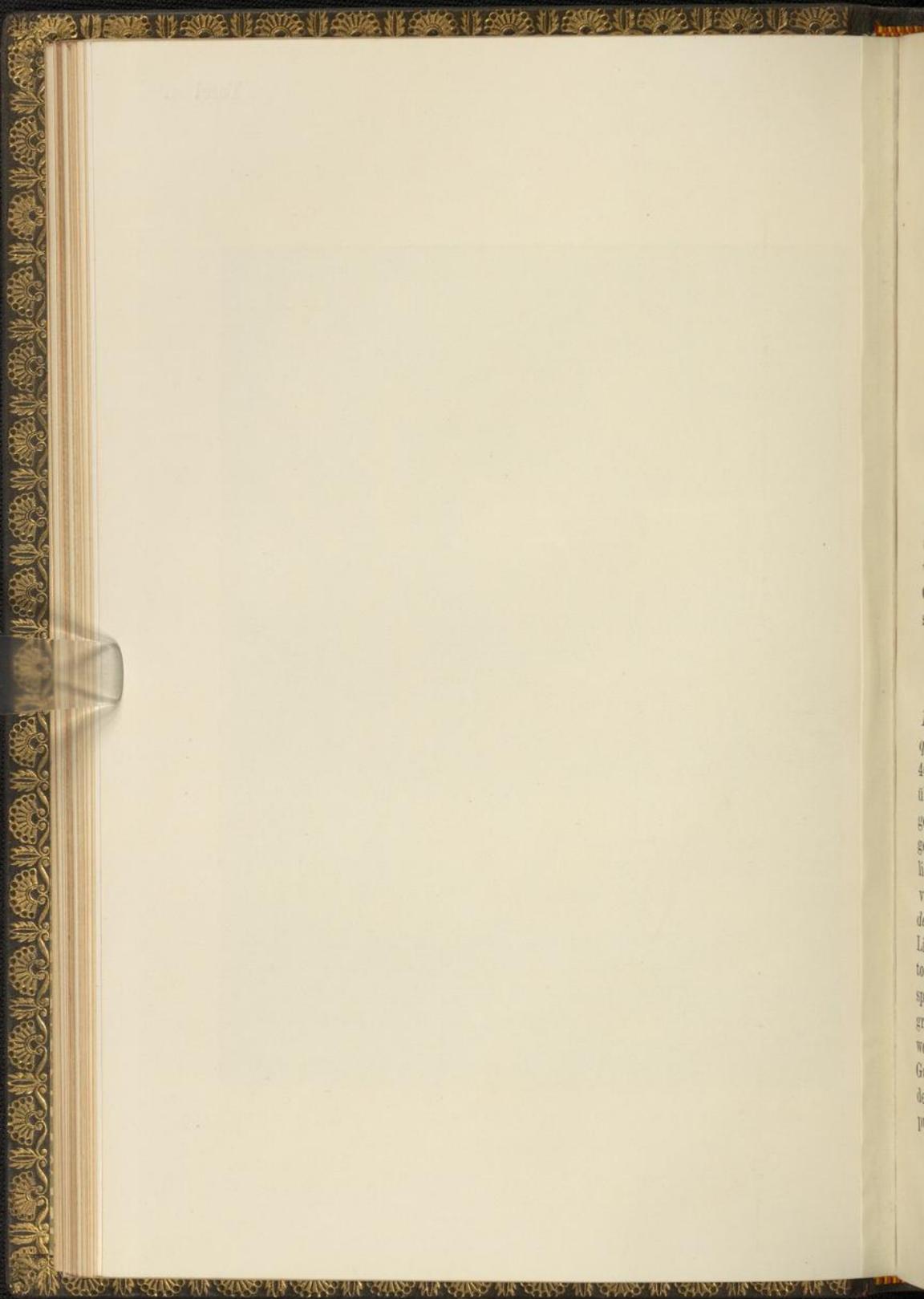
Tafel 3.





Tafel 4.





schlossen, der dem Pendel hinreichenden Spielraum in seiner Bewegung gewährt. Von unten sowohl als auch von oben greifen in die doppelwandige Röhre entsprechende Zylinder ein, die auf dem Pendelstuhl bezüglich auf dem genannten Mantel ruhen. Auf Tafel 3 sind beide Pendel mit dem die Dämpfung umgebenden Mantel dargestellt. Um die Ruhelage des Pendels bezüglich einer mittleren Lage zu berichtigen, kann der Pendelstuhl, der die Stahlspitzen der Pendelaxe trägt, mittelst Schraube an der Grundplatte geneigt werden; ferner ruht die obere Stahlspitze in einem um eine horizontale Axe drehbaren Lagerbock mit Gradbogen. Mit diesem kann die Spitze nach dem Schnittpunkt gerichtet werden, in welchem die Vertikale durch den Pendelschwerpunkt die Horizontale durch die untere Spitze trifft; durch Verschieben der unteren, horizontalen Spitze in ihrem Lager kann die Drehaxe mehr oder minder geneigt, und dadurch die Schwingungsdauer der Horizontalpendel geändert werden. Ein zylindrisches Gehäuse, das auf der eisernen Grundplatte aufsitzt und oben mit einer Glasplatte abgedeckt ist, schützt die Pendel nach außen gegen Luftbewegungen etc. (Taf. 4.)

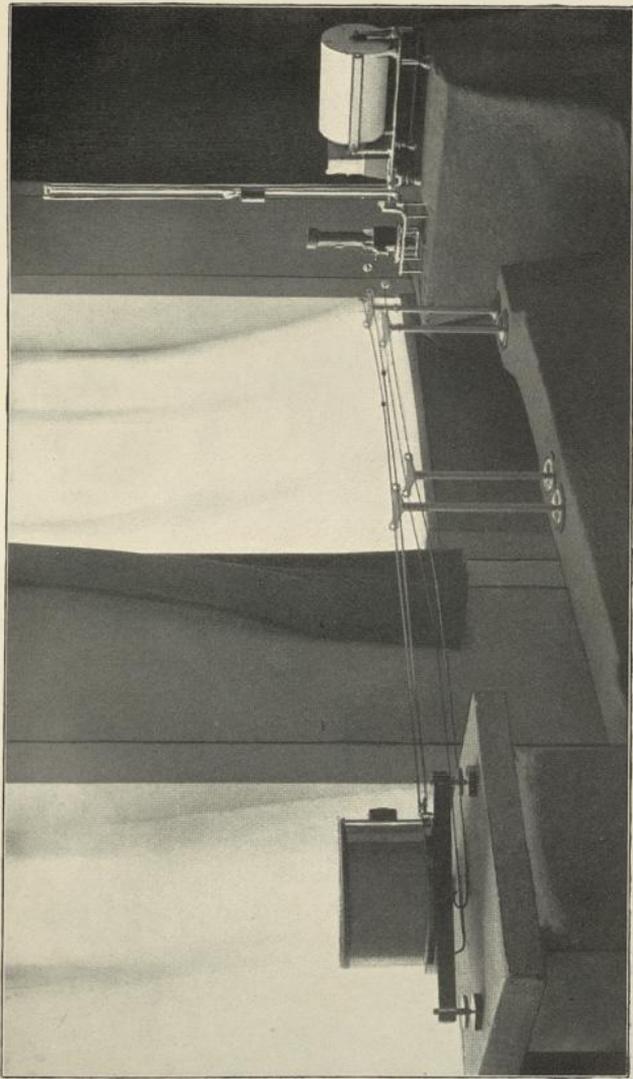
Die Bewegungen der Pendel werden auf einem gegenüberstehenden Registrierapparat photographisch aufgezeichnet. Zu dem Zweck reflektiert ein am Pendel angebrachter Spiegel, dessen Ebene durch die Drehaxe des Pendels geht, die von einer Lichtquelle auf ihn treffenden Strahlen nach der Vorderfläche einer 40 cm langen Walze. Diese ist mit lichtempfindlichem Papier überzogen und wird mittels Uhrwerk um eine horizontale Axe gedreht. Die von dem beleuchteten Spalt der Lichtquelle ausgehenden Strahlen vereinigen sich auf der Walze zu einem möglichst kleinen Lichtpunkt. Es wird dies durch die im Gehäuse vor jedem Pendel angebrachte Konvexlinse und durch die vor der Walze stehende Zylinderlinse erzielt. Die richtige Lage der Lichtpunkte auf der Walze wird durch Drehen und Neigen eines totalreflektierenden Glasprismas bewirkt, das vor jedem Pendelspiegel angeordnet ist. Das Drehen dieses Prismas kann aus größerer Entfernung mittels Stange und Schlüssel vorgenommen werden; ebenso kann auch aus größerer Entfernung mittels Gummiball und Rohr, das in eine Öffnung eines Ständers seitlich der Pendelspitze ausläuft, jedes Pendel angeblasen und die Lichtpunkte in Bewegung gebracht werden. Außer den beiden Licht-

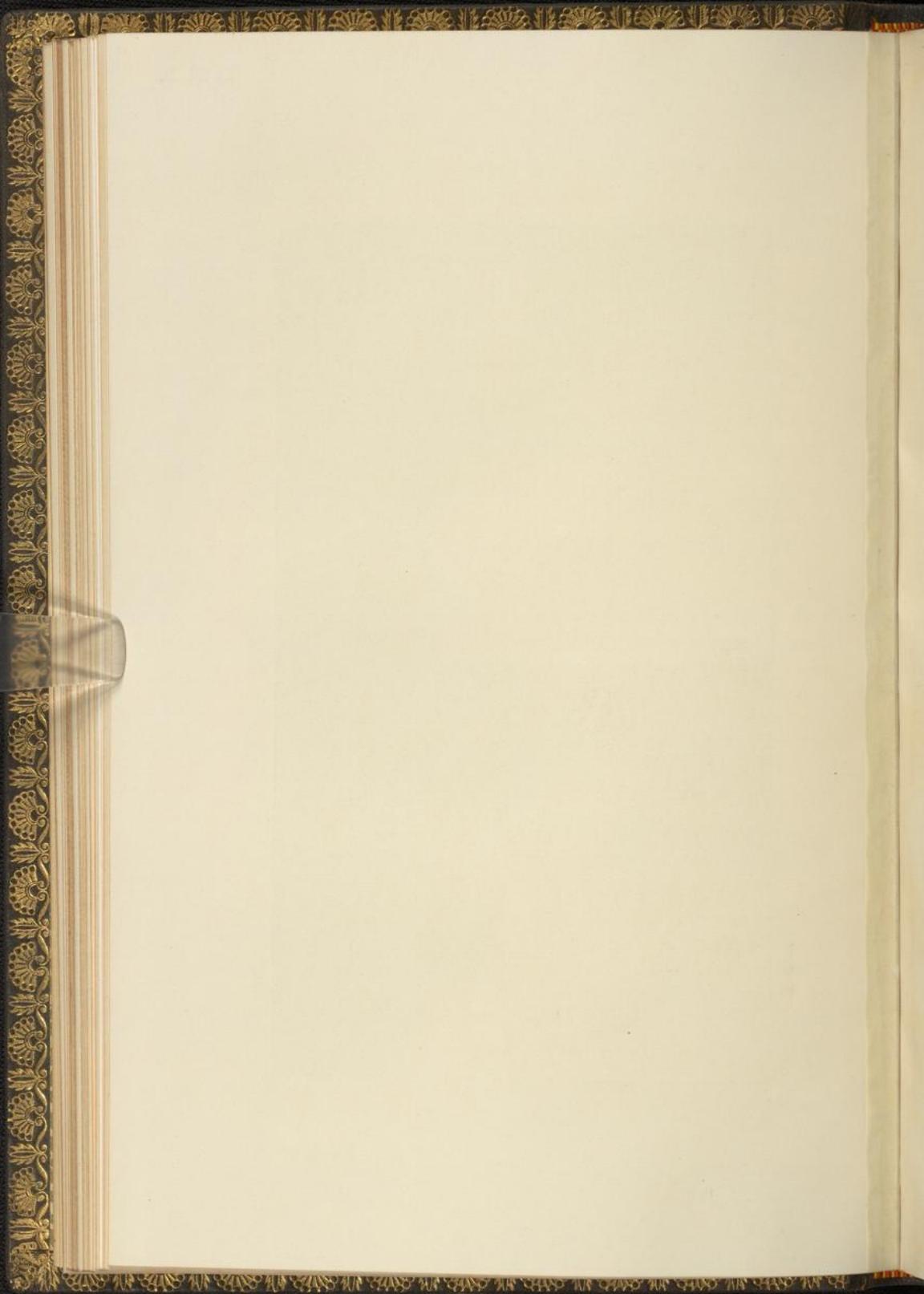
punkten der Pendel zeichnen noch zwei weitere Lichtpunkte, die von zwei auf der Grundplatte des Pendelapparats übereinanderstehenden festen Spiegeln kommen, zwei Basislinien auf der Walze auf. Zu diesen Basisspiegeln gehört die mittlere Konvexlinse des Gehäuses.

Eine kleine gegenseitige Verdrehung der Basisspiegel bewirkt, daß die auf der Walze registrierten Pendelkurven von den Basislinien umschlossen werden. Die Anordnung der Aufstellung zeigt Taf. 5. Das Räderwerk des die Walze treibenden Uhrwerkes ist für drei Geschwindigkeiten eingerichtet, bei welchen der Weg eines Punktes des Walzenumfangs, d. i. die Registriergeschwindigkeit  $\frac{14}{3}$  cm bezgl. 14 cm bezgl.  $3 \cdot 14$  cm in der Stunde beträgt.

Infolge des Unterschiedes der optischen und photographischen Brennweite der Linsen steht die zur Seite der Walze sich befindliche Lichtquelle etwas hinter der Walzenvorderfläche zurück. Die Lichtquelle sitzt auf einem Schlitten, der nach jeder ganzen Walzenumdrehung sich etwas verschiebt. Durch einen an der Walze seitlich angebrachten Kontakt erfolgt nämlich der Stromschluß für den unter der Lampe befindlichen Elektromagneten, wodurch dann das Auslösen einer Sperrklinke und die momentane Vorwärtsbewegung der durch ein Gewicht gezogenen Lampe bis zum nächsten Sperrzahn bewirkt wird. Die Aufzeichnungen für die aufeinander folgenden Umdrehungen ergeben sich auf diese Weise in parallelen 8 mm von einander entfernten Linien. In der Durlacher Station wird eine Benzinlampe, in Freiburg, wo elektrische Beleuchtung im Beobachtungsraum installiert ist, ein Nernstbrenner als Lichtquelle benützt. Für die Zeitmarkierung befindet sich in jeder Station eine von F. L. Löbner in Berlin bezogene Sekundenpendeluhr mit Lenzkircher Werk und Rieflerschem Nickelstahlpendel. Mittels eines in der Uhr angebrachten elektrischen Kontaktes wird der Lichtspalt bei jeder vollen Stunde durch einen vortretenden Schirm auf einige Sekunden abgeblendet, wodurch die photographische Registrierung unterbrochen und die einzelnen Stunden auf den registrierten Linien markiert werden. Die Einrichtung ist so getroffen, daß die Dauer der Abblendung, die zurzeit auf 15 sec. gestellt ist, geändert und bis auf 4 sec. verkürzt werden kann; auch kann der Kontakt halbstündig und auch viertelstündig eingestellt werden. Zur Ermittlung des Uhr-

Tafel 5.





standes sind die beiden Stationen an das Telephonnetz angeschlossen, und kann jede Uhr mittels Signaltaster mit den Uhren des geodätischen Institutes der Technischen Hochschule auf dem Chronographen verglichen werden. Um die Instrumente gegen Feuchtigkeit zu schützen, befinden sich der Pendel- und Registrierapparat sowie die Lampe zusammen in einem 4,2 m langen und 0,6 m hohen aus vier Teilen bestehenden Glaskasten. Die einzelnen Teile sowie die verschiedenen Türen sind durch Gummizwischenlagen hinreichend gedichtet. Ebenso ist das Uhrgehäuse nochmals mit einem Glaskasten überdeckt und dieser gegen die Wand durch Steinschrauben und zwischenliegenden Gummistreifen fest aufgedrückt. Im Innern dieser beiden Glaskasten sind Schalen\* und Gläser mit Chlorkalcium; Lambrechtsche Hygrometer lassen darin den jeweiligen Feuchtigkeitszustand erkennen. Zur Registrierung der Temperatur und Feuchtigkeit im Beobachtungsraum dienen ein Thermograph und ein Hygrophograph von Richard.

Da die Instrumente bereits im Herbst 1904 geliefert waren, so wurden sie bis zur Fertigstellung der Stationen im Aulakeller der Technischen Hochschule provisorisch aufgestellt, um die photographische Registrierung probeweise insbesondere bezüglich der Feinheit ihrer Linien vorzunehmen. Zur Untersuchung, inwieweit die vier Pendel einander gleich sind, und auch behufs Verwendung der Werte bei der Bearbeitung der künftigen Aufzeichnungen sind die Konstanten der Pendel, wie Gewicht, Trägheitsmomente, Schwerpunktlage und Lage des Schwingungs- oder Stoßmittelpunkts, bestimmt worden. Zu diesem Zweck wurden die Pendel und ihre zugehörigen Teile gewogen, sowie ihre Schwingungsdauer bei vertikaler Aufhängung beobachtet. Hiefür konnten die Pendel, welche in ihrer Drehaxe noch zwei besondere ebene Saphierflächen für vertikale Aufhängung besitzen, auf die Spitzen eines Gestells aufgehängt werden. Die eine dieser beiden Spitzen ist seitlich und in der Höhe verstellbar. Das Gestell war bei diesen Beobachtungen auf einem Pfeiler im Uhrkeller aufgegipst und die gleiche Höhenlage der beiden Spitzen mit Hülfe eines gegenübergestellten Theodolits kontrolliert worden. Die Schwingungsdauer wurde dann bestimmt sowohl für verschiedene Stellungen des Pendelgewichtes als auch bei Aufsetzung der Dämpfungsröhre mit ihrem zugehörigen Gegengewicht. Die Stellungen des Pendelgewichtes waren durch

Striche auf der Pendelstange markiert worden, deren Abstände auf dem Komparator gemessen wurden.

Die vier Pendel sind mit 1, 2, 3, 4 bezeichnet, Pendel 1 und 3 gehören zum Apparat I in Freiburg mit Stationsuhr Löbner 356 und Pendel 2 und 4 zum Apparat II in Durlach mit Stationsuhr Löbner 357. Die Pendel 1 und 2 stehen im Meridian, Pendel 3 und 4 in ost-westlicher Richtung.

Die Wägungen auf der Wage No. 4 des Großh. Obereichungsamts ergaben nach der Schwingungsmethode (1905 Mai 3., 4. und 6.) für das Gewicht

	Apparat I		Apparat II	
	Pendel 1 gr	Pendel 3 gr	Pendel 2 gr	Pendel 4 gr
der Pendelstange . . . . .	51,043	52,006	52,053	50,240
des zylindr. Pendelgewichts . . . . .	38,532	38,244	39,426	38,402
der Dämpfungsröhre . . . . .	90,916	88,886	96,173	92,472
des zur Dämpfung gehörigen Gegengewichts . . . . .	35,252	35,057	34,603	34,893

Es beträgt daher das Gewicht des ungedämpften Pendels

für	Pendel 1 gr	Pendel 3 gr	Pendel 2 gr	Pendel 4 gr
	89,575	90,250	91,479	88,642

und bei Anwendung der Dämpfung

	gr	gr	gr	gr
	177,211	145,949	182,829	177,605

Für die Bestimmung der Schwingungsperiode (d. i. doppelte Schwingungsdauer) war der Spiegel des vertikal aufgehängten Pendels beleuchtet, und ihm gegenüber in 2,5 m Entfernung ein Schirm aus Karton aufgestellt worden, auf dem eine Linie gezogen war. Aus der auf dem Chronographen registrierten Zeit, die zwischen einer größeren Anzahl von (durchschnittlich 200) gleichgerichteten Durchgängen des vom Spiegel reflektierten Lichtscheins durch die schwarze Linie verfloß, wurde die Dauer einer Schwingungsperiode abgeleitet. Das Vielfache der Schwingungsperiode ist sowohl für die unbelastete Pendelstange, als für verschiedenen Stellungen des Pendelgewichtes, sowie auch bei Aufbringung der Dämpfungsvorrichtung mehrmals von zwei ver-

schiedenen Beobachtern bestimmt worden. Der Schwingungsbogen betrug hierbei ungefähr  $2^\circ$ .

Für die unbelastete Pendelstange wurde die Schwingungsperiode ermittelt bei

	Pendel 1 (1905: Novbr. 7.)	Pendel 3	Pendel 2	Pendel 4 (1905: Mai 25.)
	sec.	sec.	sec.	sec.
zu	0,8232	0,8246	0,8218	0,8289.

Bei den Pendeln 1 und 3 wurde für 5 Stellungen des Pendelgewichtes entsprechend den Marken 4, 3a, 3, 2 und 1, bei den Pendeln 2 und 4 für 4 Marken 4, 3, 2 und 1 die Schwingungsperiode bestimmt. Die Marke 1 liegt der Pendelspitze, Marke 4 der Pendelaxe am nächsten, und die Marke 2 gibt die Lage des Pendelgewichtes an bei der Aufstellung als Horizontalpendel.

Die Messung der Markenabstände von der Marke 4 ergab bei

	Pendel 1	Pendel 3	Pendel 2	Pendel 4
	cm	cm	cm	cm
Marke 4 . .	0,00	0,00	0,00	0,00
„ 3a . .	3,01	2,99	—	—
„ 3 . .	6,03	6,01	5,99	6,03
„ 2 . .	13,72	13,63	13,68	13,72
„ 1 . .	15,96	15,79	15,93	15,98
Pendelspitze . .	19,3	19,3	19,3	19,3

In der letzten Zeile ist die Entfernung der Marke 4 von der Mitte der in eine abgeschrägte Schneide auslaufenden Pendelspitze angegeben.

Die Schwingungsperiode für die verschiedenen Stellungen des Pendelgewichtes wurde nun erhalten bei

	Pendel 1 1904 Dezbr. 1. und 1905 Novbr. 7.	Pendel 3	Pendel 2 1904 Dezbr. 10. und 1905 Mai 25.	Pendel 4
	sec.	sec.	sec.	sec.
für Marke 4	0,6818	0,6843	0,6797	0,6848
„ „ 3a	0,7071	0,7095	—	—
„ „ 3	0,7500	0,7528	0,7475	0,7526
„ „ 2	0,8861	0,8859	0,8848	0,8864
„ „ 1	0,9272	0,9256	0,9266	0,9287

Die Schwingungsperiode bei Aufsetzung der Dämpfungsröhre mit zugehörigem Gegengewicht (gedämpftes Pendel) ergab sich bei

	Pendel 1	Pendel 3	Pendel 2	Pendel 4
	1904 Dezbr. 1.		1904 Dezbr. 1.	
	sec.	sec.	sec.	sec.
zu	0,8517	0,8569	0,8517	0,8553

Aus allen Beobachtungen berechnet sich der mittlere Beobachtungsfehler der 200fachen Schwingungsperiode zu  $\mp 0,09$  sec. Es wird daher der mittlere Fehler einer Schwingungsperiode  $= \mp 0,00045$  sec. und der mittlere Fehler des Mittels aus den Beobachtungen zweier Beobachter  $= \mp 0,00032$ .

Der Bestimmung der Trägheitsmomente und der Schwerpunktlagen liegt der bekannte Ausdruck

$$\frac{T^2}{4\pi^2}g = \frac{m_1(k_1^2 + h_1^2) + m_2(k_2^2 + h_2^2)}{m_1 h_1 + m_2 h_2} \dots (1)$$

zu Grund . . . (1).

Hierin bedeuten:

$T$  die Schwingungsperiode,

$g$  die Intensität der Schwerkraft ( $980,982 \frac{\text{cm}}{\text{sec.}^2}$  Pendelkeller der Techn. Hochschule),

$m_1$  bezgl.  $m_2$  die Masse der unbelasteten Pendelstange bezgl. die Masse des Pendelgewichts,

$k_1$  bezgl.  $k_2$  den Trägheitsradius der unbelasteten Pendelstange bezgl. des Pendelgewichts bezogen auf ihre bezüglichen Schwerpunkte und parallel der Drehaxe des Pendels.

$h_1$  bezgl.  $h_2$  den Abstand des Schwerpunkts der unbelasteten Pendelstange bezgl. des Pendelgewichts von der Drehaxe des Pendels.

Die Bestimmung der vier Größen  $k_1 h_1 k_2 h_2$  setzt 4 Beobachtungen  $T$  voraus. Setzt man für 3 Beobachtungen, bei welchen das Pendelgewicht die Stellungen  $h_2$  (Marke 4),  $h_2 + a$  (Marke 3) und  $h_2 + b$  (Marke 1) hat, und wobei  $a$  und  $b$  seine aus dem Markenabstand bekannten Verschiebungen sind

$$\frac{T_1^2}{4\pi^2}g = A, \quad \frac{T_2^2}{4\pi^2}g = B, \quad \frac{T_3^2}{4\pi^2}g = C$$

und nimmt als vierte

$$\frac{T_4^2}{4\pi^2}g = D$$

die Beobachtung der unbelasteten Pendelstange hinzu, für welche in obigem Ausdruck (1)  $m_2 = 0$  zu setzen ist, so erhält man aus folgenden vier Gleichungen ihrer Reihe nach die vier Unbekannten  $h_1$ ,  $k_1^2$ ,  $k_2^2$  und  $h_2$

$$\frac{m_1}{m_2} \left( \frac{B-A}{A-B+2a} - \frac{C-A}{A-C+2b} \right) h_1 = \frac{C \left( b + \frac{A}{2} \right) - \left( b + \frac{A}{2} \right)^2 - \frac{A^2}{4}}{A-C+2b} -$$

$$- \frac{B \left( a + \frac{A}{2} \right) - \left( a + \frac{A}{2} \right)^2 - \frac{A^2}{4}}{A-B+2a}$$

$$k_1^2 = h_1 (D - h_1)$$

$$k_2^2 = \frac{m_1}{m_2} (A-D) h_1 + \frac{A^2}{4} - \left\{ \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{B-A}{A-B+2a} \cdot h_1 + \right.$$

$$\left. + \frac{B \left( a + \frac{A}{2} \right) - \left( a + \frac{A}{2} \right)^2 - \frac{A^2}{4}}{A-B+2a} \right\}^2$$

$$h_2 = \frac{A}{2} + \sqrt{\frac{m_1}{m_2} (A-D) h_1 + \frac{A^2}{4} - k_2^2}$$

Die berechneten Werte sind nachstehend zusammengestellt.

	Pendel 1	Pendel 3	Pendel 2	Pendel 4
$h_1$	4,23 cm	4,41 cm	3,95 cm	4,46 cm
$k_1^2$	53,31 cm <sup>2</sup>	55,04 cm <sup>2</sup>	50,65 cm <sup>2</sup>	56,22 cm <sup>2</sup>
$h_2$ (Marke 4)	6,38 cm	6,61 cm	6,25 cm	6,50 cm
$k_2^2$	3,38 cm <sup>2</sup>	1,70 cm <sup>2</sup>	5,07 cm <sup>2</sup>	1,91 cm <sup>2</sup>

Die Einsetzung dieser Werte in die analoge Gleichung (1), welche bei Pendel 1 und 3 für die Stellung des Pendelgewichts auf Marke 2 und 3a bezüglich bei Pendel 2 und 4 auf die Marke 2 noch gilt, gibt zunächst eine Kontrolle für die Rechnung. Diese ergab für

	Marke 2		Marke 3a	
	beobachtet	berechnet	beobachtet	berechnet
bei Pendel 1	19,510	19,528	12,424	12,436
„ „ 3	19,502	19,536	12,508	12,512
„ „ 2	19,453	19,473	—	—
„ „ 4	19,524	19,584	—	—

Zur weiteren Beurteilung der Genauigkeit, mit der auf diese Weise die obigen und die noch zu berechnenden Größen ermittelt werden, sind alle auf das Pendel 1 sich beziehenden Beobachtungen der Schwingungsdauer, der Wägung und der Verschiebung des Pendelgewichts einer strengen Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate unterworfen worden. Die Ausgleichung ergab für  $h_1, h_2, k_1^2, k_2^2$  des Pendels 1 Verbesserungen, die kaum von dem mittleren Fehler ihrer Bestimmung verschieden sind. Im einzelnen werden die mittleren Fehler in den Schwerpunktsabständen  $h_1$  bezgl.  $h_2$  gleich  $\mp 0,11$  cm bezgl.  $\mp 0,05$  cm und in  $k_1^2$  bezgl.  $k_2^2$  gleich  $\mp 0,89$  cm<sup>2</sup> bezgl.  $\mp 0,81$  cm<sup>2</sup>. Es wurden ferner die mittleren Beobachtungsfehler erhalten für die Wägung zu  $\mp 0,014$  gr, für die Verschiebung des Pendelgewichts zu  $\mp 0,025$  cm und für die Schwingungsperiode zu  $\mp 0,02$  sec. Da hier in den Beobachtungen der Schwingungsperiode neben der inneren Übereinstimmung wiederholter Beobachtungen noch andere Fehlerquellen in Betracht kommen, so ist der Unterschied dieses mittleren Fehlers mit seinem Werte auf S. 38 sowie der Betrag des m. F. in der Wägung nicht weiter auffallend.

Berechnet man nunmehr für die Einstellung des Pendelgewichts auf Marke 2 (Aufstellung als ungedämpftes Horizontalpendel) den Abstand  $S$  des Schwerpunkts des Pendels von der Masse  $M = m_1 + m_2$ , sowie die Lage  $L$  des Schwingungsmittelpunktes, ferner das statische Moment  $M.S$  und das Trägheitsmoment  $\Theta$ , alles bezogen auf die Drehaxe, so ergeben sich bei ungedämpftem Pendel folgende Werte für

	$S$ cm	$L$ cm	$M$ gr	$M.S$ gr cm	$\Theta$ gr cm <sup>2</sup>
Pendel 1 . . .	11,05	19,51	89,58	990,2	19 319
Pendel 3 . . .	11,12	19,50	90,25	1003,2	19 565
Pendel 2 . . .	10,83	19,45	91,48	991,2	19 281
Pendel 4 . . .	11,28	19,52	88,64	1000,3	19 530
mittl. Fehler =	$\mp 0,19$	$\mp 0,01$	$\mp 0,02$	$\mp 6,0$	$\mp 892$

In dieser Zusammenstellung sind die Werte für  $M$  von S. 36 nochmals aufgenommen worden und ist in der letzten Zeile der mittlere Fehler für die auf das Pendel 1 bezüglichen Werte, wie sie sich vor ihrer Ausgleichung unmittelbar aus den Beobachtungen berechnen, beigelegt. Den auf die andern Pendel bezüglichen Werten darf wohl derselbe Genauigkeitsgrad zuerkannt werden, da sie auf gleiche Weise mit derselben Sorgfalt bestimmt worden sind.

Unter der Annahme, daß bei Aufbringung der Dämpfungsröhre und ihres zugehörigen Gegengewichts die Lage des Pendelschwerpunktes sich nicht ändert, ergeben sich für die gleichen Größen wie oben die folgenden Werte bei gedämpftem Pendel:

	$S$ cm	$L$ cm	$M$ gr	$M.S$ gr cm	$\Theta$ gr cm
Pendel 1	11,05	18,03	177,21	1958,2	35 299
Pendel 3	11,12	18,25	175,95	1956,6	35 700
Pendel 2	10,83	18,03	182,83	1980,0	35 691
Pendel 4	11,28	18,18	177,61	2003,4	36 418

Aus diesen beiden Zusammenstellungen ist ersichtlich, daß bezüglich der darin enthaltenen Größen die vier Pendel hinreichend übereinstimmen. Da auch ihre Aufhängung vollständig gleich und besondere Sorgfalt genommen ist, daß die Reibung des Gehänges auf den Spitzen überall gleich wird, so darf man erwarten, daß gleichartige Erscheinungen von den Pendeln auch in gleicher Weise registriert werden. Inwieweit dies tatsächlich der Fall ist, zeigen die beiden in ihrer wirklichen Größe wiedergegebenen Seismogramme auf Seite 43, welche in Durlach und Freiburg vom Fernbeben am 21. Januar 1906 um 14<sup>h</sup> bis 17<sup>h</sup> GrZ. erhalten worden sind. Der übereinstimmende Eintritt von gleichen Phasen ist bei beiden Seismogrammen leicht zu erkennen. Die größere Amplitude des Freiburger Ost-Westpendels 3 gegenüber dem Durlacher Pendel 4 erklärt sich leicht daraus, daß in Freiburg das Pendel 1 fast ruhig blieb, die Erdbebenwellen also in meridionaler Richtung gingen, während in Durlach außer Pendel 4 auch das Nord-Süd-Pendel 2 die Wellen anzeigte; die Richtung der Erdbebenwellen ist daher in Durlach gegen den Meridian geneigt. Ob diese Verschiedenheit der Richtung von der Aufstellung der

Seismographen auf Gneis in Freiburg und auf Buntsandstein in Durlach herrührt, müssen künftige Beobachtungen darüber Aufschluß geben.

Die Wirkungsweise der Horizontalseismographen,\* zu denen auch die Horizontalpendel gehören, wird hauptsächlich durch zwei Konstanten charakterisiert, und zwar durch die Vergrößerung, mit der sie die horizontalen Verschiebungen wiedergeben, sowie durch die Empfindlichkeit gegen dauernde Neigungen. Die Vergrößerung  $V$  ist das Verhältnis der Länge  $I$  des Indikators zur mathematischen Pendellänge  $L$ . Bei photographischer Registrierung wird die Indikatorlänge dargestellt durch die Summe aus den Entfernungen des Lichtspaltes und des registrierenden Lichtpunktes vom Pendelspiegel. Die Neigungsempfindlichkeit hängt von der Größe der Schwingungsperiode des Horizontalpendels ab. Wird die der Schwingungsperiode entsprechende äquivalente Pendellänge mit  $\mathfrak{L}$  bezeichnet, so wird die äquivalente Indicatorlänge  $\mathfrak{I} = V \cdot \mathfrak{L}$ . Durch diese als auch durch den Ausschlag für eine Bogensekunde  $E = \frac{\mathfrak{I}}{206265}$  wird die Empfindlichkeit des Horizontalpendels für statische Neigungsänderung angegeben.

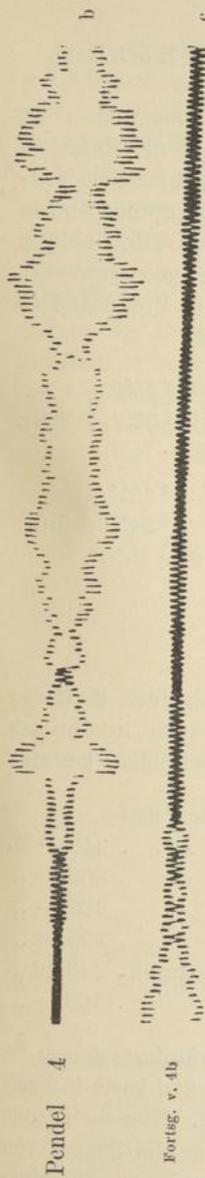
Der Weg des Lichtstrahls vom Lichtspalt bis zum Pendelspiegel beträgt in Durlach 330,6 cm bezgl. in Freiburg 337,3 cm und vom Pendelspiegel bis zur Vorderfläche der Registrierwalze in Durlach 308,6 bezügl. in Freiburg 308,1. Die Indikatorlänge ist daher in Durlach  $I = 639,2$  cm bezgl. in Freiburg  $I = 645,4$  cm. Der Unterschied von 6,2 cm ist weiter von keiner Bedeutung in  $V$  und  $\mathfrak{I}$ . Die vier Horizontalpendel werden möglichst auf eine Schwingungsperiode von 30 sec. eingestellt, was einer äquivalenten Pendellänge  $\mathfrak{L} = \frac{30^2}{4\pi^2} \cdot g = 22360$  cm entspricht.

Für das ungedämpfte Pendel ist auf beiden Stationen  $L = 19,5$  cm und man erhält

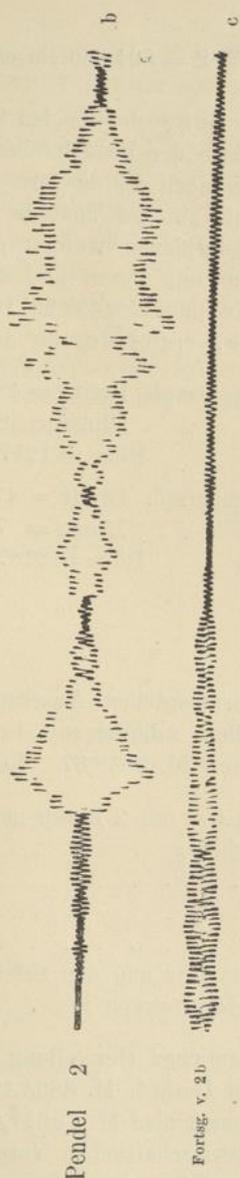
$$V = \frac{I}{L} = 33 \text{ und } \mathfrak{I} = V \cdot \mathfrak{L} = 737\,880 \text{ cm oder } E = 3,6 \text{ cm.}$$

Für das gedämpfte Pendel ist auf beiden Stationen  $L = 18,1$  cm und es wird

\* E. Wiechert, Theorie der automatischen Seismographen. Abhdl. d. K. Ges. d. Wiss. zu Göttingen, Math.-Phys. Kl. Neue Folge Band II, No. 1. Berlin 1903.



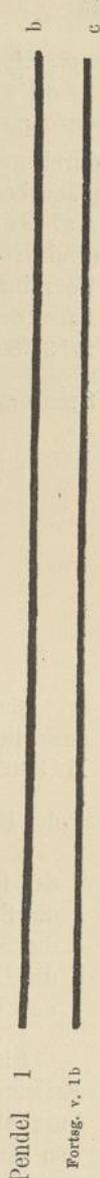
Pendel 4  
DURLACH  
Ost-West



Pendel 2  
FREIBURG  
Ost-West



Pendel 3  
DURLACH  
Nord-Süd



Pendel 1  
FREIBURG  
Nord-Süd

$$V = \frac{I}{g} = 36 \text{ und } \mathfrak{Z} = V \cdot g = 804\,960 \text{ cm oder } E = 3,9 \text{ cm.}$$

Die geographische Lage der beiden Seismographen ist durch geometrische Aufnahme der Pendelpeiler in die Katasterpläne bestimmt worden als auch wurde ihre Höhe über Normal-Null durch Anschluß an das badische Hauptnivellement ermittelt. Aus den Katasterplänen wurden die rechtwinkligen Koordinaten abgegriffen und aus diesen und der geographischen Lage des Mannheimer Nullpunkts ( $49^{\circ} 29' 10'' 91$  Breite und  $8^{\circ} 27' 36'' 80$  Länge östl. Grenw.) ergibt sich für den

Seismograph in Durlach geograph. Breite =  $48^{\circ} 59' 45'' 6$ ,  
 „ Länge =  $8^{\circ} 28' 55'' 2$ , östl. Gr.  
 Höhe =  $127^m 48 + \text{N.N.}$   
 „ „ Freiburg geograph. Breite =  $47^{\circ} 59' 46'' 4$ ,  
 „ Länge =  $7^{\circ} 51' 34'' 8$ , östl. Gr.  
 Höhe =  $278^m 93 + \text{N.N.}$

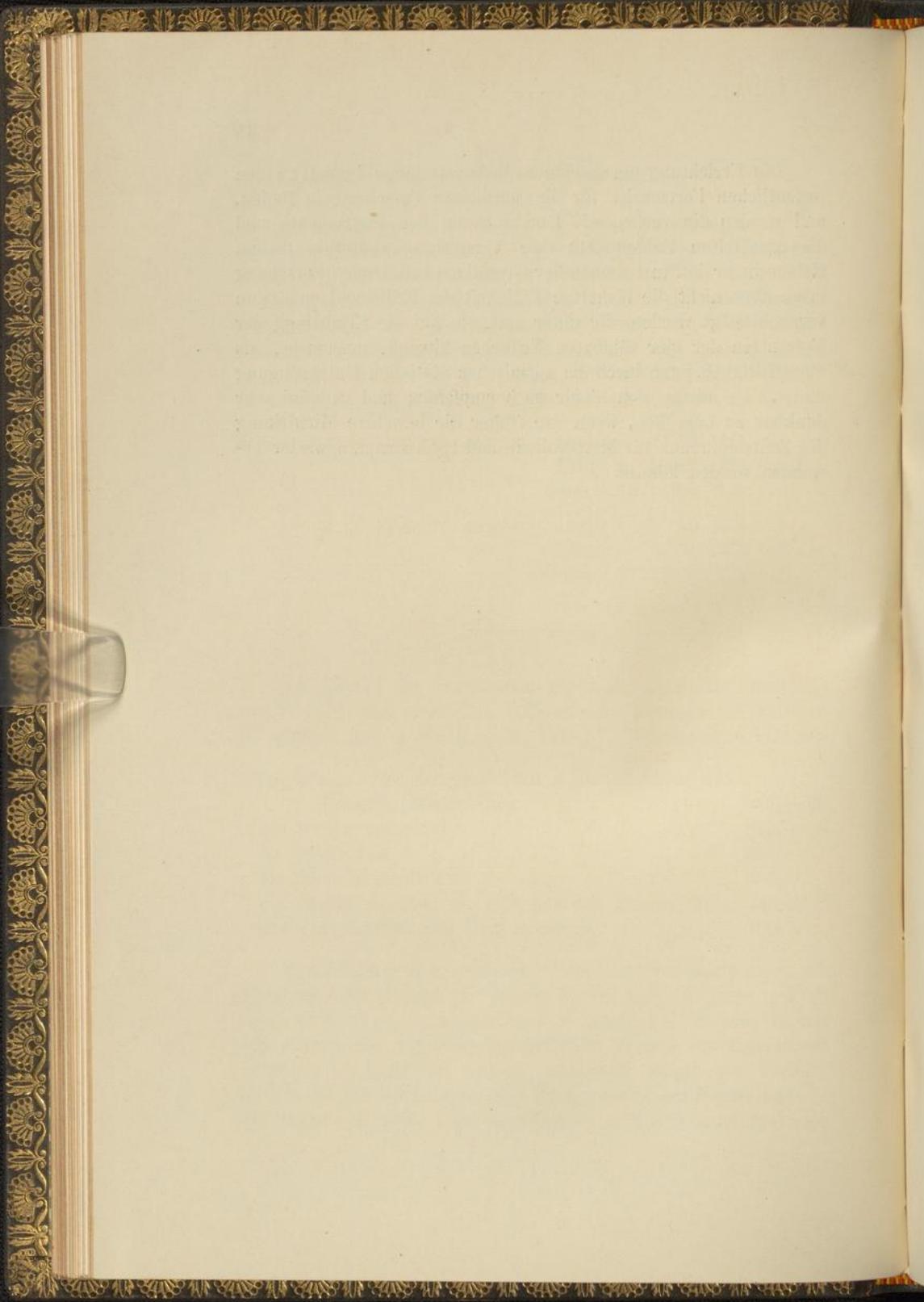
\* \* \*

Die Kosten der instrumentellen Ausrüstung der Stationen einschließlich der speziellen Adaptierung betragen in Durlach M. 3305,16 und in Freiburg M. 3338,87. Insbesondere kosteten

der Horizontalpendelapparat mit 2 Komponenten und	
Dämpfungseinrichtung . . . . .	940,— M.
der Registrierapparat . . . . .	800,— „
die Spaltlampe . . . . .	225,— „
die Sekundenpendeluhr . . . . .	355,— „
die Glaskästen über die Uhr und den Seismograph. . . . .	446,46 „
der Thermograph und Hygrograph je . . . . .	100,— „

Einschließlich der baulichen Herstellung erforderte daher die Errichtung der Station in Durlach M. 8864,43 und jener in Freiburg M. 4147,44, zusammen also M. 13011,87. Hiervon ist aus den Mitteln des Naturwissenschaftlichen Vereins die Summe von 12203,30 M. bestritten worden; außerdem wurde aus Vereinsmitteln für die Einrichtung zur Untersuchung der Pendel und für den Betrieb bis Ende 1905 der Betrag von M. 852,09 aufgewendet.

Die Errichtung der beiden Erdbebenstationen bedeutet einen wesentlichen Fortschritt für die seismische Forschung in Baden, und werden die vorliegende Untersuchung der Instrumente und die ermittelten Zahlenwerte ihre Verwertung späterhin finden. Neben dieser auf instrumenteller Grundlage beruhenden Forschung möge aber nicht die bisherige Tätigkeit der Erdbebenkommission vernachlässigt werden, die unter anderem auf die Ermittlung der Epizentren der hier fühlbaren Erdbeben hinzielt, umso mehr, als diese Tätigkeit jetzt durch die seismischen Stationen Unterstützung findet. Es dürfte sich hiefür noch empfehlen und es wäre sehr dankbar zu begrüßen, wenn wie früher die bewährte Mitwirkung des Zentralbureaus für Meteorologie und Hydrographie wieder gewonnen werden könnte.

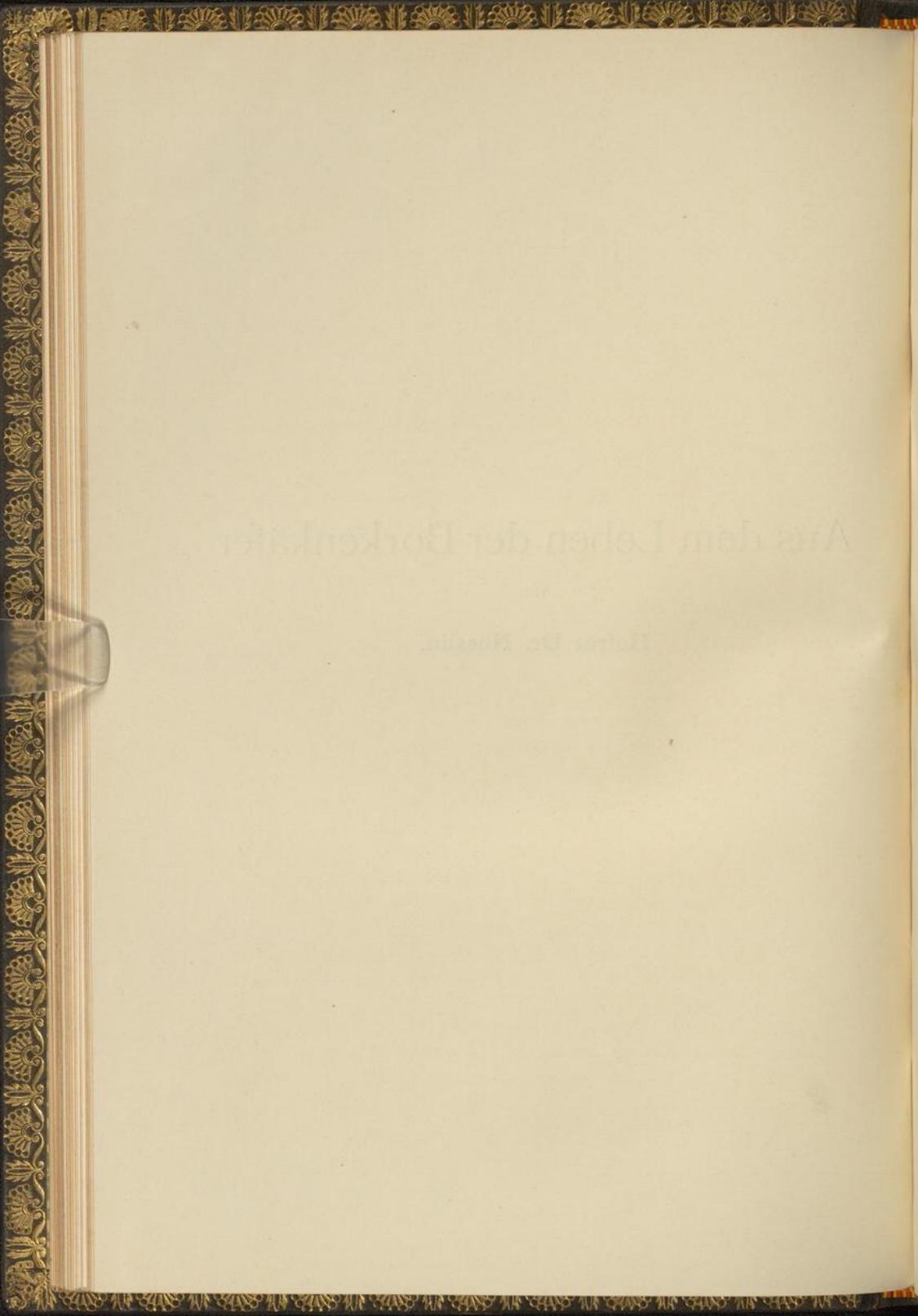


Aus dem Leben der Borkenkäfer

von

Hofrat Dr. Nüsslin.

---



Als dem Leben der Borkenländer

Herrn Dr. Knecht

de  
ni  
te  
ge  
in  
Ka  
An  
de  
e  
enge  
Cur  
side  
Fami  
nd  
Riss  
Cos  
inbe  
sehe  
Fami  
quis  
Kam  
laute  
rehe  
die  
Lige

Die Borkenkäfer sind eine Familie der Rhynchophoren, der Rüsselkäfer im weiteren Sinne. Alle Rhynchophoren-Familien teilen miteinander die nahtlose, also weitgehendste Verschmelzung der Chitinplatten des Kopfes und der Vorderbrust; alle haben die gleiche embryonale Entwicklung, und auch postembryonal die gleiche Larvenform: eine beinlose, augenlose, fast madenartige, bauchwärts eingekrümmte Larve mit weichem, meist weißlichem Körper und hartem, gelblichem Chitinkopfe, der die festen Mundteile trägt.

Die einzelnen Familien gehen stufenweise ineinander über, so entfernt auch die Extreme einander gegenüberstehen. Einen engeren Zusammenschluß zeigen unter sich die drei Familien der Curculioniden oder Rüsselkäfer im engeren Sinne, der Cossoniden und der Scolytiden oder Borkenkäfer. Diese drei Familien haben die geknietten Fühler, deren Geißel eine Keule trägt, und den sehr charakteristischen Kaumagen\*) gemeinsam.

Die Cossoniden bilden dabei das Übergangsglied zwischen Rüssel- und Borkenkäfern, und insbesondere sind es unter den Cossoniden einzelne Arten der Gattung *Rhyncolus*, welche rein äußerlich gewissen *Hylastes*-Arten der Borkenkäfer so ähnlich sehen, daß schon ein genaueres Zuschauen dazu gehört, um die Familienzugehörigkeit festzustellen. Auch in der inneren Organisation, insbesondere in bezug auf die Mannigfaltigkeit der Kaumagen-Bildungen beider Familien zeigen sich geradezu parallel laufende Übereinstimmungen.

In der Lebensweise bieten die Cossoniden in der Familienreihe der Rhynchophoren gleichfalls die nächsten Anklänge an die Borkenkäfer, gibt es doch *Rhyncolus*-Arten, welche zur Ei-

\*) Anfänge einer Kaumagenbildung kommen auch bei Rhynchitiden (*Apoderus coryli*) vor.

ablage gleich wie die echten Borkenkäfer als Mutterkäfer in den Holzkörper eindringen und sogenannte Muttergänge nagen, eine Erscheinung, die bei echten Rüsselkäfern noch nirgends vorkommt.

In der langen Lebensdauer der Imagostadien, in den Generations-Verhältnissen, sowie in der Art des Larvenfraßes zeigen sich andererseits manche echte Rüsselkäfer und manche Borkenkäfer so übereinstimmend, daß sich hieraus auch ein ähnliches forstliches Verhalten ergibt.

Ich erinnere in dieser Beziehung an die *Hyllobius*- und *Pisodes*-Arten unter den Rüsselkäfern einerseits, an *Hylesinus*-Arten unter den Borkenkäfern andererseits.

Die Borkenkäfer sind Parasiten der Holzgewächse. Nur ganz vereinzelt kommen sie auch an Krautpflanzen (Gattung *Thamnurgus*), oder an Früchten (*Coccotrypes dactyliperda*) vor. Fast ausnahmslos leben sie in strauchartigen oder baumartigen Holzgewächsen, ganz besonders in den letzteren. Die Bäume der Wälder, der Parks, der Felder und Gärten sind daher ihre Domäne.

Unter den Bäumen erscheinen die Nadelhölzer sehr wesentlich bevorzugt, besonders die Kiefern mit etwa 26 Arten und die Fichte mit etwa 14 Arten, die Tanne mit vier Arten. Unter den Laubhölzern sind Eiche und Ulme bevorzugt, beide mit je sieben Arten, dann folgt die Esche mit drei Arten. Alle übrigen Nadel- und Laubhölzer haben höchstens zwei Arten, öfters sogar nur eine Art. Die genannten Zahlen sind insofern nicht vollständig, als es noch außerdem Borkenkäfer-Arten gibt, welche mehr oder weniger polyphag leben, und als manche einer Holzart zugewiesene Spezies auch gelegentlich an einer anderen vorkommen kann. So hat heuer in Pfullendorf der für die Fichte so typische Buchdrucker (typographus) die Kiefer ganz skrupellos heimgesucht, und auch sonst ist bei Massenvermehrung eine gewisse Gleichgültigkeit in bezug auf die Wahl der Holzart hervorgetreten.

Es sind dies Fälle der Not, in denen auch der Borkenkäfer weniger wählerisch wird, auch in bezug auf ein anderes sehr wichtiges Moment. Die Borkenkäfer meiden nämlich unter normalen Verhältnissen alles Vollsäftige und Frohwüchsige, sie sind so recht die Parasiten des Kranken und des Schwachen. Die Todeskandidaten unter den Bäumen werden von ihnen so sehr bevorzugt, daß es zu den Ausnahmen gehört, wenn ein infolge

anderer Ursachen absterbender Baum keine Borkenkäferinsassen enthält. Sie sind also normal sekundäre, nicht primäre Feinde des Waldes.

Doch in der Not werden sie auch primär und fallen alsdann aus Hunger und aus Fortpflanzungsdrang auch über die gesünderen Bäume her.

Die Borkenkäfer besuchen die Bäume, um für sich und für ihre Nachkommen Nahrung und Schutz, und um Fortpflanzungsstätten zu finden.

Zu allen diesen Zwecken gehen sie in Minengängen ins Innere der Holzpflanzen: in das Innere der Rinde oder des Holzes. Von ganz besonderem Interesse, von einer staunenswerten Mannigfaltigkeit und zum Teil von wirklicher Schönheit sind die zum Zweck der Fortpflanzung und Ernährung der Brut gefertigten sogenannten Brutgänge, auch Brutbilder oder Fraßbilder schlechthin genannt.

Fast jede Art hat ihre eigene Bauart, und gewisse Gruppen solcher Brutbilder repräsentieren geradezu Baustile. So unterscheidet man einfache und doppelte Lotgänge, einfache und doppelte Wagegänge, Sterngänge, Platzgänge bei den Rindenbrütern, Leitergänge, Platzgänge, horizontale und unregelmäßige Gabelgänge bei den Holzbrütern.

Der Charakter der Brutbilder ist für die einzelne Art so beständig, daß es oft leichter ist, eine Borkenkäferart nach ihren Brutbildern zu erkennen, als nach den subtilen Merkmalen des Käfers selber.

An den Brutgängen läßt sich meistens der Anteil der Eltern und der ihrer Nachkommen deutlich trennen und wir unterscheiden hiernach Mutter- und Larvengänge. Am Muttergang arbeitet das Weibchen den wichtigsten Teil, der zur Aufnahme der Eier dient. Das Männchen nimmt nur beschränkten Anteil.\*

\* Nach den neuesten Publikationen von Ivan Schewyreuy (L'énigme des Scolytiens „Petersb. Forstjournal“ 1905, deutsches Referat von Nik. v. Adlung im zool. Centralbl. 1905) ist die Rolle der ♂♂ Borkenkäfer damit nicht ausgespielt. Dem ♂ falle z. B. bei *typographus* die Reinigung der nach unten gerichteten Muttergänge zu, wobei das ♂ das Bohrmehl hinter sich scharrt und rückwärts aufsteigend nach außen führt. Diese Reinigung geschähe jedoch zum Zwecke der Ermöglichung wiederholter Begattungen (jeweils nach Ablage von 6—12 Eiern), wozu das ♀, vom ♂ liebkost, demselben, ebenfalls rückwärts aufsteigend, in die Rammelkammer folge.

Es übernimmt z. B. bei den polygam lebenden Rindenbrütern die Anfangsarbeit, nämlich die Fertigung der Eintrittsröhre und einer geräumigen Platzmine, die gewissermaßen als Empfangsraum für die alsbald eintretenden Weibchen dient. Schon vor Ratzeburg wurde dieser Raum unter der Bezeichnung „Brautkammer“ als Ort der Begattung aufgefaßt; Ratzeburg befestigte diese Auffassung, indem er den weniger ästhetischen Namen „Rammelkammer“ gewählt hat. Es ist jedoch sehr fraglich, ob wirklich alle Weibchen noch jungfräulich in diesen Raum eintreten, es scheint die Begattung auch schon außerhalb, zurzeit des Massenansflugs vollzogen zu werden. Jedenfalls sind die versammelten Weibchen schon einige Stunden nach dem Eintritt damit beschäftigt, jedes für sich, einen röhrenförmigen Gang, den Brutgang, zu nagen und schon nach Ablauf eines Tages mit der Eiablage zu beginnen. Wir wollen bei unserer nachfolgenden Schilderung ganz besonders den großen Fichtenborkenkäfer (*Tomicus typographus* L. = „Buchdrucker“) ins Auge fassen.

Gewöhnlich kommen hier zwei oder drei Weibchen in die Rammelkammer, so daß zwei bis drei Brutgänge, einer stamm-aufwärts und einer oder zwei abwärts, genagt werden, also ein doppel- oder dreiarmiger Lotgang entsteht.

Jedes Weibchen nagt, während es successiv den Gang verlängert, beiderseits kleine Hohlräume, die Eiergruben, deren jede zur Aufnahme eines Eies dient, und alsbald nach Ablage der Eier mit etwas Genagsel bedeckt und so gegen das Lumen des Gangs abgeschlossen wird.

Das Tempo der fortschreitenden Eiablage richtet sich hauptsächlich nach der Witterung. Der ganze Brutgang mit seinen 30 bis 50 Eiergruben kann in zwei bis drei Wochen vollendet sein, es kann aber auch durch dazwischentretende Kälte der Fortgang der Eiablage verlangsamt, ja wochenlang ganz unterbrochen werden. Natürlich ist, entsprechend dem Verlauf der Eiablage, das zunächst der Rammelkammer gelegene Ei das älteste, das an der Spitze des Brutarms befindliche das jüngste. In einer dieser successiven Eiablage entsprechenden Aufeinanderfolge schlüpfen alsdann nach der etwa 10 bis 14 Tage währenden Embryonalentwicklung aus den Eiern die Larven, so daß, wenn innerhalb 15 Tagen die Vollendung des Brutgangs und die Ablage von 45 Eiern gleichmäßig geschehen würde, jeden Tag in einem Brutgang,

und zwar als Kinder eines Weibchens, etwa drei Larven aus den Eiern ausschlüpfen könnten. Und weiter: aus den Larven werden später ebenso successiv und ungleichzeitig nach etwa weiteren 15 Tagen Puppen und darans nach etwa acht Tagen Jungkäfer. Ein einziges Weibchen könnte daher später 15 Tage hindurch jeden Tag drei Jungkäfer aus der Brutstätte entlassen, vorausgesetzt, daß alle am Leben geblieben, und alle gleichmäßig herangewachsen waren, und daß die Witterung 15 Tage lang zurzeit des Ausflugs der 45 Jungkäfer gleichmäßig warm und sonnig gewesen wäre.

Jede ausschlüpfende Larve nagt sich einen Gang, den „Larvengang“, welcher ihre Fraßstätte bedeutet und später durch den abgegebenen braunen Kot auf der weißlichen Rinde markiert wird, der zugleich deutlich Auskunft gibt, wie rasch die Larve wächst; denn nicht nur seine Länge, sondern auch seine Breite wird immer beträchtlicher, je mehr die Larve an Umfang zugenommen hat. Dem Verlauf der Eiablage gemäß können in der Nähe der Rammelkammer schon nahezu vollendete Larvengänge sein, während am Brutgangende noch Eier gelegen sind.

Am Ende des Larvengangs wird eine Erweiterung, die „Puppenwiege“, genagt, in welcher die erwachsene Larve einige Tage ohne zu fressen liegen bleibt, und unter Kotentleerung und Häutung zur Puppe wird.

Ganz allmählich wandelt sich die Puppe zum Jungkäfer um, der zuerst noch weiß ist, nach und nach vom hellsten Gelb bis zum dunklen Braun sich verfärbt, in gleichem Tempo seine Chitinegebilde erhärtet, sowohl die äußerlichen, als auch die inneren. Zu den letzteren gehören Teile des Darms und der Genitalien, vor allem der Kaumagen und das männliche Begattungsorgan. Dieses Heranreifen des Jungkäfers kann zwei bis drei Wochen in Anspruch nehmen, wobei der Jungkäfer, sobald seine Kauorgane erstarkt sind, auch feste Nahrung zu sich nimmt, dabei seine Puppenwiege erweitert oder gangartig weiterfrißt. Besonders umfangreich wird dieser Jungkäferfraß, wenn ungünstige Witterung die Entwicklung verzögert und den Ausflug hemmt, besonders daher bei den Spätbruten der Endsaison. Sobald der Käfer fertig ist und gutes Wetter herrscht, frißt er sich Löcher zum Austritt: die sog. Fluglöcher.

Das weitere Verhalten des Jungkäfers ist nun je nach den Gattungen verschieden. Bei den einen ist gleichzeitig mit der

Erstarkung der Chitintteile des Jungkäfers auch eine volle Reifung der Geschlechtsdrüsen eingetreten, so daß mit dem Ausflug auch der Fortpflanzungstrieb erweckt und alsbald befriedigt wird. Bei diesen Gattungen folgt gleichsam Anflug auf Ausflug, und zwar Anflug zum Zwecke der Fortpflanzung, zur Fertigung neuer Brutgänge, zu erneuter Eiablage für eine II Generation.

So machen es z. B. die Scolytinen und unter den Tomi- cinen unsere wichtigsten Arten, z. B. gerade der Buchdrucker. Am 4. August dieses Jahres konnte ich in Pfullendorf diesen Vorgang in überwältigender Weise beobachten. Die heißen Tage vorher hatten von Tag zu Tag neue Fichten zum Absterben ge- bracht, wobei sehr rasch die rote Verfärbung der Kronen eintrat. Jeder dieser Bäume entsandte Tausende von Jungkäfern, die sich Brutstätten suchten und dabei auch die frohwüchsigsten stärksten Fichten nicht verschonten. So ließ sich am genannten sehr heißen Tage beobachten, wie Hunderte von *Typographus*-Jungkäfern an gesunden stehenden Bäumen herumliefen, um Stellen zum Ein- bohren zu suchen. Daneben, am gleichen Stamm oder an benach- barten Fichten, zeigten sich in Brusthöhe schon eingebaute Käfer, bald nur ein einziges Männchen in der Rammelkammer, bald eine zwei- bis dreiweibige Familie, bald schon junge Brutgänge und Eiablagen. Wenn man solche Fichten fällen ließ, konnte man oben am Kronenansatz schon weiter entwickelte Brutbilder mit begonnenen Larvengängen treffen.

Fast immer zeigte sich eine solche Differenz, mit anderen Worten: der Anflug begann oben und rückte allmählich nach unten weiter, und zwar am Einzelstamm mit einer zeitlichen Differenz von etwa 12 bis 14 Tagen. Daher müssen auch später die Jung- käfer oben zuerst reifen und auskommen, unten zuletzt und da- zwischen alle Tage, wenn nur die Witterung es erlaubt.

Jene frisch eingebaute Käfer bestanden größtenteils aus noch unvollständig ausgefärbten Jungkäfern, so daß sie eine II Generation der eben vollendeten I Generation darstellten. Die Art der lange sich hinziehenden Eiablage und die Art des verschiedenzeitigen Anflugs der Mutterkäfer am einzelnen Stamm und an den verschiedenen Bäumen eines Waldes, wo in sonnigen Lagen das Käferleben früher erwacht als in kälteren, an den Rändern und auf Blößen früher als im Inneren; alle diese Fak- toren bringen es mit sich, daß sich der Übergang von der I. zur

II Generation nicht in wenigen Tagen, sondern in Wochen, ja Monaten vollzieht, und daß fast an jedem warmen und sonnigen Tage von Mai bis September ausschwärmende und anfliegende Borkenkäfer zu erwarten sind: zuerst im Frühjahr die nach und nach reif werdenden Jungkäfer von den Spätbruten des vorigen Jahres; dann vom Hochsommer an die Jungkäfer der I Generation der Saison und zuletzt gegen Ende September möglicherweise schon Jungkäfer einer II Generation.

Auf solche Weise drohen während der ganzen Saison aus- und anfliegende Borkenkäfer, falls die Witterung dies möglich macht. Die Borkenkäfer verlangen nämlich zum „Schwärmen“ je nach der Art ganz verschiedene Temperaturen. Einzelne Arten begnügen sich hierzu mit 9° C. und können bei uns schon im Februar, in Südfrankreich schon im Januar zum Schwärmen verlockt werden (z. B. *Hylesinus piniperda*). Solchen „Frühschwärmern“ steht gerade der große Fichtenborkenkäfer diametral gegenüber. Er ist ein Spätschwärmer und soll erst bei einer Temperatur, die 20° C. erreicht, aus seinen Verstecken hervorgehört werden. Heuer ist diese Temperatur erst im Mai, und zwar in Karlsruhe am 1., 6., 12. und am 27. bis 31. Mai, in St. Blasien überhaupt erst vom 28. bis 31. Mai erreicht worden. In Herrenwies kam nach den Beobachtungen des Anflugs der 12. und 27. bis 31. Mai in Betracht. Das waren die ersten Schwärmertermine des abgelaufenen Jahres.

Da der Juni, Juli und Anfang August recht günstig, warm und sonnig verlaufen sind, so war die I Generation von der zweiten Hälfte des Juli an ausflugreif und schwärmbereit geworden, so daß die II Generation schon mit ihren ersten Familien Ende August in das Übergangsstadium von der Puppe zum Jungkäfer gelangt war. Allein der Schluß der Saison war heuer so ungünstig, wie der Anfang im Mai. September und Oktober waren sehr kühl, und so brachte es die II Generation heuer in den recht warmen Tagen des 26., 28. und 29. September wohl noch zu den Vorarbeiten zum Ausflug, zum Fertigen von Löchern und zum Auswurf von Bohrmehl, wahrscheinlich aber nicht mehr zum wirklichen Ausflug.

Ein und dieselbe Art, wie z. B. unser Buchdrucker, bringt es nicht jedes Jahr bis zur Vollendung der Vorläufer der II Generation. So war 1903 ein so ungünstiges Jahr, daß die

I Generation, statt wie heuer in zwei Monaten, also von Ende Juli an, in der Hauptsache erst im folgenden Frühjahr geschlechtsreif geworden war. Wäre andererseits heuer der Mai und September günstig gewesen, so würden noch die Anfänge einer III Generation ermöglicht worden sein.

Wir haben schon oben erwähnt, daß bei manchen Gattungen der Borkenkäfer die Geschlechtsreife keineswegs synchronisch mit der Erstarkung der Chitintteile verläuft. Bei diesen Formen hat infolgedessen der ausfliegende Jungkäfer weder den Trieb, noch die Fähigkeit zur Fortpflanzung erlangt. Diejenigen Jungkäfer der I Generation solcher Arten, welche im Hochsommer auskommen, treiben sich alsdann herum, um für ihre Ernährung zu sorgen, sie treiben gleichsam Allotria-Fraß.

Die einen, wie *Myelophilus piniperda* und *minor*, kriechen in die frischen Triebe der Kiefern, fressen da die Markröhre aus (daher ihr Gattungsname), töten dadurch die Triebe, welche alsdann bei den nächsten Stürmen, oft schon im August, meist erst im Oktober, zu Boden fallen, diesen im Umkreis des Stammes bedecken, während die Krone des Baumes gelichtet wird. Wegen dieser Ausschaltung zahlreicher Triebe heißen die Käfer seit Alters auch Waldgärtner. Eine andere Art, *Hylesinus fraxini*, bohrt sich in Eschenrinde und erzeugt oder befördert jene krebsartigen Wucherungen, die „Eschenrosen“ genannt werden. Wieder andere fallen über junge Nadelholzpflanzen her, es sind die sogenannten wurzelbrütenden Hylesinen, welche als Larven unschädlich, als Käfer durch Benagen und halb minierendes Platzfressen in der Rinde, teils unter, teils über der Erde, in ähnlicher Weise kulturverderblich wirken, wie der große braune Rüsselkäfer (*Hyllobius*). Forstlich ist das Verhalten beider das gleiche und zufälligerweise zeigen auch gerade diese Wurzelbrüter die größte gestaltliche Ähnlichkeit mit den Cossoniden, der Übergangsgruppe zu den Rüsselkäfern.

Alle diese Allotria treibenden, sexuell noch unreifen Käfer zählen nach unserer bisherigen Kenntnis zu den Hylesiniden. Sie gehen wohl in der Mehrzahl später in Winterverstecke und werden erst im folgenden Frühjahr geschlechtsreif, haben daher normal nur eine Generation im Jahre. Es gibt aber auch Arten, die nur gelegentlich und nicht normal solchen schädlichen Allotria-Fraß verüben, auch *typographus* ist dazu fähig, insbesondere die

Jungkäfer von Spätbruten, die wahrscheinlich durch vorübergehende Sonnenhitze in der Spätsaison herausgelockt wurden, und, infolge der kühlen Witterung noch nicht fortpflanzungsreif, unregelmäßige geweihartige Gänge in der Rinde gesunder Stämme nagen können.

Die Entscheidung der Generationsverhältnisse bietet gerade bei den Borkenkäfern besondere Schwierigkeiten, und so kam es, daß selbst bei einer so gemeinen Art, wie dem Buchdrucker, der seit Jahrhunderten verheerende Schädigungen der Wälder verursacht hat, neuerdings Zweifel auftauchen konnten, allerdings mit Unrecht.\*

Eine sehr wichtige Frage ist auch die über das Schicksal der Mutterkäfer nach der Eiablage. Auch darin scheinen sich die Borkenkäfer nicht einheitlich zu verhalten. Bei einem Teil sind die Mutterkäfer langlebig und können nach Absolvierung ihrer ersten Brut zur nochmaligen Eiablage schreiten, sind also in ähnlicher Weise langlebig wie manche Rüsselkäfer (*Hylobius*, *Pissodes*). Bei anderen scheint eine zweite Fortpflanzungsperiode normal nicht vorzukommen, die Lebensenergie mit der einmaligen Fortpflanzung zu Ende zu sein, wenn auch einzelne, wohl jüngere Mutterkäfer Versuche zu weiterer Brutablage machen können. Gerade ein heuriges Experiment hat gezeigt, daß von 84 Elternkäfern, die etwa einen Monat nach dem Beginn der ersten Eiablage, etwa im Puppenstadium der Brut, den Muttergängen entnommen worden waren, nur ein einziges Weibchen einen abnormen Brutgang zustande gebracht hatte, worin nur drei Eier wirklich zu Larven geworden sind. Gerade diese Ausnahme, die deutlich die Schwächung der Fortpflanzungskraft kundgibt, scheint hier die Regel nur zu bestätigen. Für die Praxis der Begegnung hat diese Frage eine wesentliche Bedeutung, da wir in jugendlichen Stadien der Brut das Verbrennen der Rinde ersparen können, wenn wir auf die Mutterkäfer keine Rücksicht zu nehmen brauchen.

Die früheren Betrachtungen haben uns gezeigt, daß ein Teil der Borkenkäfer in stande ist, Generation an Generation, Brut an

\* Näheres in meinen neuesten Aufsätzen: Der Fichtenborkenkäfer (*Tomicus typographus* L.) im Jahre 1905 in Herrenwies und Pfullendorf. Naturw. Zeitschr. f. Land- u. Forstw. 1905, und: „Nachwort hierzu“ ebenda 1906.

Brut anzureihen, wenn die Witterungsverhältnisse günstige sind. Zu ihnen gehört vor allen der Buchdrucker und einige andere Tomicingen der Kiefer, Fichte, Tanne und Lärche.

Die Fruchtbarkeit des einzelnen Weibchens ist keineswegs bei den Borkenkäfern eine sehr bedeutende. Fünfzig Eier für jedes Weibchen ist eine schon hochgegriffene Mittelzahl. Diese Zahl ist im Verhältnis zu anderen Insekten eine mittlere. Wir finden dies nach einem Grundgesetz der organischen Natur, dem Gesetz der Sparsamkeit, auch begreiflich, weil die Natur die Borkenkäferbrut ganz besonders geschützt hat, indem das Weibchen seine Brutgänge minenartig im Inneren der Holzgewächse anlegt. Wir kennen daher auch recht wenig Feinde der Borkenkäfer im Verhältnis zu den offenlebenden Insekten, insbesondere den forstschädlichen Großschmetterlingen. Imagines und Larven, Puppen und Eier sind gegen Wirbeltierfeinde fast völlig geschützt, nur Spechte können gelegentlich in Betracht kommen, doch verschmähen diese die kleineren Larven und leisten bei den Nadelholz-Borkenkäfern fast nichts. Dagegen gibt es eine Anzahl von Insekten, insbesondere Käfer und Schlupfwespen, welche teils räuberisch, teils parasitisch die Borkenkäferbrut heimsuchen. Die Räuber, insbesondere der Ameisenkäfer (*Clerus formicarius*), namentlich seine rosafarbige Larve, sodann mehrere Staphyliniden, Nitiduliden und Vertreter anderer Familien kriechen in die Mutter- und Larvengänge, um Eier, Larven und Puppen zu überfallen und zu verzehren. Nicht zahlreich sind die Borkenkäfer-Schlupfwespen. Auch Pilzkrankheiten spielen keine erhebliche Rolle bei den Borkenkäfern. Im ganzen leisten Räuber und Parasiten, insbesondere bei Massenvermehrungen, äußerst wenig, weshalb eine Borkenkäfer-Kalamität auch nicht nach etwa drei Jahren wie bei den großen Kiefernspinner-, Nonnen- und Kiefernspanner-Kalamitäten infolge Übervermehrung ihrer Feinde ein natürliches Ende findet, sondern, soweit wir wissen, ins Endlose fortwütet, so lange Gelegenheit geboten wird. Infolge Mangels an Feinden sind auch die „eisernen Bestände“ der Borkenkäfer viel größer, als bei vielen andern schädlichen Insekten.

Jahr aus Jahr ein hausen sie in unterdrückten und kränkenden Stämmen, in liegen gebliebenen Hölzern der jährlichen Holzhiebe, in Wind- und Schneebrüchen.

Wie groß der eiserne Bestand gerade bei *Typographus* ist, beweist die Tatsache, daß selbst im relativ gepflegten Walde zur rechten Zeit und am richtigen Ort hingelegte Fangbäume normal sofort befallen werden, indem sie durch den Duft ihrer welkenden Rinde die vorhandenen Scharen des eisernen Bestandes aus der Nachbarschaft herbeilocken, und zwar nicht in vereinzelt Individuen, sondern in Massen. Im Verlaufe einiger Tage pflegt ein solcher Fangbaum, von oben nach unten fortschreitend, besetzt zu sein.

In welchen Massen die Mutterkäfer an einen Baum zur Brutablage anschwärmen, hat gerade bei *Typographus*, dem allerwichtigsten Schädling, schon frühzeitig das Interesse erweckt. Ratzeburg erwähnt 1837 in seinen Forstinsekten (1. Band, S. 148) eine Zählung und Berechnung v. Sierstorpffs, wonach eine einzige Fichte 23 000 „Paare“, also ebensoviel ♀ Mutterkäfer, aufzunchmen vermöchte. Wir haben heuer in Pfullendorf auch eine Berechnung versucht. Ich zählte an einem etwa 28 cm langen und 14 cm breiten Rindenstücke (= ca. 0,04 qm) 30 Muttergänge, also 30 Weibchen. Für eine ca. 90jährige Fichte mit Käferbesatz bis zu 28 m Höhe und einem mittleren Durchmesser von etwa 32 cm würden sich darnach pro Stamm etwa 20 000 Weibchen ergeben. Falls jedes Weibchen 50 Nachkommen erzeugen würde, könnte darnach etwa eine Million Jungkäfer aus einer einzigen starken Fichte ausfliegen.

Natürlich wird nur eine beträchtlich kleinere Zahl zum wirklichen Ausflug gelangen, da sich die Mutter- und Larvengänge oft gegenseitig drängen und manche Larven nicht zur Entwicklung gelangen, abgesehen von der Wirksamkeit der Borkenkäferfeinde.

Im Vergleich zu dieser Berechnung nach der Zahl der angepflögten Weibchen will ich noch eine Berechnung v. Bergs (1836) mitteilen. Er zählte die Nachkommen und fand an einem Rindenstück von 12" im Quadrat, also auf ca. 0,1 qm 1220 Stück völlig entwickelter Larven und Puppen. Daraus würden sich für obige Fichte mit ca. 28 qm Rindenfläche rund  $28 \times 12\ 200 = 341\ 600$  Stück ergeben, also etwa ein Drittel der obigen Berechnung. Es ist jedoch wahrscheinlich, daß die wirkliche Gesamtzahl noch wesentlich geringer ist.

Nehmen wir pro Hektar in einem 90jährigen Fichtenbestande 200 Stämme obiger Dimensionen an, so würden sich pro Hektar

200  $\times$  341 600, also rund 68 Millionen Jungkäfer ergeben. Schreiten diese sofort zur II Generation, so würde unter der Voraussetzung, daß darunter 40 Millionen Weibchen wären und jedes etwa 25 Jungkäfer erzeugte, die II Generation pro Hektar schon eine Milliarde Jungkäfer liefern. Diese Zahlen werden einigermaßen erläutern, wie rapid die Borkenkäfervermehrung fortschreiten und zu welcher Größe sie anwachsen kann.

Wir haben gesehen, daß die Fruchtbarkeit der Borkenkäfer keineswegs eine besonders große ist, daß jedoch ihre Vermehrungsziffer infolge ihrer geschützten Lebens- und Fortpflanzungsweise und infolge der stetigen von Feinden wenig gestörten Zunahme langsam aber sicher zu bedeutender Höhe anwachsen kann. Auch die Ungunst der Witterungsverhältnisse kann nur verzögernd, nicht aber vernichtend, wie z. B. bei Raupenkalamitäten oder bei Schädigungen durch Pflanzenläuse, die Vermehrung beeinflussen. Nässe und Kälte tun den Borkenkäfern über Winter kaum wesentlichen Abbruch. Keine Seuche, keine Parasitenvermehrung vermag ihrer Massenvermehrung ein zeitliches Ziel zu setzen, Jahr für Jahr schreitet dieselbe fort, wie die furchtbaren Verheerungen aus vergangener Zeit zur Genüge gelehrt haben.

Zu Ende des 17. und Anfang des 18. Jahrhunderts herrschten große Waldverheerungen in den Fichtenwäldern Mitteldeutschlands. Dann begann wieder, insbesondere im Harz 1772, eine Besorgnis erregende Überhandnahme, die 1781 bis 1783 ihr Maximum erreichte, und erst gegen 1787 erlosch. Im Zellerfelder Forstdistrikte wurden damals etwa drei Millionen Stämme durch den Borkenkäfer zum Absterben gebracht.

Ziemlich neu ist die Borkenkäferverheerung 1869 bis 1875 im Bayerischen- und Böhmerwald. Im letzteren waren allein in vier Bezirkshauptmannschaften 104 100 ha (Badens Staatswaldungen umfassen ca. 94 000 ha) befallen, und mußten 2,7 Millionen Festmeter Holz mit über 8000 zum Teil von auswärts requirierten Arbeitern aufbereitet werden.

Fast unbedeutend erscheint dagegen die neueste Borkenkäferkalamität in unserem Lande, wo in Pfullendorf in dem am meisten heimgesuchten etwa 194 ha großen Distrikt Falken von 1903 bis jetzt etwa 26 000 Festmeter dem Käfer zum Opfer gefallen sind. Insbesondere sind in der etwa 30 ha großen Abteilung 7 fast alle 80jährigen und älteren Bestände mit über 10 000 Fm ge-

tötet worden, so daß dort nur noch 100 Fm dieser Altersklasse stehengeblieben sind.

Trotz dieser Vorkommnisse aus alter und neuester Zeit dürfen wir doch behaupten, daß die Borkenkäfer unter normalen Verhältnissen ungefährliche Parasiten des Waldes sind. Sie unterscheiden sich in dieser Hinsicht sehr wesentlich von den Schädlingen aus anderen Insektenordnungen, insbesondere von den in der Gesamtwirkung so ähnlichen Großschmetterlingen.

Die Borkenkäfer sind „sekundäre“, die Großschmetterlinge „primäre“ Feinde. Die Borkenkäfer vermeiden, wie wir früher gesehen haben, unter normalen Vermehrungsverhältnissen die gesunden und vollsaftigen Bäume, die Nonnenraupe und die Raupen anderer Großschmetterlinge fressen dagegen zu allen Zeiten die Nadeln und Blätter gesunder und frohwüchsiger Bäume mindestens ebenso gern als diejenigen der geringeren Wüchse.

Die Veranlassungen für eine Borkenkäferkalamität müssen der sekundären Natur der Borkenkäfer wegen ganz anderer Art sein, als z. B. diejenigen für eine Nonnenkalamität. Zwar liegt bei beiden Feinden die eigentliche Ursache in der abnormen Vermehrung der eisernen Bestände. Bei den meisten Borkenkäfern ist aber der eiserne Bestand stets relativ hoch, bei der Nonne dagegen normal so niedrig, daß in einzelnen Jahren selbst für Geldangebote kaum eine Nonne aufgetrieben werden kann.

Die Ursache der abnormen Vermehrung des eisernen Bestandes, also die Veranlassung zur Kalamität wird für die Borkenkäfer durch übermäßige Anhäufung ihres Fraß- und Brutmaterials also durch Stehenlassen absterbender Hölzer, durch Liegenlassen nicht entrindeter Stämme des Holzhiebs, der Windwürfe, Wind- und Schneebrüche oder aber durch allerlei Schädigungen der Gesundheit der Bestände bewirkt, wodurch kränkelnde Stämme, also normale Brutstätten für Borkenkäfer geschaffen werden. Die Veranlassung zur Nonnenkalamität wird dagegen einerseits durch besonders günstige Witterung während mehrerer sich folgender Jahrgänge, insbesondere im Frühjahr geschaffen, andererseits durch allerlei Faktoren, welche die bei der Nonne so sehr wirk-samen Feinde benachteiligen.

Es liegt in der Natur der Sache, daß auch zur Vorbeugung einer Borkenkäferkalamität ganz andere Mittel ergriffen werden müssen, als zur Vorbeugung einer Nonnenkalamität. Ebenso

kann der Einfluß, der dem Wirtschaftler zur Verhinderung einer Kalamität zu Gebote steht, hier und dort nicht der gleiche sein. Beim Borkenkäfer muß alles darauf ankommen, kränkelnde und absterbende Hölzer, also die Fraß- und Brutstätten so rasch und so viel wie möglich aus dem Walde zu entfernen. Gelingt dies, kann der relativ hohe eiserne Bestand dadurch in Schranken gehalten werden, dann bleibt der Borkenkäfer ungefährlich. Bei der Nonne und bei anderen primären Feinden kann der Wirtschaftler auf die Fraßstätten, das heißt auf die Gelegenheiten zur Ernährung und Fortpflanzung keinerlei Einfluß ausüben, der ganze gesunde Wald steht eben den primären Feinden offen und zur Verfügung, den sekundären normal nur der kranke und absterbende Teil des Waldes.

Auch kann der Wirtschaftler die Faktoren der Vermehrung der eisernen Bestände bei den primären Schädlingen kaum beeinflussen, die Witterungsverhältnisse gar nicht, die Feinde der Schädlinge nur wenig. Hier bleibt ihm nur die Möglichkeit, mit allen Mitteln der Vertilgung die rechtzeitig entdeckte Vermehrung der eisernen Bestände, die sogenannten Fraßherde, zu verfolgen und die Vermehrungsziffer dadurch herabzudrücken. Dieses letztere Mittel steht dem Wirtschaftler den Borkenkäfern gegenüber in viel wirksamerer Weise zur Verfügung, sei es durch die direkte Vernichtung der gefundenen Brutstätten, sei es auf indirektem Wege durch Anlockung mittelst Fangbäumen und nachträgliche Vernichtung.

Auch in bezug auf die Hilfsmittel der Erkennung einer Anschwellung der eisernen Bestände ist die Arbeit für den Wirtschaftler hier und dort eine sehr verschiedene. Bei den primären Feinden muß durch entomologische Beobachtung während des ganzen Jahres geprüft werden, ob das Insekt seine normale Vermehrungsziffer überschritten hat, bei den Borkenkäfern bedarf es nur zu gewissen Zeiten des Kontrollmittels der Fangbäume, an denen mit Leichtigkeit der quantitative Befall und damit der jeweilige Stand dieser Feinde für jedes Waldgebiet festgestellt werden kann.

Aus allem diesem geht hervor, daß der Wirtschaftler, falls nicht außergewöhnliche Naturereignisse, wie z. B. ausgedehnte sich wiederholende Stürme auftreten, und falls die nötigen Mittel an Geld und Arbeitskräften zur Verfügung stehen, unter Voraus-

setzung rechtzeitiger Erkennung und richtiger Inangriffnahme der zu Gebote stehenden Mittel, den Ausbruch einer Kalamität verhüten kann. Gefährlich wird der Borkenkäfer erst dann, wenn er sich in seinen ihm zusagenden Brutstätten zu einer solchen Höhe hat vermehren können, daß er dadurch gezwungen wird, primär zu werden, weil die Milliarden hungernder und brünstiger Käfer jetzt keine genügenden Brutstätten ihrer Wahl mehr finden können. Manche solcher Käfer, von ihren unabweisbaren Instinkten getrieben und nirgends mehr das zusagende Material findend, werden zwar in der saftigen Rinde der gesunden Bäume ihren Tod durch Ersticken finden, aber auch die Bäume werden dadurch, zunächst platzweise, zum Kränkeln gebracht. Solche kränkenden Stellen locken andere Käferscharen heran und schließlich obsiegt die Menge. Es ist dasselbe wie beim Kampf der Volksmassen gegen die reguläre bewaffnete Macht. Auch die letztere muß schließlich der Masse weichen.

Nun scheint bei dem Ansturm der Borkenkäfermassen ein wesentlicher Unterschied für die I und für die II Generation zu bestehen, insofern, als die erstere die Bäume vollsaftiger trifft, als die zweite. Nach meinen Beobachtungen in Pfullendorf am 4. August 1905 hatte kaum mehr ein Kampf bestanden zwischen dem Käfer und dem gesunden stehenden Baum. Die hohe Wärme hatte dem Borkenkäfer eine enorm erhöhte Lebensenergie verliehen, während der Baum unter dem für ihn keineswegs günstigen Einfluß der trockenen Hitze gestanden war. Ist erst der Fall eingetreten, in welchem der Borkenkäfer trotz seines stets sekundären Charakters infolge seiner Masse effektiv primär geworden ist, und auch die frohwüchsigsten und gesundesten Stämme nicht mehr verschont, auch in immer jüngere Bestände herabgeht, dann bleibt kein anderes Mittel übrig, als dem Borkenkäfer gleichsam voraneilend, alle befallenen Stämme niederzuhauen und unschädlich zu machen, noch ehe der Jungkäfer zum Ausflug gelangt ist, also ihm in der Niederwerfung der Stämme gleichsam den Rang abzulaufen und zuvorkommen. Sehr wichtig ist in diesem Falle die rechtzeitige Erkennung des Befallenseins der Bäume.

Da die Mutterkäfer das Bohrmehl aus ihren Gängen herauschaffen, so fällt von zahllosen Stellen der Rinde so lange feines Bohrmehl herab, als am Baume Brutgänge genagt werden, also

nach früherem, am einzelnen Gang zwei bis drei Wochen lang, am ganzen Baum etwa zwölf Tage länger. So lange also kann der Befall des Baumes durch Borkenkäfer relativ leicht erkannt werden, sei es durch die direkte Beobachtung des Herabrieselns des Bohrmehls (insbesondere gegen die Sonne), sei es durch die Feststellung seiner Ansammlung an allerlei Stellen am Baum und am Boden, insbesondere an Moos und Flechten, an den Schuppen der Borke, in Astwinkeln, Spinnweben. Durch Regenfälle kann dieses sonst so sichere Kriterium verwischt werden, und später hört es von selbst auf, sobald die Mutterkäfer ihre Gänge vollendet haben. Alle anderen Kennzeichen zur Feststellung des Befalls haben nicht die Sicherheit und damit nicht die Bedeutung des Bohrmehlausfalls. Die als befallen erkannten Bäume müssen gefällt und unschädlich gemacht werden.

Unsere vorausgegangenen Betrachtungen haben uns gezeigt, daß die Borkenkäfer als Feinde der Wälder einen ganz anderen Charakter tragen, als die so gefährlichen Großschmetterlinge. Diese Verschiedenheit ist tief begründet in ihrem ursprünglich sekundären Charakter und ist ein Segen für unsere Wälder. Wären diese verborgen hausenden minierenden Zwerge, denen infolge ihrer Lebensweise kein einziger wirksamer Feind, weder aus der organischen, noch aus der unorganischen Natur gegenübersteht, primär wie die Nonne oder der Kiefernspinner, so würde ihre Gefährlichkeit eine ungeheure sein, und es stünde uns kein Mittel gegen sie zur Verfügung. So aber können wir sie als Liebhaber der kränkelnden und welkenden Stämme durch Fangbäume nach Belieben anlocken und vertilgen, und dadurch jederzeit in Schranken halten und es ist uns stets wenigstens die Möglichkeit gegeben, jene Krisis zu vermeiden, bei welcher der sekundäre Charakter in den primären übergeht.

Beiträge zur Kenntnis  
der Radioaktivität der Mineralquellen

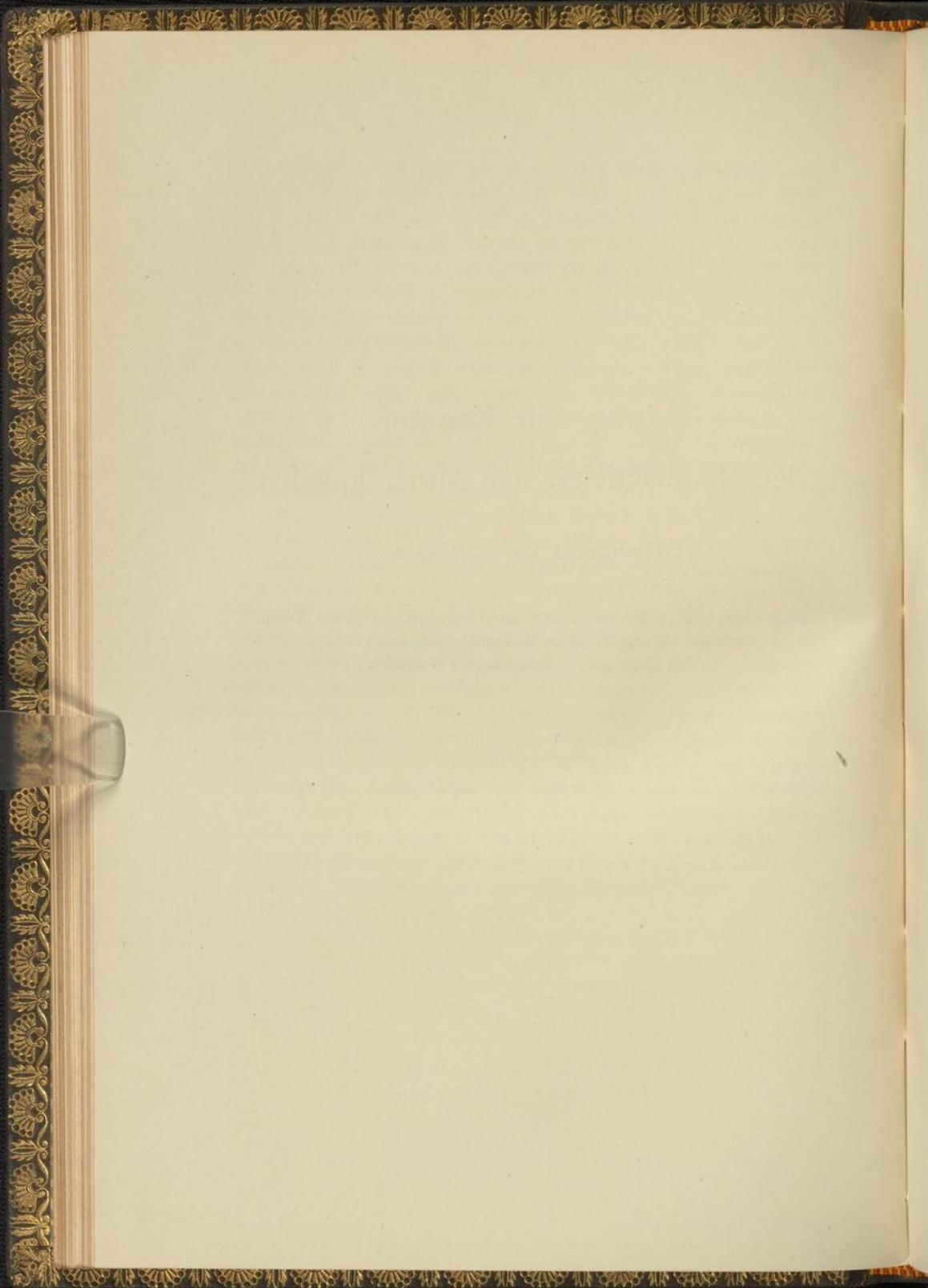
von

Geheimerat Dr. C. Engler.

---

Nach einem am 17. November 1905 im Naturwissenschaftlichen Verein  
Karlsruhe (Sitzungsberichte, 19. Band) gehaltenen Vortrage.  
Mit Ergänzungen durch neuere Versuche.

---



Als Liebig von seinem Arzte, Obermedizinalrat Dr. Pfeufer, einst geraten wurde, zur völligen Beseitigung der Nachwirkungen eines Beinbruches das Bad Gastein zu besuchen, meinte er ablehnend<sup>1</sup>: „Das Wasser habe ich ja untersucht und gar keinen besonderen chemischen Bestandteil darin gefunden, der eine Heilkraft entwickeln könnte.“ Der Arzt bestand aber auf seinem Rat, Liebig ging nach Gastein und kam geheilt zurück, worauf er jenem bemerkte, „chemische Ursachen kann das nicht haben, nur physikalische; es müssen magnetisch-elektrische Verhältnisse obwalten, welche so heilsam einwirken“. In der Tat, auch diesmal hatte der Altmeister recht, denn sind es auch in vielen Quellen, wie z. B. Karlsbad, Wiesbaden, Epsom, Kreuznach, Kissingen, Adelheidsquelle, Griesbach u. a. m., jedenfalls in erster Reihe die darin gelösten Salze mit Gehalt an Glaubersalz, Bittersalz, Eisen-, Jod-, Brom-, Schwefel- u. a. Verbindungen, auf denen ihre heilkräftige Wirkung beruht, so gibt es doch auch eine große Zahl von Mineralquellen, deren therapeutischer Wert auf solche Bestandteile entweder gar nicht oder doch nur zum Teil zurückzuführen ist, zu denen vor allem eine ganze Reihe von Thermalwassern, wie die von Gastein, Baden-Baden, Wildbad, Badenweiler, Battaglia, Bath, Plombières und sehr viele andere Thermal- und Mineralquellen, zu zählen sind, weil sich in denselben nur wenig oder gar keine Substanzen finden, die als Ursache ihrer Heilwirkungen angesehen werden können. Seit der Entdeckung des Radiums und der Erkenntnis der Tatsache,

<sup>1</sup> v. Völderndorff „Harmlose Plaudereien eines alten Münchners“ N. F. p. 237.

daß die von ihm ausgestossene Emanation fast überall in der Erdkruste zu finden, aber in den einzelnen Teilen derselben, so insbesondere auch in den Mineralquellen, sehr verschieden verteilt ist, befestigte sich immer mehr die Ansicht, daß sehr viele Heilquellen ihre Wirkung dem Radium, richtiger wohl der in dem Wasser derselben gelösten Emanation und der von dieser ausgehenden elektrischen Strahlung verdanken. Es ist doch auch wohl kaum nur ein Zufall, daß gerade viele Quellen, deren Wasser besonders arm an wirksamen „chemischen Bestandteilen“ sind, sich aber dafür durch hohe Radioaktivität auszeichnen, zu den altberühmtesten Gesundbrunnen gehören. Im Laufe der Jahrhunderte und Jahrtausende hat der Mensch auf dem Wege des Probierens und rohester Empirie doch allmählich — das lehrt auch die geschichtliche Entwicklung der Arzneimittellehre — herausgefunden, was ihm gut tut und für bestimmte Leiden und Gebrechen Heilung bringt.

An einzelnen Heilquellen hatte man zwar schon vor langer Zeit gewisse Symptome „elektrischer“ Eigenschaften wahrgenommen<sup>1</sup>, so insbesondere an denen von Gastein (1828) durch Baumgärtner und Marian Roller in bezug auf die raschere elektrolytische Zersetzung und die Bildung von relativ größeren Mengen von Wasserstoff als bei gewöhnlichem Wasser, ferner auch durch Scoutetten, welcher glaubte, gefunden zu haben, daß die Mineralwasser, z. B. das von Plombières, im Gegensatz zu gewöhnlichem Bachwasser elektronegativ seien, u. a. Aber diese vereinzelt, zum Teil auch nur von Dilettanten gemachten Wahrnehmungen, fanden keine Beachtung bei der zünftigen Wissenschaft, und es ging, wie es schon so oft gegangen ist: man sieht den Grund nicht ein und glaubt es nicht.

Nun kam das Radium. Nachdem Becquerel im Jahre 1896 die Uranstrahlen (Becquerelstrahlen) entdeckt hatte, gelang bald darauf dem Ehepaar Curie die Isolierung des Radiums und der Nachweis der Existenz eines zweiten radioaktiven Elementes, des Poloniums; weitere folgten: das Radiotellur von Marckwald, das Actinium von Debierne, das Emanium von Giesel, das Radioblei von K. Hofmann, in neuester Zeit das Radiothor von Elster und Geitel, und unabhängig von diesen von Hahn und

<sup>1</sup> Siehe bei Laborde „Le Radium“ Nr. 1, S. 2 u. 3.

Sackur, und andere mehr<sup>1</sup>, deren Reihe noch nicht abgeschlossen ist. Daß das Uran selbst ebenfalls radioaktive Eigenschaften, wenn auch viel schwächere, besitzt, war von Anfang an bekannt. Ob dies auch vom reinen Thor gilt, ist neuerdings sehr fraglich geworden. Indessen scheint die Radioaktivität, wenn auch nur in minimalem Grade, auch bei anderen Metallen viel verbreiteter zu sein, als man bisher angenommen hatte.

Weitaus am besten studiert ist von den radioaktiven Stoffen das Radium, über welches eingehende Untersuchungen, außer von seinen Entdeckern, insbesondere vorliegen von Ramsay, welcher dessen Umwandlung in Helium entdeckte, von Crookes, J. J. Thomson, Rutherford und Soddy, die es uns vor allem in seinem physikalischen Verhalten und seinen Zerfallstadien kennen lehrten, von Elster und Geitel, denen wir die Kenntnis seiner allgemeinen Verbreitung und der Methoden seiner Auffindung und genauen Bestimmung verdanken u. A. Ein ganzes Heer von Physikern und Chemikern wandte sich in der Folge diesem neuen Mysterium der Wissenschaft zu und suchte zur Aufklärung des über demselben schwebenden geheimnisvollen Dunkels beizutragen. Auch die medizinische Wissenschaft lenkte in Erkenntnis der therapeutischen Bedeutung des neuen Stoffes demselben ihre Aufmerksamkeit zu.<sup>2)</sup>

Reiht sich das Radium in seinem allgemeinen chemischen Verhalten den Elementen Calcium, Strontium und Barium an, so unterscheidet es sich von diesen und auch von allen übrigen Elementen aber aufs frappanteste durch seine Eigenschaft starker Strahlung, der es seinen Namen verdankt (radiare, strahlen). Es strahlt Licht aus, doch ist dies, wie die beiden Huggins festgestellt haben, kein Eigenlicht, sondern, wie das spektrale Verhalten beweist, Licht des durch lichtlose Strahlung zum Leuchten

<sup>1</sup> Inwieweit Polonium und Radiotellur, Actinium und Emanium sich voneinander unterscheiden, ist noch nicht sicher festgestellt.

<sup>2</sup> Verfasser wurde durch einen ihm übertragenen referierenden Vortrag über die Radiumfrage in der Generalversammlung des Vereins deutscher Chemiker (Frühjahr 1904) auf dieses neue Gebiet geführt. Zusage eines Auftrages der Großherzogl. Badischen Regierung, die Badener Thermen einer erneuten genauen chemischen Analyse zu unterwerfen und dabei auch deren Radioaktivität festzustellen, wurden seine Untersuchungen speziell auf die Prüfung der Methoden zur Bestimmung der Aktivität der Mineralquellen im allgemeinen gelenkt.

gebrachten Stickstoffs der umgebenden Luft. Dagegen findet eine fortwährende direkte Ausstrahlung von Wärme statt, deren Menge ungefähr 100 Wärmeeinheiten pro Gramm und Stunde beträgt. Die Temperatur des Radiumpräparats selbst ist stets etwa  $3^{\circ}$  höher als die seiner Umgebung und mit einem kleinen Quantum desselben ließe sich ein ganzes Zimmer dauernd heizen. Wir haben somit in dem Radium gewissermaßen ein ewiges Lämpchen, das nie gespeist, und einen kleinen Ofen, der nie geheizt zu werden braucht.

Die charakteristischsten Strahlen radioaktiver Stoffe bilden indessen die „Becquerelstrahlen“. Sie treten geradlinig aus, sind aber nicht homogen, können vielmehr durch die Wirkung des magnetischen Feldes in drei Strahlengruppen zerlegt werden: die  $\alpha$ -Strahlen, die gleich den Kanalstrahlen aus positiv geladenen Korpuskeln der Größenordnung des Wasserstoffatoms bestehen und über 95 Proz. der Gesamtstrahlung ausmachen, die den Kathodenstrahlen nahestehenden  $\beta$ -Strahlen, aus negativen Korpuskeln niederer Größenordnung als die Atome ( $\frac{1}{1000}$  bis  $\frac{1}{2000}$  eines Atoms Wasserstoff), den Elektronen, gebildet, und die den Röntgenstrahlen entsprechenden  $\gamma$ -Strahlen.

Außer diesen Strahlen gibt das Radium eine Emanation ab, welcher alle wesentlichen Eigenschaften eines Gases zukommen. Sie verbreitet sich durch Diffusion in der Luft und in anderen Gasen, läßt sich durch Abkühlung verdichten, ist in Wasser, auch in anderen Flüssigkeiten, löslich und kann aus diesen durch Erhitzen wieder ausgetrieben werden. In einer emanationhaltigen Luft sinkt deren Menge in 3,7 Tagen auf die Hälfte herab, erhält sich aber auf gleicher Höhe, wenn das Radiumpräparat mit der Luft in Berührung bleibt, durch Nachbildung einer der zerfallenen Emanation entsprechenden Menge.

Indem die Emanation als solche verschwindet, „abklingt“, verwandelt sie sich in „induzierte Aktivität“ um, die sich gleich einem Hauch oder Rauch auf festen Körpern niederschlägt; in verstärktem Maße, wenn diese negativ geladen sind. Man kann auf diese Weise durch Einbringen eines auf etwa — 2000 Volt geladenen Bleidrahtes die induzierte Aktivität auf letzterem sammeln und wie einen festen Niederschlag, am besten mittels eines mit Ammoniak getränkten Lederlappens, abwischen. Aber auch die induzierte Aktivität klingt ab, und zwar sinkt sie in

ca. einer Stunde auf die Hälfte herab. Nach Durchlaufung einer Reihe weiterer Zerfallstadien bildet sie als Endprodukt in der Hauptsache Helium. Die meisten Übergänge von einem Zerfallstadium in ein folgendes sind mit Emission von Strahlen verbunden, wodurch der Mechanismus des Gesamtabbaues des Radiums ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -Strahlung, Emanation und deren Zerfallphänomene) zu einem sehr komplizierten Vorgang wird.

Bei Unterscheidung verschiedener radioaktiver Stoffe ist man ganz besonders auf die Feststellung dieser Zerfallstadien angewiesen, da die einzelnen derselben gerade durch die „Lebensdauer“ ihrer Zerfallprodukte charakterisiert und diese mittels des Elektroskopes leicht zu beobachten sind. Verschwindet von der Radiumemanation in 3,7 Tagen und von der daraus gebildeten induzierten Aktivität in einer Stunde die Hälfte, so klingt z. B. die Emanation des Radiothors schon in einer Minute auf die Hälfte ab, während seine induzierte Aktivität wieder viel beständiger ist und etwa  $11\frac{1}{2}$  Stunden gebraucht, um sich um die Hälfte zu vermindern. Auch die Zahl der Zerfallstadien ist für die einzelnen radioaktiven Elemente verschieden.

Eine plausible Vorstellung über die Ursache der Strahlung radioaktiver Stoffe können wir uns nur bilden auf Grund der Annahme einer Selbstzersetzung der Atome derselben, deren aufgespeicherte sehr große innere Energie — etwa wie bei endothermen Verbindungen — in einem fortwährend verlaufenden Prozeß der Entladung begriffen ist. Während aber die Geschwindigkeit des Verlaufs chemischer Reaktionen durch Änderung der äußeren Bedingungen variiert werden kann, läßt sich der Gang dieser Strahlung nicht beeinflussen. Wenn man deshalb nach bisheriger Definition als Elemente solche Stoffe bezeichnet, die wir mit keinen Mitteln zerlegen können, so trifft diese Definition insofern auch noch auf die radioaktiven Stoffe zu, als diese in der Tat nicht nach Willkür des Experimentators zerlegt und in der Geschwindigkeit dieses Vorganges verändert werden können, dieselben vielmehr lediglich einer freiwilligen Zersetzung unterliegen. Dabei nehmen wir an, daß einzelne Atome des Elementes aus Ursachen, die wir nicht kennen, explosionsartig zerplatzen und dabei Energiestrahlen und Emanation ausstoßen. Die Geschwindigkeit der ausgeschleuderten Korpuskeln ist verschieden; die der  $\alpha$ -Strahlen etwa 10 Proz.,

die der  $\beta$ -Strahlen 80—95 Proz. der Lichtgeschwindigkeit. Damit im Zusammenhang sowie mit der Masse der Korpuskeln steht ihr Durchdringungsvermögen, das für die  $\gamma$ -Strahlen größer ist als für die  $\beta$ -Strahlen und für diese wiederum erheblich größer als für die  $\alpha$ -Strahlen. So wird die Intensität der Strahlung nach Rutherford um die Hälfte reduziert beim Durchgang der

$\alpha$ -Strahlen	durch ein Aluminiumblech	von 0,0005 cm Dicke	
$\beta$ -Strahlen	" "	" "	0,05 cm "
$\gamma$ -Strahlen	" "	" "	8,0 cm "

Je dichter die Metalle und überhaupt die Materialien, desto weniger durchlässig sind sie.

Zu den charakteristischen Eigenschaften der von dem Radium ausgehenden Becquerelstrahlen gehört auch die Erregung der Fluoreszenz beim Auftreffen auf den Röntgenschild, eine mit Platincyanbarium bestrichene Fläche, welcher dadurch hellgrün aufleuchtet, oder auf einen mit Sidotblende überzogenen Schild, der dadurch ebenfalls aufleuchtet und das sogenannte Scintillieren zeigt. Dabei geht von den getroffenen Stellen ein kleiner Sprühregen heller Funken aus. Auch andere Stoffe, wie z. B. Quarz, Flußspat, gewisse Sorten Glas (besonders Thüringer), das dadurch eine wieder von selbst verschwindende violettbraune Farbe annimmt, werden durch Bestrahlung leuchtend, ganz besonders der Diamant, den man dadurch von Imitationen unterscheiden kann.

Ähnlich den Röntgenstrahlen und den ultravioletten Strahlen des Sonnenlichts zeigen auch die Radiumstrahlen photochemische Wirkung. Diese ist es ja auch gewesen, welche bei der Untersuchung des Verhaltens der Uransalze gegen lichtempfindliche Platten zur Entdeckung der Becquerelstrahlen und in weiterer Folge zur Auffindung des Radiums geführt haben. Man kann dieses Verhalten bis zu einem gewissen Grade zur Beurteilung der Stärke der Radioaktivität benutzen, da eine photographische Platte bei völliger Abhaltung gewöhnlichen Lichts um so mehr geschwärzt wird, je reicher an radioaktiver Substanz und je radioaktiver der zur Einwirkung auf die Platte gebrachte Stoff ist. Es lassen sich auf diese Weise vollständige Lichtbilder, sogenannte „Radiographien“ erzeugen, bei denen ähnlich wie bei Röntgenphotographien, nur weniger deutlich, die durchlässigeren Teile auf dem positiven Bilde entsprechend heller erscheinen.

Außer dieser zersetzenden Wirkung auf die Silberverbindungen der lichtempfindlichen Platte zeigen die Radiumstrahlen noch eine ganze Reihe anderer chemischer Wirkungen: Wasser zerfällt in seine Elemente, jedoch merkwürdigerweise unter Entwicklung von etwas weniger als 1 Vol. Sauerstoff auf 2 Vol. Wasserstoff; Jodoform scheidet Jod aus, Papier wird gelb und brüchig usw.

Besonderes Interesse, zumal im Hinblick auf die therapeutische Verwertung des Radiums und seiner Emanation, nimmt seine physiologische Wirkung in Anspruch. Die Haut wird durch Radiumbestrahlung heftig angegriffen, „verbrannt“, und Professor Curie zog sich, noch ohne Kenntnis dieser Wirkung, eine nur sehr langsam heilende Hautwunde dadurch zu, daß er ein Radiumpräparat einige Stunden ohne besonderen Schutz in der Tasche bei sich trug. Vor das geschlossene Auge gehalten, wird ein Lichtschein erzeugt, der auch von der Schläfe und dem Hinterkopf aus eintritt, indessen nicht infolge direkter Bestrahlung der Netzhaut, sondern indirekt durch fluoreszierendes Aufleuchten der Augenflüssigkeit. Bei längerer Einwirkung auf das Gehirn treten Lähmungserscheinungen auf, so daß Versuche dieser Art mit Vorsicht durchzuführen sind. — In stark radioaktivem Wasser sterben Fische, ebenso bei direkter Bestrahlung des Kopfes, Mäuse, kleine Vögel, Schmetterlinge u. a. kleine Tiere; Schmetterlingspuppen und Eier büßen ihre Entwicklungsfähigkeit ein. Besonders wichtig ist aber die experimentell nachgewiesene bakterizide Wirkung, da daraus auch auf die Möglichkeit einer Vernichtung von Krankheitserregern geschlossen werden kann. So glauben hervorragende Fachmänner schon günstige Wirkungen gegenüber Hautkrankheiten, Krebs, Rheumatismus, auch gegen Tollwut u. a. konstatiert zu haben; doch sind die Erfahrungen in dieser Richtung noch keineswegs abgeschlossen.<sup>1</sup>

Erreichen die Radiumstrahlen auch nicht die Intensität der Röntgenstrahlen — was übrigens in vielen Fällen nur ein Vorteil sein kann — und werden sie in der Chirurgie für Durchleuchtungszwecke die letzteren deshalb voraussichtlich auch nie ersetzen können, so zeichnen sie sich für andere Heilzwecke durch ihre mildere Wirkung und ihr infolgedessen relativ tieferes Eindringen

<sup>1</sup> Siehe darüber F. Bernard (Bull. gén. d. Therapeut. 1906, Bd. 151 S. 582. Chem. Ztg. 1906, Rep., S. 210). Ferner Stegmann & Just (Wien. Klin. Wochenschrift 1906 No. 25).

ohne gleichzeitig zerstörende Wirkung aus, vor Allem aber auch durch die Leichtigkeit und möglichen Vielartigkeit der Applikation: durch Bestrahlen mittels aufgelegter Radiumpräparate, Injektion radioaktiver Flüssigkeiten, Trinken natürlich aktiver Mineralwasser, Inhalieren emanationshaltigen Gases, Bäder etc.

Eine der eigentümlichsten Eigenschaften der Radiumstrahlen besteht aber darin, daß sie die von ihnen getroffene Luft, auch andere Gase, elektrisch leitend machen. Ein in solche Luft gebrachtes geladenes Elektroskop verliert also seine Ladung, die Blättchen sinken zusammen. Dabei bilden sich durch die Wirkung der Strahlen aus einem kleinen Teil (nur etwa ein Millionstel) der gewöhnlichen Gasmoleküle positiv- und negativ-elektrisch geladene neue Aggregate, die komplexer Natur aber auch Atome sein können, und die trotz ihrer relativ geringen Anzahl ausreichen, um die Entladung eines in dem Gase befindlichen geladenen Körpers zu vermitteln. Man bezeichnet diese Teilchen gewöhnlich als Ionen, obgleich sie mit den gewöhnlichen Ionen dissoziierter Lösungen nichts zu tun haben. Nach ihrer Bildung bleiben sie nur kurze Zeit erhalten und gleichen sich nach wenigen Minuten aus.

Da die Geschwindigkeit der elektrischen Entladung abhängt von der Zahl der Elektrizitätsträger, diese letzteren aber wieder von der Intensität der Strahlung, so besitzt man in der Schnelligkeit der Entladung eines Elektroskopes durch das Medium eines durch Radiumstrahlen jonisierten Gases ein Mittel zur Beurteilung und Messung der Stärke der Radioaktivität. So lange ein Gas unter der Einwirkung derselben Strahlenquelle sich befindet, bleibt auch seine Ionisierung und Leitfähigkeit erhalten.

Bei der Bestimmung der Radioaktivität verschiedener Stoffe muß nun aber berücksichtigt werden, daß die gewöhnliche atmosphärische Luft schon eine geringe zerstreue Wirkung besitzt. War man früher geneigt, diese Leitfähigkeit auf einen Gehalt der Luft an suspendierten kleinen Flüssigkeits- oder auch festen Teilchen wie Wasserdampf, Staub etc. zurückzuführen, so wiesen demgegenüber Elster und Geitel neuerdings nach, daß solche Suspensionen im Gegenteil die Leitfähigkeit verringern und daß auch ganz reine normale Luft an sich schon stets etwas jonisiert ist, also eine langsame Entladung des Elektroskopes herbeiführt.

Als Ursache erkannten sie die Anwesenheit von Emanation in der Atmosphäre, in welche sie durch Diffusion aus Bodenluft und in diese aus radioaktiven Bestandteilen der Erde gelangt. Letztere ist an verschiedenen Stellen je nach dem Gehalt der Materialien an radioaktiven Stoffen von sehr variabler Aktivität und dementsprechend natürlicherweise auch die damit in Berührung oder in Kommunikation stehende Luft. So findet denn auch in der Luft von Kellern, des Bodens, der Höhlen usw. unter Umständen starke Anreicherung der Radioaktivität statt, wie z. B. in der Baumannshöhle, deren Luft 7 bis 8 mal so aktiv ist, als die der freien Atmosphäre.

Aber auch abgesehen von lokaler Beeinflussung durch radioaktives Material der Erdkruste zeigen sich noch andere größere Verschiedenheiten. So z. B. findet in der Nähe des Meeres und auf großen Höhen raschere Entladung des Elektroskopes statt, als in gewöhnlicher Luft der Ebene. Und merkwürdigerweise scheinen, da das negativ geladene Elektroskop rascher entladen wird als das positiv geladene, auf den Höhen die positiven Elektrizitätsträger, welche die negative Elektrizitätsladung zerstreuen, viel reichlicher gebildet zu sein, als deren negative Antipoden. Man führt diese hohe Leitfähigkeit auf die Wirkung der schon in den hohen Luftschichten stark absorbierten ultravioletten Strahlen der Sonne zurück, wobei positive Träger entstehen.

Anders die hohe Leitfähigkeit der Luft gegenüber negativer Ladung in der Nähe des Meeres. Sie ist hier wahrscheinlich die Folge des Aufprallens der salzigen Teilchen des Meerwassers wobei nach einem Befunde Lenards vorwiegend positive Träger erzeugt werden, während reines, salzfreies Wasser dabei negative Träger liefert. Daher die erheblich stärkere Leitfähigkeit der Seeluft für negative Ladungen, der Luft in der Nähe von Wasserfällen dagegen für positive.

#### Die Bestimmung der Radioaktivität.

Die Stärke der Radioaktivität natürlicher Stoffe kann bei kräftiger Aktivität zwar annähernd nach deren Wirkung auf lichtempfindliche Platten, für stark aktive Präparate auch schon nach der Luminiszenzwirkung auf den Röntgenschild beurteilt werden, für genauere,

Messungen von schwachaktivem Material eignet sich jedoch nur die Bestimmung aus der durch Strahlung und Emanation herbeigeführten Leitfähigkeitszunahme der Luft, die sich mittels eines empfindlichen Elektroskopes mit solcher Schärfe feststellen läßt, daß man dabei noch die Anwesenheit des 150 000sten Teils derjenigen Quantität erkennen kann, die mittels des Spektralapparates noch wahrnehmbar ist.

Für solche Messungen kommen selbstverständlich möglichst empfindliche Elektroskope zur Anwendung, am meisten wohl das Exnersche, welches für die vorliegenden speziellen Zwecke von Elster und Geitel verbessert wurde. Aus der Geschwindigkeit, mit welcher das Elektroskop in einer emanationshaltigen durch die ausgesandten Becquerelstrahlen leitend gewordenen Luft entladen wird, beurteilt man unter Zugrundelegung bestimmter unten näher zu beschreibender Normalien die Stärke der Radioaktivität der bestrahlten Luft und daraus auch diejenige des Materials, welches mit der Luft in Berührung war.

**Bestimmung der Radioaktivität des Wassers von Thermalquellen und anderen Mineralquellen.** Zur Bestimmung der Radioaktivität eines Wassers kann man entweder nach dem Vorgange von J. J. Thomson, von Himstedt, Maché u. A. einen Luftstrom durch dasselbe hindurchleiten und darauf, da die Emanation wie jedes gelöste Gas von der durchströmenden Luft aufgenommen und mit fortgeführt wird, die Leitfähigkeit dieser Luft mittels des Elektroskopes feststellen, oder aber man kann das radioaktive Gas, um dessen Leitfähigkeit zu bestimmen, nach einer von Henrich benützten Methode durch Kochen des Wassers austreiben und in einem Behälter sammeln, oder endlich wird nach einem vom Verfasser in Gemeinschaft mit H. Sieveking zuerst angewendeten Prinzip das zu untersuchende Wasser in einem Blechbehälter mit dem Mehrfachen seines Volumens Luft durchgeschüttelt und dann die Leitfähigkeit dieser letzteren ermittelt. Da die auf wiederholter Zirkulation eines gleichen Volumens Luft durch das zu untersuchende Wasser basierte Messung der Leitfähigkeit mit ziemlichen Umständen verbunden ist und eine große Apparatur erfordert, auch relativ viel Zeit in Anspruch nimmt, ohne dabei besondere Gewähr für größere Genauigkeit zu bieten, wandten wir uns, nachdem wir einige Zeit nach der Zirkulationsmethode

gearbeitet hatten, der ausschließlichen Benützung des in folgendem geschilderten Apparates<sup>1</sup> zu.

Das Prinzip der Methode besteht darin, daß man in einem geschlossenen Behälter aus Metall eine bestimmte Menge des zu untersuchenden Wassers mit Luft kräftig durchschüttelt, so daß die Emanation zum Teil aus dem Wasser in die Luft übergeht und sich ein Gleichgewicht zwischen Wasser, Luft und Emanation herstellt, worauf man durch Einsenken des Zerstreuungskörpers eines Elektroskops und Laden des letzteren die Leitfähigkeit der Luft ermittelt. Letztere muß um so leitender sein, je mehr Emanation sie aufgenommen hat, d. h. je radioaktiver das Wasser ist.

In beistehender Figur 1 ist der Apparat abgebildet: A ist eine Kanne aus Messingblech, außen am besten vernickelt, von 22 cm Durchmesser und 25 cm Höhe des zylindrischen Teils. Der konische Deckel ist 3 cm hoch und trägt den 6 cm weiten, 1,6 cm hohen Hals, auf dem der Deckel d sitzt. Letzterer ist massiv gehalten und dient zugleich als Fuß des aufgesetzten Elektroskops Exnerscher Konstruktion, in der von Elster und Geitel für vorliegende Zwecke abgeänderten Form. Der vertikale Stiel mit den Aluminiumblättchen hängt oben in einem isolierenden Bernsteinstopfen

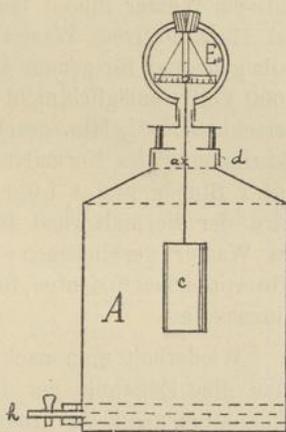


Fig. 1.

und verlängert sich nach unten in den Leitungsdraht, an den man bei a durch Bajonettverbindung den Zerstreuungskörper c anhängen kann. Hahn h hat den Zweck, für den Fall, daß in Folge Kohlensäuregehaltes beim Schütteln Überdruck in der Kanne entsteht, ein entsprechendes Quantum Wasser abzulassen. Der Gesamthalt der Kanne beträgt 10 Liter.

Für Durchführung einer Messung wird zunächst der Normalverlust bestimmt. Dazu gibt man bei abgenommenem Elektroskop 1 Liter destillierten oder eines anderen inaktiven Wassers in

<sup>1</sup> Der komplette Apparat, jetzt „Fontaktoskop“ genannt, wird von der Firma Günther und Tegetmeyer in Braunschweig geliefert.

Flasche A, verschließt mit einem großen Kautschukstopfen und schüttelt mäßig  $\frac{1}{2}$  Min. lang, stellt die Flasche ruhig hin, setzt nach Ablauf des Wassers das Elektroskop auf und lädt das letztere durch Berührung der Leitstange mittels eines geriebenen Ebonitstäbchens auf 200 bis 300 Volt. Bei der Kapazität unseres Apparates von 13,6 beträgt der Potentialabfall in gewöhnlicher Luft unter sonst normalen Verhältnissen 15 bis 30 Volt in der Stunde (Normalverlust).

Das zu untersuchende Wasser wird, sofern es nicht schon kalt ist, durch Abkühlung auf Zimmertemperatur gebracht und in genau abgemessener Menge in die Flasche gegeben. Bei mittelaktivem Wasser nimmt man 1 Liter, bei ganz schwach aktivem 2, bei stark aktivem Wasser  $\frac{1}{2}$  beziehungsweise  $\frac{1}{4}$  Liter; jedenfalls gehe man für genaue Messungen über einen Potentialabfall von 4000 Volt womöglich nicht hinaus. Nun wird wieder mit Stopfen verschlossen,  $\frac{1}{2}$  Min. geschüttelt und genau so verfahren, wie bei Bestimmung des Normalverlustes. Von dem jetzt erhaltenen und auf 1 Stunde und 1 Liter Wasser umgerechneten Potentialabfall wird der Normalverlust in Abzug gebracht, der Restbetrag der im Wasser verbliebenen Emanation unter Zugrundelegung des Absorptionskoeffizienten, für gewöhnliche Temperatur 0,23, dagegen hinzuaddiert.

Wiederholt man nach nur kurzer Zeit die Messung, so findet man eine Zunahme der Leitfähigkeit, was durch die aus der Emanation gebildete „induzierte Aktivität“, welche stärker zerstreudend wirkt, veranlaßt ist. — Die Korrektur der durch induzierte Aktivität hervorgerufenen Aktivitätszunahme wird in folgender Weise durchgeführt. Man leere nach beendigter Ablesung die Kanne, entferne sämtliche Luft durch Vollgießen der Kanne mit inaktivem Brunnen- oder Flußwasser, lasse das letztere wieder ablaufen und bestimme eine Viertelstunde nach der letzten Ablesung mit dem Versuchswasser neuerdings den Potentialabfall. Da die induzierte Aktivität des Radiums in  $\frac{1}{4}$  Stunde auf 90 % des Anfangswertes sinkt, so hat man den gefundenen Aktivitätswert mit  $\frac{10}{9} = 1,1$  zu multiplizieren, um denjenigen Wert zu erhalten, den man für die induzierte Aktivität abzuziehen hat.

Nach dem Vorschlage H. Maches rechnet man den gefundenen Potentialabfall auf elektrostatische Einheiten (E. S. E = i)

um, multipliziert diese aber, um keine zu kleinen Zahlen zu erhalten, mit 1000 (Mache-Einheit =  $i \times 10^3$ ).

Auch die Natur der Strahlung läßt sich mittels des beschriebenen Apparates ziemlich genau bestimmen. Man hat nur die Geschwindigkeit der Abklingung der induzierten Aktivität durch eine Reihe aufeinanderfolgender Beobachtungen festzustellen, um sie in einer Kurve graphisch darzustellen.

Genauer wird aber diese Feststellung, wenn man aus einer größeren Menge des Versuchswassers die Emanation mittels Luft auf dem Zirkulationswege in ein Blechgefäß von etwa

200 Liter hineintreibt, einen Bleidraht von ca.  $\frac{1}{2}$  m Länge einsenkt, auf —2000 Volt oder mehr lädt und nun für die auf dem Drahte niedergeschlagene induzierte Aktivität die Abklingungskurve bestimmt. Nach dieser Methode wurde für das Wasser der Büttquelle in Baden-Baden die nebenstehende Kurve (Fig. 2) ermittelt und dadurch die Natur des in dem Wasser

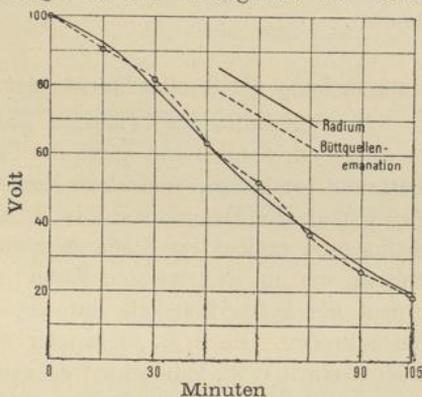


Fig. 2.

gelösten radioaktiven Stoffes als diejenige der Radiumemanation bestimmt.

Wenn festgestellt werden soll, ob in einem Wasser neben Emanation auch noch Radium als solches in irgend einer Salzform gelöst ist, so wird dasselbe gründlich ausgekocht, wieder abgekühlt und in dem Apparat in gewöhnlicher Weise geprüft. Zeigt es jetzt oder nach einiger Zeit noch Aktivität, so rührt sie von gelöstem Radiumsalz her. In vielen Fällen lassen sich in aktivem Wasser ganz geringe Mengen davon nachweisen.

**Bestimmung der Radioaktivität fester Stoffe.** Dieselbe kann mittels des von Elster und Geitel angegebenen Apparates erfolgen, doch läßt sich dazu auch mit Vorteil das etwas

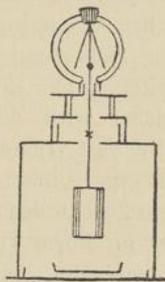


Fig. 3.

abgeänderte, oben beschriebene „Fontaktoskop“ verwenden. Statt des fest mit der Kanne verbundenen Bodens zeigt die nebenstehende Figur 3 eine Messingplatte mit aufgesetztem Rand, über welchen ein weiter Blechzylinder gestülpt wird. Der obere Teil des Apparates hat dieselbe Einrichtung wie die Flasche für die Messung der Aktivität des Wassers. Die zu untersuchende feste Substanz wird auf einem Teller oder einer Schale ausgebreitet (Normalmenge 125 Gramm) und nun der Potentialabfall in gewöhnlicher Weise mittels des Elektroskopes beobachtet. Nach dieser Methode wurde eine Reihe von Quellsedimenten auf Radioaktivität geprüft.

#### **Untersuchung der Quellsedimente der Thermen von Baden-Baden.**

Der Schlamm der Thermen hat, wie wir wissen, schon in alter Zeit, ähnlich wie heute der Fango der Thermalquellen von Battaglia bei Padua, vielfach zu Heilzwecken gedient. In neuerer Zeit hat die Entdeckung von Elster und Geitel<sup>1</sup>, daß in solchen Sedimenten radioaktive Stoffe sehr oft in weit größerer Konzentration wie in den meisten Erden und Mineralien vorkommen, erneut die Aufmerksamkeit auf diese Materialien gelenkt, deren beste Proben, wie z. B. diejenigen einiger Quellen von Baden-Baden, einen etwa hundertmal so großen Gehalt an radioaktiver Substanz zeigen, wie der Fango.

Der Schlamm setzt sich teils schon in den Quellenbecken selbst, vornehmlich aber in den Leitungen ab, die das Wasser der Quellen zu den Bädern führen. Merkwürdigerweise sind sowohl die von den verschiedenen Quellen desselben Thermalgebietes abgesetzten Sedimente als auch die von ein und derselben Quelle an verschiedenen Stellen der Leitung niederfallenden Schlamme von sehr verschiedener Beschaffenheit. Je weiter man sich vom Quellenaustritt entfernt, um so kalkreicher wird der Schlamm; in den letzten Sammelbehältern fällt fast reines Calciumkarbonat aus. Man kann annehmen, daß die Bildung des Schlammes von zwei Faktoren abhängt, dem Zutritt des Sauerstoffs der Luft einerseits und dem Verluste der in Form von Bikarbonaten halb gebundenen Kohlensäure andererseits. Dies erklärt die z. B. bei der Ursprung- und Kloster-

<sup>1</sup> J. Elster und H. Geitel, Phys. Zeitschr. V p. 321, 1904.

quelle auffällige Erscheinung, daß am Quellenaustritt ein dunkler, mangansuperoxyreicher, am Ende der Leitung ein heller, kalkreicher Schlamm ausfällt. Bei allen Quellen ist der zuerst ausfallende Schlamm am stärksten radioaktiv, was sich leicht dadurch erklärt, daß gelöste radioaktive Stoffe, wie man sehr oft beobachten kann, durch den ersten erzeugten Niederschlag zum größten Teil mitgerissen werden.

Die Verschiedenheit der Zusammensetzung der Sedimente der einzelnen Quellen zeigt folgende Tabelle, die die Resultate der auf meine Veranlassung durch die Herren Assistent Ed. Hoffmann (I, II, III), Schohl (IV) und Assistent Frommel (V) ausgeführten Analysen enthält.

100 g enthalten	Schlamm der				
	Friedrichs- Quellen	Ursprung- Quelle	Kloster- Quelle	Kirchen- Quelle	Freibad- Quelle.
Ba SO <sub>4</sub> . . . .	0,660	0,400	2,404	—	4,769
Ca SO <sub>4</sub> . . . .	0,952	0,942	4,464	1,348	4,314
Ca <sub>3</sub> (As O <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .	0,412	0,805	0,332	0,613	0,106
Mn CO <sub>3</sub> . . . .	1,138	—	—	—	2,119
Ca CO <sub>3</sub> . . . .	13,222	39,160	12,750	9,566	21,215
Ca Si O <sub>3</sub> . . . .	18,890	1,763	4,477	4,312	3,602
Al <sub>2</sub> (Si O <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> . .	27,490	25,915	18,078	18,074	17,016
Mg Si O <sub>3</sub> . . . .	8,176	11,639	2,002	12,891	5,886
Si O <sub>2</sub> . . . . .	5,276	1,850	29,740	16,903	19,232
Mn O <sub>2</sub> . . . . .	—	3,440	5,360	3,962	2,760
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . .	18,540	8,312	9,350	25,410	13,421
Ti O <sub>2</sub> . . . . .	0,730	0,696	0,279	0,536	0,440
H <sub>2</sub> O . . . . .	6,570	4,100	11,780	5,311	4,565
	102,056	99,022	101,016	98,926	99,445
Spuren . . . . .	Kupfer	Kupfer	Kupfer	—	Kupfer
„ . . . . .	—	Wolfram	—	—	Wolfram
„ . . . . .	—	Phosphors.	—	—	—
Aktivität					
125 g Volt/Stdn.	1000	3000	4000	700	2500

Die am Ende noch angeführten Zahlen für die Aktivität der einzelnen Schlammarten entstammen zum Teil einer Arbeit von Elster und Geitel<sup>1</sup>, zum Teil sind sie im hiesigen Laboratorium neu bestimmt worden.

Schon an dieser Stelle sei auf den relativ hohen Gehalt verschiedener Schlamme an Bariumsulfat, dessen Anwesenheit mit dem Radium höchst wahrscheinlich in naher Beziehung steht, aufmerksam gemacht. Gerade das an Bariumsulfat reichste Sediment (Freibadquelle) erwies sich in der Folge als dasjenige, aus dem sich ein relativ reiches, deutlich selbstleuchtendes Radiumpräparat herstellen ließ. — Mit besonderer Sorgfalt wurden alle Schlammarten auf die Anwesenheit von Thor geprüft, es gelang jedoch auch unter Anwendung der schärfsten Methoden nicht, auch nur eine Spur dieses Elementes aufzufinden.

Von Interesse ist der hohe Gehalt an Mangan, welches teils als Mangansuperoxyd in den dunkeln Schlammern, teils als Mangankarbonat in den hellen Sedimenten vorhanden ist. Es liegt hier eine interessante Analogie mit den Sedimenten und Neubildungen (Reisacherit) der stark radioaktiven Gasteiner Thermalquellen vor. Auch die Anwesenheit relativ bedeutender Mengen Titan, sowie Spuren von Kupfer in sämtlichen Quellsedimenten und von Wolfram in einigen derselben verdient gegenüber früheren Befunden Beachtung.

Es war aber nicht allein der starke Gehalt an radioaktiver Substanz an sich, der den Schlamm zu einem so interessanten Objekt für wissenschaftliche Untersuchungen machte.

Die physikalische Analyse hatte zu einem merkwürdigen Resultat geführt. Dieselbe gestattet, wie weiter oben ausgeführt, aus der Kurve der Abklingung der durch ein radioaktives Material induzierten Aktivität einen Schluß auf das die Aktivität bedingende radioaktive Element zu ziehen. Elster und Geitel hatten nach dieser von ihnen ausgearbeiteten Methode den Schlamm geprüft, aber keine Kurve gefunden, die mit einer der für die bekannten radioaktiven Elemente charakteristischen übereinstimmte. Es lag also ein neues bis dahin unbekanntes radioaktives Element vor oder, und dieser Ansicht neigten die beiden Forscher zu,

<sup>1</sup> loc. cit.

man hatte mit der Anwesenheit mehrerer zu rechnen, deren Kurven sich übereinander gelagert hatten. Unsere Prüfung des Ursprung-Schlammes führte, wie die nebenstehende Abbildung, Fig. 4, zeigt, zu einem ganz ähnlichen Verlauf der Kurve.

Klarheit konnte hier also nur eine chemische Zerlegung schaffen, die auch, auf Anregung des Sanitätsrates Schliep in Baden, zuerst von Elster und Geitel unternommen wurde.<sup>1</sup>

200 g Schlamm der Ursprungsquelle wurden mit konzentrierter Salzsäure ausgezogen und in der salzsauren Lösung mit Schwefelsäure eine Fällung erzielt, die im wesentlichen aus Bariumsulfat bestand und stark aktiv war, deren physikalische Analyse jedoch noch keinen sicheren Schluß auf das darin enthaltene radioaktive Element zuließ. Im Filtrat ließ sich mit Ammoniak eine beträchtliche Menge Substanz fällen, die vorwiegend aus Oxyden des Eisens und Mangans bestand, aktiv war und nach der physikalischen Analyse Thor enthalten mußte, es gelang jedoch nicht, dasselbe chemisch darin nachzuweisen.

Der Bariumsulfatniederschlag wurde in Lösung gebracht und aus der Lösung durch Fällen mit Ammoniak ein Niederschlag erhalten, der aus den durch die Bariumsulfatfällung mitgerissenen Oxyden bestand. Er war stark aktiv und die Aktivität sollte nach der physikalischen Analyse auch hier durch Thor bedingt sein. Merkwürdigerweise zeigte er eine viel größere Aktivität als ein gleichschweres Thorpräparat. Die Aktivität ließ sich sogar durch Auflösung und Wiederfällen mit Oxalsäure noch erheblich konzentrieren.

Das vermutete Radium sollte sich im Filtrat von der letzten

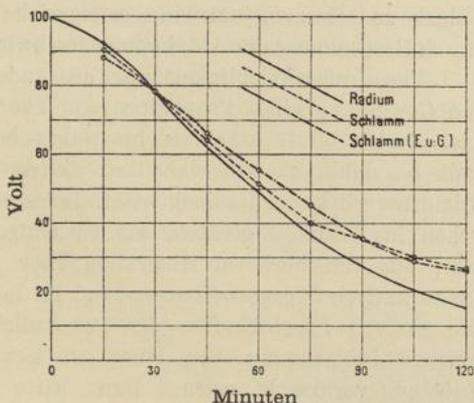


Fig. 4.

<sup>1</sup> J. Elster und H. Geitel, Phys. Zeitschr. VI p. 67, 1905.

Ammoniakfällung befinden. Es gelang auch, durch Eindampfen einige stark aktive Kryställchen zu erhalten. Die Gesamtaktivität war jedoch zu schwach, um eine erfolgreiche physikalische Analyse durch Bestimmung der Abklingungsgeschwindigkeit zu ermöglichen.

Von großer Wichtigkeit war das andere erhaltene Resultat; die Gewinnung eines Präparates, das Thoremation abgab, aber viel stärker aktiv war, als bis dahin bekanntes Thor. Dieses galt bis dahin als ein einheitlich aktiver Körper von einer bestimmten Stärke der Radioaktivität. Indessen war diese Anschauung schon ins Wanken geraten, als es einigen Forschern gelungen war, aus verschiedenen Mineralien Thor zu gewinnen, das gar keine aktiven Eigenschaften zeigte. Es lag nahe zu denken, daß die aktiven Eigenschaften des gewöhnlichen Thors durch eine geringe Beimengung von einer an sich viel stärker aktiven Substanz verursacht seien. Dann hätte es aber auch möglich sein müssen, diese Substanz in konzentrierterer Form zu gewinnen, was aber bisher nicht gelungen war. Man sieht leicht, von welcher Bedeutung für diese Frage die Resultate der Forschungen von Elster und Geitel waren.

Diese selbst waren in der Bewertung ihrer Ergebnisse sehr vorsichtig. Das stärkste ihrer Thorpräparate hatten sie aus einer Lösung erhalten, die vermutlich auch Radium enthielt. Sie erachteten es doch nicht für ganz ausgeschlossen, daß Radium oder eine andere stark aktive Substanz (Emanium, Aktinium) für die abnorme Aktivität ihrer Thoremation gebenden Präparate verantwortlich zu machen sei und sie glaubten deshalb, die Frage mit den geringen Mengen Material, die ihnen zur Verfügung standen, nicht entscheiden zu können.

Auf Veranlassung von mir griff Herr F. A. Weber diese Frage auf. Es standen anlässlich der Reinigung der Stollen der Quellen einige Kilogramm stark aktiven Schlammes zur Verfügung, bei deren Verarbeitung wir uns der überaus wertvollen persönlichen Auskunfterteilung der Herren Professoren Elster und Geitel zu erfreuen hatten. Es sei ihnen, ebenso wie Herrn Professor Giesel, auch an dieser Stelle für ihre Unterstützung der verbindlichste Dank ausgesprochen.

Zunächst gelang es, die Versuchsergebnisse von Elster und Geitel durch Wiederholung zu bestätigen.

Für die Verarbeitung einer größeren Menge Schlamm, zunächst

2 kg der Ursprungquelle, wurde eine andere Methode gewählt. Das Material wurde unter Zusatz von Schwefelsäure mit Salzsäure ausgekocht. Wie erwartet, fand sich das Radium mit dem durch die Schwefelsäure unlöslich gemachten Barium im Rückstand. Hier konnte es durch die physikalische Analyse nachgewiesen werden. Nach Aufschließen des Rückstandes durch Kochen mit Alkalikarbonat-Lösung ließ es sich zusammen mit dem vorhandenen Barium isolieren und auch durch fraktionierte Krystallisation von der größten Menge desselben trennen. Ein derart durch oft wiederholtes Umkrystallisieren der ersten Aus-

scheidungen erhaltenes Präparat zeigte ein ganz schwaches

Selbstleuchten und brachte den Platincyanbariumschirm zum Fluoreszieren. Nebestehend ist in Fig. 5 der Verlauf der Abklingungskurve im Vergleich mit derjenigen des reinen Radiums nach Curie abgebildet.

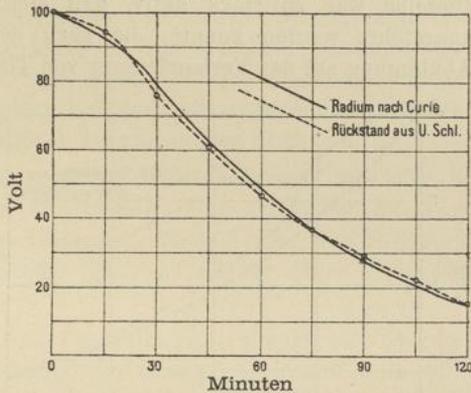


Fig. 5.

Das andere aktive Element war beim Kochen mit Salzsäure in Lösung gegangen, wie sich dies zeigte, als sie mit Ammoniak gefällt wurde. Der erhaltene Niederschlag, hauptsächlich aus Oxyden des Eisens und Mangans bestehend, war stark aktiv; die physikalische Analyse wies auf einen Gehalt an Thor hin. Ein Versuch, dasselbe mit Oxalsäure zu fällen, mißlang wie zu erwarten war, da ja, wie die chemischen Analysen unzweifelhaft festgestellt hatten, Thor nicht in chemisch nachweisbaren Mengen im Schlamm enthalten war.

Um die aktive Substanz von der großen Menge des Eisens und Mangans zu trennen, wurde ein gegenüber den bisherigen abgeändertes Verfahren eingehalten. Der gesamte Niederschlag wurde in konzentrierter Oxalsäure gelöst. In dieser Lösung wurde durch Zusatz von Schwefelsäure und nachher von etwas Bariumsalz eine Fällung von Bariumsulfat künstlich hervorgerufen.

Es zeigte sich, daß, wie erwartet, der größte Teil der aktiven Substanz mitgerissen worden war. Das Bariumsulfat zeigt diese Eigenschaft manchmal auch in salzsaurer Lösung. Man hatte dann jedoch nie mit Sicherheit auf ein Resultat rechnen können. In den allermeisten Fällen wurde nichts mitgerissen, während dies, wie spätere Versuche zeigten, in stark oxalsaaurer Lösung immer der Fall war.

Die Bariumsulfatfällung wurde aufgeschlossen und aus der Lösung mit Ammoniak eine geringe Menge Substanz gefällt. Dieselbe war so stark aktiv, daß eine physikalische Analyse ausgeführt werden konnte, die nach der Geschwindigkeit der Abklingung auf das Vorhandensein von Thoremation wies, während wir andererseits festgestellt hatten, daß das Thor selbst in

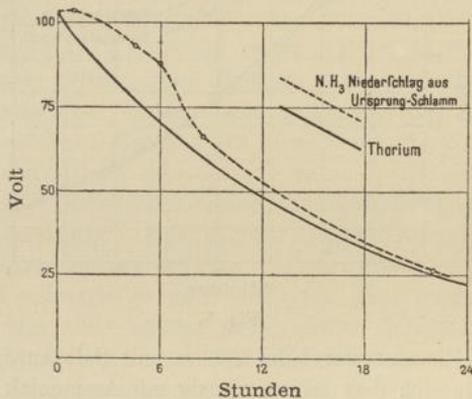


Fig. 6.

Spuren nicht nachzuweisen war. Nebenstehend in Fig. 6 die beobachtete Abklingungskurve der induzierten Aktivität des Bleidrahtes: Gegenüber der gewöhnlichen Thorkurve zeigt der Verlauf der von uns beobachteten Abklingungskurve das für sehr schwache Thoremation charakteristische anfängliche Ansteigen. Bei dem so erhaltenen Präparat war jetzt eine Beeinflussung der Aktivität durch einen Radiumgehalt ausgeschlossen, da die Lösung, aus der es gewonnen war, kein Radium enthalten hatte, das ja, wie erwähnt, von vorneherein im Rückstand geblieben sein mußte, während Elster und Geitel ihr Präparat aus einer Lösung ausgeschieden hatten, die noch eine andere aktive Substanz enthielt.

Nach derselben Methode wurden auch 2,5 kg Schlamm der Klosterquelle verarbeitet und die Anwesenheit von Radium nachgewiesen. Die Thoremation gebende Substanz war darin

in zu geringer Menge enthalten, um durch die physikalische Analyse mit Sicherheit erkannt zu werden.

Umgekehrt liegen die Verhältnisse bei dem Schlamm der Kirchenquelle, in welchem Herr Schohl Thoremanation gebende Substanz nach der oben beschriebenen Methode konzentrieren und identifizieren konnte, während sich der wahrscheinlich sehr geringe Radiumgehalt dem Nachweis entzog. Dieser Befund steht in Übereinstimmung mit dem Fehlen des Bariumsulfates in dem Schlamm dieser Quelle (siehe S. 81).

Herrn Frommel ist es dann in meinem Privatlaboratorium gelungen, aus 1 kg Schlamm der Freibadquelle ein stark selbstleuchtendes Präparat von Radium-Bariumbromid zu gewinnen. Auch hier zeigt sich eine Übereinstimmung in dem hohen Radiumgehalt mit der relativ großen Menge des in dem Schlamm aufgefundenen Bariumsulfates (4,77 p. C.).

Während der Dauer dieser Untersuchungen war aus dem Laboratorium von Sir. W. Ramsay eine Arbeit von O. Hahn<sup>1</sup> erschienen, die sich ebenfalls mit einem Körper beschäftigte, der Thoremanation aussendete, aber viel stärker aktiv als gewöhnliches Thor war.

In Ceylon hatte man ein neues Mineral gefunden, das, da es 75 Prozent Thor enthielt, den Namen Thorianit bekam. Es zeichnete sich durch ungewöhnlich starke Aktivität aus. Ramsay kaufte die ganze verfügbare Menge von 2,5 Zentner.

In einer Fabrik wurde das Material auf radiumhaltiges Barium verarbeitet. Hieraus sollte O. Hahn durch fraktionierte Krystallisation der Bromide ein Radiumpräparat gewinnen. Unregelmäßigkeiten bei der Anreicherung der Aktivität führten zu der Entdeckung, daß neben dem Radium noch eine andere aktive Substanz zugegen war, die Thoremanation aussendete, nach der Reinigung schließlich aber mehrere hunderttausendmal so aktiv war, als gewöhnliches Thor. Hahn gab ihr den Namen Radiothor, weil es wahrscheinlich war, daß sie das erste Umsetzungsprodukt des Thors darstelle.

<sup>1</sup> O. Hahn. Proc. Roy. Soc. 76, 115—117, 1905.

Die ersterwähnten Untersuchungen lassen keinen Zweifel mehr daran, daß im Thermalschlamm der Badener Quellen ebenfalls Radiothor enthalten ist und daß somit den Herren Elster und Geitel der Ruhm gebührt, die Existenz dieses neuen Elementes, welches die Thorcurve zeigte, indessen kein Thor sein konnte, an der Abklingungskurve im Baden-Badener Thermalquellenschlamm als möglich oder wahrscheinlich zuerst beobachtet zu haben. Der definitive Nachweis des Vorhandenseins von Radiothor und ebenso die Isolierung des Radiums und dessen Identifizierung durch die Abklingungskurve ist durch die vorstehend beschriebenen Versuche erbracht worden.

Wie schon oben bemerkt, konnte Thor in keiner der untersuchten Schlammarten nachgewiesen werden, ebenso wenig gelang aber auch der Nachweis von Uran, trotzdem dabei aufs sorgfältigste nach dem neuerdings auch von Zerban<sup>1</sup> empfohlenen Laubeschen Verfahren<sup>2</sup> gearbeitet wurde. Will man deshalb der aus guten Gründen stark betonten Auffassung zustimmen, daß auf primärer Lagerstätte sich das Radium stets in Gesellschaft von Uran befindet — und ebenso wohl auch die aktiven Thorsubstanzen stets in Gesellschaft gewöhnlichen Thors —, so ist daran zu denken, daß der Quellschlamm ein sekundäres Produkt ist, das sich aus den in tieferen Gesteinschichten ausgelaugten, an der Luft zum Teil wieder ausgeschiedenen Stoffen zusammensetzt. Dabei ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß durch beispielsweise kohlen säurehaltiges Wasser nur das Radium und nicht das Uran, nur der aktive Thorbegleiter und nicht das Thor in Form von Bikarbonat gelöst wird, sich also schon in der Tiefe ein natürlicher Scheidungsprozeß vollzieht, infolgedessen Uran und Thor dort zurückbleiben.

Unsere erste Vermutung, daß die radioaktiven Bestandteile der Badener Thermen stets mit dem Mangan gehen, weil in der Tat mehrere der zuerst von uns untersuchten, dunkeln mangan-superoxydreichen Schlamme sich als besonders stark aktiv erwiesen, eine Wahrnehmung, welche Mache auch bei den Gasteiner Quellschlammen gemacht hat, ließ sich für die Badener Thermen nicht als endgültig richtig erweisen, denn die Aktivität des

<sup>1</sup> Berl. Ber. 36, 39 II; 38, 557.

<sup>2</sup> Zeitschr. f. angew. Chemie 1889, 575.

Schlammes der Büttquelle und der Kühlquelle mit 17,64 bzw. sogar 41,73 Prozent<sup>1</sup> Mangansuperoxydgehalt entspricht entfernt nicht diesem hohen Mangansuperoxydgehalt. Da es sich ferner hierbei um die beiden kühleren Quellen der Thermen von Baden-Baden handelt und da das Wasser der Büttquelle bei ganz schwach aktivem Schlamm die höchste Aktivität aufweist, so kommt man zu der Annahme, daß die radioaktiven Stoffe sich hauptsächlich nur in der Hitze rasch genug mit dem Mangan ausscheiden. Bezüglich des Radiums, welches in seinem chemischen Verhalten mit dem Barium geht, ist an die Ausscheidung in Form unlöslicher Manganitverbindungen zu denken. Schon lange sind ja solche von Barium und von Calcium bekannt. Dabingehende Versuche, wobei in einer nur minimale Mengen Radiumbromid enthaltenden Flüssigkeit zugesetztes Mangansalz in Superoxydform ausgeschieden wurde, haben diese Voraussetzung bestätigt, fast die gesamte Aktivität der Radiumlösung befindet sich im Mangansuperoxyd-Niederschlag. Bemerkenswert bleibt immerhin die im allgemeinen hohe Aktivität des Schlammes oder des Wassers bei hohem Mangansuperoxydgehalt des ersteren.

Von anderen Elementen, welche früher schon mit dem Vorkommen von radioaktiven Stoffen in Verbindung gebracht wurden, ist neben dem Barium nur noch das Titan zu nennen, dessen Mengen indessen auch nicht in Proportionalität mit der Aktivität von Schlamm oder Wasser steht.

Aus welchem Gestein und welchen Gesteinsbestandteilen die Badener Thermen ihre Radioaktivität entnehmen, ist somit noch nicht aufgeklärt. Kommen sie, worauf der sehr ähnliche Salzgehalt schließen läßt, aus einer gemeinschaftlichen Urquelle, die sich durch verschiedene Spalten und Risse der Gesteinsschichten in die einzelnen Quellen teilt, so kann die Aufnahme der Radioaktivität ebensowohl schon in der Tiefe der Urquelle erfolgen, als auch, da die geteilten Quellarme im ganzen die gleichen Gesteinsschichten passieren, in höheren Regionen. Die verschiedene Temperatur der Quellen ist wohl nur die Folge des verschiedenen raschen Laufes ihres Wassers in den oberen kälteren Schichten,

<sup>1</sup> Der hohe Gehalt des Schlammes der Kühlquelle an Mangansuperoxyd wurde durch eine in der Großh. chem.-technisch. Prüfungs- und Versuchsanstalt ausgeführte Analyse konstatiert, welche mir Herr Geh. Oberbergrat Honsell freundlichst zur Verfügung stellte.

wobei das langsamer aufsteigende Wasser sich stärker abkühlt, als das rasch laufende. Andererseits kann das heiße Wasser weniger Radiumemanation gelöst halten, zumal wenn auch nach oben zu der Druck abnimmt, wodurch es sich erklären dürfte, daß die kühleren Quellen die radioaktivsten sind. Im ganzen halte ich es für wahrscheinlicher, daß die radioaktiven Stoffe der Badener Thermen nicht aus großen Tiefen der Erde heraufdringen, sondern den oberen Verwitterungsschichten entstammen.

Die Thermalquellen von Baden-Baden entspringen einem auf dem rechten Ufer des Oosbaches gelegenen Bergabhang, der auf seiner ersten Terrasse das noch bewohnte Großh. Schloß trägt. Das Gestein gehört dem unteren Rotliegenden an und besteht in der Hauptsache aus Tonschiefer mit einzelnen Tonbänken und Arkosesandstein, Verwitterungsprodukten granitischer Massen. In der Richtung gegen das Schloß steht quarzreicher Granit an, das häufig beobachtete Muttergestein radioaktiver Quellen. Ganze Halden eines aus den Thermalwassern an der Luft ausgeschiedenen Sinters sind einzelnen Quellmündungen vorgelagert.

Als bemerkenswert, indessen durch die jetzt nachgewiesene Mitwirkung der Emanation von Radiothor erklärlich, muß noch hervorgehoben werden, daß eine volle Übereinstimmung der Stärke der Radioaktivität des Schlammes mit der Menge des darin enthaltenen Radiums nicht vorhanden zu sein scheint, wie sich bei näherer Betrachtung der Radioaktivität des Schlammes der Baden-Badener Thermalquellen ergibt. Die Radioaktivität von 125 Gramm trockenen Schlammes, gemessen im Elster-Geitelschen Apparat für trockene Stoffe, ergab die folgenden Resultate:

	Verlust in Volt pro Stunde
Schlamm der Büttquelle . . . . .	schwach aktiv
„ „ Murquelle . . . . .	200
„ „ Freibadquelle . . . . .	2500
„ „ Friedrichsquellen . . . . .	1000—1500
„ „ Ursprungquelle . . . . .	3000
„ „ Kühlquelle . . . . .	1000
„ „ Klosterquelle . . . . .	4000—5000
„ „ Fettquelle . . . . .	100
„ „ Kirchenquelle . . . . .	600—800

Der Schlamm der Freibadquelle zeigt z. B. bei sehr hohem Gehalt an Bariumsulfat nur eine mittlere Radioaktivität von 2500 Volt und es gelingt relativ leicht, daraus ein stark selbstleuchtendes Radium-Bariumbromid zu isolieren, während es nur sehr schwer möglich ist, aus dem rund doppelt so aktiven Schlamm der Klosterquelle ein sehr schwach leuchtendes Radiumpräparat darzustellen. Man erhält bei der Verarbeitung dieser Materialien den Eindruck, als ob auch für das Radium komplexere Verbindungen existieren müßten und vielleicht in den Sedimenten enthalten seien, welche die volle Strahlungswirkung hemmen, so daß diese erst durch die Umsetzung mit aufschließenden Agentien z. B. Umwandlung von Radium-Silikat oder -Sulfat in Radiumkarbonat, vielleicht auch von Doppelsalzen zur vollen Entwicklung kommt. Auch die Anreicherung der Thoremanation nach längerer Zeit in Fällungen des Radiothors, das zeitweise Verschwinden und spätere Wiederhervortreten derselben gehört zu den noch nicht genügend aufgeklärten Phänomenen.

Ganz ohne Zusammenhang ist die Stärke der Radioaktivität des Schlammes zu derjenigen des betreffenden Wassers, wovon man sich leicht durch einen Vergleich der Angaben auf der Tabelle (Seite 90) mit den Radioaktivitätswerten derselben Quellen (Seite 95) überzeugen kann. Dem stark aktiven Wasser der Büttquelle entspricht ein ganz schwach aktiver Schlamm, während z. B. das nur schwach aktive Wasser der Klosterquelle einen sehr aktiven Schlamm aufweist. Auch bei hoch radioaktiven Thermen von Süditalien, z. B. der radioaktivsten Quelle überhaupt, derjenigen von Lacco Ameno auf der Insel Ischia, konnte ich einen nur auffallend schwach aktiven Schlamm konstatieren. Ob vielleicht auch hier durch Aufschließung stärkere Aktivitätswerte zu erzielen sind, müssen weitere Untersuchungen lehren.

#### **Die radioaktiven Mineralquellen.**

Durch die Untersuchungen der Frau Curie, ganz besonders aber der Herren Elster und Geitel, hat man zuerst Kenntnis von der großen Verbreitung des Radiums erlangt. Zwar tritt es in der Erdkruste nur selten in relativ nennenswerten Mengen auf, aber es ist schwer, Materialien fester oder flüssiger Form zu finden, welche völlig frei von Radioaktivität sind. In einer

überaus großen Zahl von Gesteinen, Erden, Tonen usw. haben die letztgenannten Forscher den Nachweis für die Anwesenheit von Radium oder doch Radiumemanation geführt. Das Vorkommen in Heilquellen ist zuerst von H. S. Allen<sup>1</sup> beobachtet, und zwar in dem Wasser der 46—47° warmen Thermalquelle von Bath. Bumstead und Wheeler<sup>2</sup> wiesen dann die Radioaktivität des Wassers aus tiefen Schächten nach und bald darauf veröffentlichte Himstedt<sup>3</sup> seine Untersuchungen, in denen er die Radioaktivität einer großen Zahl von Thermal- und anderen Mineralquellen nachwies, unter diesen die bis dahin radioaktivste Murquelle von Baden-Baden.

In der Folge wandte man sich dann allerorts auch der Untersuchung der Mineralquellen, besonders der Heilquellen, mit solchem Eifer zu, daß Borne<sup>4</sup> anfangs des Jahres 1905 in seinem Berichte über die radioaktiven Quellen erklären mußte, daß ihm eine auch nur annähernd vollständige Wiedergabe der zahlreichen, auf diesem Gebiete ausgeführten Untersuchungen völlig unmöglich sei. Das Interesse für diese Frage war von dem rein physikalisch-chemischen auch auf das medizinische Gebiet übergegangen.

Daß ein Zusammenhang vorhanden sein könne zwischen Radioaktivität gewisser Mineralquellen und ihrer heilkräftigen Wirkung war ein naheliegender Gedanke, und Allen hat dann auch gleich in seiner ersten Publikation (a. a. O.) über die Radioaktivität des Thermalwassers von Bath schon ausdrücklich darauf hingewiesen, ebenso Himstedt. Der „Brunnengeist“, der nach sehr verbreitetem altem instinktiven Volksglauben in den Heilquellen steckte und hier seine örtliche heilkräftige Wirkung zeigte, tauchte — als Ergebnis neuester exakter wissenschaftlicher Forschung — als Emanation wieder aus der Tiefe der Quellschachte hervor. Und in der Tat ist ja in der Radioaktivität der Mineralquellen eine Eigenschaft aufgefunden, die nur an Ort und Stelle des Austritts derselben zu voller Wirkung kommen kann, weil die Emanation, wie wir wissen, vergänglich ist und deshalb bei längerem Transport verschwindet. Auch die gewissermaßen prophetischen Worte Liebig's (S. 67) fanden jetzt ihre Erfüllung, denn

<sup>1</sup> „Nature“, Bd. 68 (1903), S. 343.

<sup>2</sup> Americ. Journ. of science 1903, Sept.

<sup>3</sup> Ber. d. Naturforsch. Ges. Freiburg i. B., 1904, S. 81.

<sup>4</sup> Jahrb. d. Radioaktivität, Bd. 2 (1905), S. 103.

„elektrischer“ Natur war ja die neuentdeckte Strahlung des Wassers dieser Heilquellen.

Da man im weiteren Verfolg dieser Untersuchungen gerade in vielen solcher Quellen, in denen besonders wirksame Bestandteile bisher nicht hatten aufgefunden werden können, so daß es an einer Erklärung ihrer heilkräftigen Wirkung fehlte, einen Gehalt an Radiumemanation entdeckte, war es naheliegend, gerade für diese besonderen Fälle die Radioaktivität als das wirksame Agens in Anspruch zu nehmen. Zu den Mineralquellen dieser Art gehörten gerade eine ganze Anzahl der von altersher berühmtesten Gesundbrunnen, wie z. B. diejenigen von Gastein, einzelner Quellen von Baden-Baden, von Wildbad, Plombières, Vichy u. a. m.

Der Auftrag, den ich im April 1904 von dem Großh. Ministerium des Innern erhielt, die Radioaktivität der Badener Thermalquellen zugleich mit einer erneuten im Laboratorium von Herrn Geh. Hofrat Bunte durchgeführten chemischen Analyse des Wassers derselben, zu bestimmen, gab mir die Veranlassung, zunächst der Frage der Bestimmungsmethoden dafür näher zu treten, eine Arbeit, welche ich in Gemeinschaft mit dem derzeitigen Privatdozenten der Physik, Dr. H. Sieveking, vornahm und die im Hinblick auf die Unvollkommenheiten der bisherigen Methoden zu der Schaffung des weiter oben beschriebenen neuen Apparates führte. Nachdem sich dann mit Hilfe dieses Apparates Aktivitätsbestimmungen an Ort und Stelle leicht ausführen ließen, haben wir eine größere Zahl von Thermal- und anderen Mineralquellen einer vergleichenden Prüfung auf Radioaktivität unterworfen.<sup>1</sup>

In der folgenden Zusammenstellung sind die Resultate dieser Bestimmungen der Radioaktivität, welche im Verlaufe der letzten zwei Jahre von mir (E) in Gemeinschaft mit Herrn Dr. H. Sieveking (S) oder auch von einem von uns beiden allein, sowie endlich von dem Assistenten des Chemischen Laboratoriums, Herrn W. Frommel (F), ausgeführt worden sind, enthalten.

Als Apparat diente unser auf S. 77 beschriebenes „Fontakoskop“ mit Elektroskop Nr. 1512, bei einer Kapazität des Apparates von 13,6. Die Bestimmung erfolgte durchweg an der Quelle

<sup>1</sup> Die Untersuchungen wurden teilweise auch mit Mitteln durchgeführt, welche uns von Großh. Ministerium der Justiz, des Kultus und Unterrichts, sowie durch eine Spende des Vereins chem. Fabriken zu Mannheim zur Verfügung gestellt wurden.

selbst oder in unmittelbarer Nähe derselben, so daß von der Entnahme des Wassers bis zur Messung im Apparat fast immer nur einige Minuten verstrichen. Die verwendeten Wassermengen betragen gewöhnlich 1 Liter, bei stark aktivem Wasser  $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{4}$  Liter. Im übrigen wurden bei Durchführung der Versuche die oben gegebenen Vorschriften genau eingehalten.

Die Angaben enthalten den für 1 Liter direkt beobachteten oder auf 1 Liter umgerechneten Potentialabfall in Volt pro 1 Stunde abzüglich des Normalverlustes, indessen ohne Korrektur für die noch im Versuchswasser der Kanne befindliche Emanation, sowie auch ohne Berücksichtigung der bei kohlen säurehaltigen Wassern vor dem Ablesen verdrängten Wassermengen. Dagegen ist die induzierte Aktivität in früher beschriebener Weise in Abzug gebracht, wenn nicht — wie in sehr vielen Fällen — die mit diesen korrigierten Werten fast völlig übereinstimmende jeweilige erste Ablesung ohne Korrektur zugrunde gelegt wurde. Präzise und sichere Vergleichswerte bieten in der folgenden Zusammenstellung jedoch nur die unter Berücksichtigung der Kapazität des Apparates und der übrigen Korrekturen berechneten Angaben in elektrostatischen Einheiten nach Mache, d. h. des Wertes E. S. E. multipliziert mit 1000 oder  $i \times 10^3$  (Mache-Einheiten), welche besonders auch bei Anwendung verschiedener Apparate und Bestimmungsmethoden allein eine einigermaßen sichere Grundlage für den Vergleich des Grades der Radioaktivität verschiedener Quellen darbieten<sup>1</sup>.

Endlich sei noch vorausgeschickt, daß die Angaben über die Temperatur der untersuchten Thermalquellen teils der Spezial-Literatur über die bezüglichen Bäder entnommen sind, teils auf Angaben der Quellenbesitzer beruhen. Es kann deshalb eine Verantwortung für die Genauigkeit dieser Zahlen nicht übernommen werden.

<sup>1</sup> Es ist dringend anzuraten, bei Dosierung radioaktiver Wassermengen für therapeutische Zwecke nicht die mit der Kapazität der Apparate wechselnden Angaben in Voltabfall, sondern diejenigen in Mache-Einheiten zu gebrauchen.

## A. Thermalquellen.

Datum der Bestimmung	Bezeichnung der Quelle	Temp. in C°	Potential-Abfall in Volt minus Normalverlust pro Liter u. Stunde	Mache-Einheiten $i \times 10^3$	Beobachter
<b>Baden-Baden.</b>					
1904/05	Büttquelle . . . . .	23,5	6900 bis 10 000	82—126	E. & S.
"	Murquelle . . . . .	59	2020	24,0	"
"	Freibadquelle . . . . .	60,5	782	9,9	"
"	Friedrichsquelle . . . . .	67,8	528	6,7	"
"	Ursprungquelle . . . . .	62	466	6,0	"
"	Kühlquelle . . . . .	52,9	456	5,8	"
"	Klosterquelle . . . . .	62,2	456	5,8	"
"	Fettquelle . . . . .	63,5	355	4,5	"
"	Kirchenquelle . . . . .	56,3	264	3,3	"
Juni, Juli 06	Salzgrabenquelle . . . . .	—	300—403	3,8—4,9	"

**Bad Gastein.<sup>1</sup>**

1905	Grabenbäcker Quelle . . . . .	36,3	11920	149,0 <sup>2</sup>	E. & S.
26./27. Juni	Elisabeth-Stollen, südl. Quelle .	46,0	11200	140,2	"
"	" " Hauptquelle .	46,8	9800	122,4	"
"	" " nördl. Quelle	42,5	1600	20,9	"
"	Chorinsky-Quelle, Hauptquelle } " " nördl. Quelle }	47,1	9750	121,9	"
"	Rudolf-Stollen . . . . .	46,9	5500	68,8	"
"	Franz-Joseph-Stollen, Haupt- quelle . . . . .	39,0	4350	54,6	"
"	Franz-Joseph-Stollen, vordere Quelle . . . . .	4350	54,6	"	
"	Chirurgen-Quelle . . . . .	47,1	3160	39,6	"

<sup>1</sup> Diese Temperaturangaben nach H. Mache (Monatsh. f. Chem. 1905, XXVI, S. 357).

<sup>2</sup> H. Mache (a. a. O.) findet 155.

Datum der Bestimmung	Bezeichnung der Quelle	Temp. in C°	Potential-Abfall in Volt minus Normalverlust pro Liter u. Stunde	Mache-Einheiten $\times 10^8$	Beobachter
----------------------	------------------------	-------------	--	-------------------------------	------------

**Karlsbad.<sup>1</sup>**

1905	Eisenquelle . . . . .	8,4	3800	47,5	E. & S.
23. Juni	Schloßbrunnen . . . . .	30,2	700	8,8	"
"	Felsenquelle . . . . .	54,8	420	5,3	"
"	Kaiserbrunnen . . . . .	46,2	340	4,3	"
"	Sprudel . . . . .	72,5	33	0,4	"

<sup>1</sup> Auch die Temperaturen dieser Quellen nach Mache (a. a. O.) mit Ausnahme des Sprudel (nach Raspe „Heilquellen-Analysen“).

**Wildbad.**

1905	Bohrloch Nr. 1, Cabine 22 . . . . .	36,8	200	2,5	E. & S
14. März	" Nr. 4, Großes Herrenbad . . . . .	36,1	190	2,4	"
"	Bohrloch Nr. 6, Großes Frauenbad . . . . .	37,6	250	3,2	"
"	Bohrloch Nr. 7, Großes Frauenbad . . . . .	37,9	150	1,8	"
"	Bohrloch Nr. 8, Fürstenbad I . . . . .	33,7	170	2,1	"
"	" Nr. 13, Männerbad IV . . . . .	37,1	230	2,9	"
"	" Nr. 14, " III . . . . .	35,8	200	2,5	"
"	" Nr. 16, Frauenbad III . . . . .	36,0	260	3,3	"
"	" Nr. 17, " II . . . . .	37,4	200	2,5	"
"	" Nr. 23, Fürstenbad IV . . . . .	36,2	220	2,7	"
"	" Nr. 29, Cabine 31 (18?) . . . . .	36,8	130	1,6	"
"	Kaltes Quellwasser von Wildbad . . . . .		18	0,2	"

**Italienische Thermalquellen.**

Abano bei Padua					
28. Sept. 05	Sorgente Montirone centrale . . . . .	87	401	5,0	E.
"	Sorgente Montirone, kühls-te Quelle <sup>1</sup> . . . . .	45,5	208	2,5	"
Battaglia bei Padua					
"	Surgone Grotta . . . . .	74	473	5,7	"
"	Pozzo artesiano <sup>1</sup> . . . . .	72	386	4,6	"
"	Wasser aus Fango-See <sup>2</sup> . . (warm)		212	2,5	"

<sup>1</sup> Entnahme konnte, weil in großem Bassin, nur unter Verlust von Emanation erfolgen.

<sup>2</sup> In diese Seen münden die Quellen, welche mit warmem Wasser den Fango führen. Letzterer setzt sich in den See-Bassins ab und wird von Zeit zu Zeit herausgeschaufelt.

Datum der Bestimmung	Bezeichnung der Quelle	Temp. in C°	Potential-Abfall in Volt minus Normalverlust pro Liter u. Stunde	Macheinheiten $i \times 10^3$	Beobachter
	<b>Aqui in Piemont</b>				
9. Sept. 05	Obere Schwefel-Therme . .	72	62	0,7	E.
"	Untere " " (Bassin) . . . . .	—	98	1,2	"
	<b>Castellamare (Stabilimento confluyente)</b>				
22. Sept. 05	Acidola (stark kohlen-säurehaltig) . . . . .	13,3	1876	22,6	"
"	Rossa . . . . .	13,8	485	5,8	"
"	Ferrato del Pozzilio . . .	14,3	481	5,8	"
"	Magnesiaca . . . . .	14,7	333	4,0	"
"	Muraglione . . . . .	17,7	225	3,1	"
"	San Vincenzo . . . . .	15,1	140	1,7	"
"	Sorgente Media . . . . .	14,7	134	1,6	"
	<b>Neapel (Stadt)</b>				
24. Sept. 05	Quelle in der Nähe des Hotel Hassler(kohlensäurehaltig)	—	218	2,7	"
"	Manzi (kalte Quelle) . . .	—	77	1,0	"
"	Wasserleitung (aus den Apenninen) . . . . .	—	16	0,2	"
	<b>Bagnoli bei Neapel</b>				
20. Sept. 05	Manganello . . . . .	—	217	2,6	"
"	Domenico Tricarico . . .	50-52	155	1,9	"
	<b>Agnano bei Neapel</b>				
"	Purgativo . . . . .	90	160	1,9	"
"	Apollo-Wasser . . . . .	—	122	1,5	"
"	Sprudel (mit Schlamm) . .	75	39	0,5	"
	<b>Pozzuoli (Municipio)</b>				
"	Aqua media . . . . .	kalt	149	1,8	"
"	Sorgente . . . . .	38	115	1,4	"
"	Subvenito Momini dei Grolamini . . . . .	?	96	1,2	"
"	Aqua di Santa Lucia . . .	?	93	1,1	"

Datum der Bestimmung	Bezeichnung der Quelle	Temp. in C°	Potential-Abfall in Volt minus Normalverlust pro Liter u. Stunde	Mache-Einheiten $i \times 10^3$	Beobachter
<b>Insel Ischia.</b>					
18. Sept. 05	Porto d'Ischia (Stabilimento comunale) . . . . .	65	391	4,7	E.
"	Olimitello . . . . .	kalt	87	1,1	"
"	Cerriglio (St. Sebastiano b. Forio)	"	77	0,9	"
"	Citara (Südküste bei Phare Imperatore) . . . . .	"	56	0,7	"
	<b>Casamicciola</b>				
17. Sept. 05	Manzi II . . . . .	72	187	2,2	"
"	Manzi I . . . . .	85	113	1,4	"
"	Therme Piesco v. Lucibello I	60	172	2,1	"
"	" " " " III	—	151	1,8	"
"	" " " " II	—	126	1,5	"
"	Therme Belliazi . . . . .	60	95	1,2	"
"	Sorgente Pisciareello (kalt) .	—	167	2,0	"
	<b>Lacco Ameno, Therme Regina Isabella</b>				
19. Sept. 05	Altrömische Quelle (Haupt-Felsenquelle) . . . . .	—	3726	44,9	"
"	Therme Regina Isabella (neue Quelle) . . . . .	—	3061	36,9	"
27. April 06	Altrömische Quelle (kleines rundes Sammel-Bassin) <sup>1</sup> .	57	30888	372,2	"

<sup>1</sup> Schon am 26. hatte ich eine Bestimmung der Aktivität dieser Quelle ausgeführt. Da ich aber ohne Abnung von der großen, ungewöhnlichen Aktivität ein zu großes Quantum Wasser angewandt hatte, konnte wegen raschen Zusammenfallens der Elektroskop-Blättchen nur sehr ungenau abgelesen werden (gefunden 25853 Voltabfall = 311,5 Mache-Einheiten). Deshalb wurde am folgenden Tag der Versuch mit  $\frac{1}{4}$  Liter wiederholt (siehe oben). Es muß in der Folge kontrolliert werden, ob die Quelle diese hohe Aktivität dauernd besitzt oder ob sie wechselt, vielleicht auch ob die enorm hohe Aktivität mit der gleichzeitigen großen Vesuverruption zusammenhängt. Die gefundene Aktivität beträgt mehr als das Doppelte der bis jetzt bekannten stärksten Quellen, selbst der aus dem Stollen der Uranpecherzgruben von Joachimsthal austretenden Quelle, für welche H. Mache  $i \times 10^3 = 185$  fand (Monatsh. f. Chem. 1905, B. 26, S. 618).

## B. Kalte Quellen.

Datum der Bestimmung	Bezeichnung der Quelle	Potential-Abfall in Volt minus Normalverlust pro Liter u. Stunde	Macheinheiten $i \times 10^3$	Beobachter
----------------------	------------------------	--	-------------------------------	------------

## Kniebis (Renchtal)-Bäder.

	<b>Bad Griesbach.</b>			
29. Juli 05	Badquelle <sup>1</sup> . . . . .	2000	26,0	E. & S.
"	Karls-Quelle . . . . .	1800	22,7	"
"	Antonius-Quelle . . . . .	1540	19,4	"
"	Josephs-Quelle . . . . .	1300	16,4	"
"	Undinen-Quelle . . . . .	1000	13,0	"
"	Christian Dolls-Quelle . . . . .	1000	13,0	"
"	Melusinen-Quelle . . . . .	700	8,8	"
"	Antons-Quelle (beim „Adler“) . . . . .	700	8,8	"
"	Quelle bei der „Linde“ . . . . .	300	3,9	"
"	Schremp . . . . .	250	3,3	"
	<b>Bad Peterstal.</b>			
30./31. Juli 05	Sophien-Quelle . . . . .	329	4,3	F.
"	Peters-Quelle . . . . .	309	4,0	"
"	Roberts-Quelle . . . . .	206	2,7	"
"	Salz-Quelle . . . . .	inaktiv.		"
	<b>Dorf Peterstal.</b>			
"	Karl Boschert . . . . .	597	7,8	"
"	Schlüsselbad, Sophienquelle . . . . .	453	5,9	"
"	" Adolfsquelle . . . . .	412	5,4	"
"	Stahlbad (Schmiederer) . . . . .	155	2,0	"
	<b>Bad Freyersbach.</b>			
"	Gas-Quelle . . . . .	567	7,4	"
"	Salz-Quelle . . . . .	412	5,4	"
"	Alfreds-Quelle . . . . .	276	3,6	"
"	Friedrichs-Quelle . . . . .	247	3,2	"
"	Lithium-Quelle . . . . .	134	1,7	"
"	Süß-Quelle . . . . .	134	1,7	"
	<b>Bad Antogast.</b>			
"	Antonius-Quelle . . . . .	1236	16,0	"
"	Peters-Quelle . . . . .	602	7,8	"
"	Schwefel-Quelle . . . . .	457	5,8	"
"	Stahl-Quelle . . . . .	577	7,5	"

<sup>1</sup> Infolge schwieriger Wasserentnahme ist der Befund eher zu klein als zu groß.

Datum der Bestimmung	Bezeichnung der Quelle	Potential-Abfall in Volt minus Normalverlust pro Liter u. Stunde	Macheinheiten $1 \times 10^3$	Beobachter
	<b>Bad Rippoldsau.</b>			
28. Juli 05	Wenzels-Quelle . . . . .	170	2,1	E. & S.
"	Josephs-Quelle . . . . .	140	1,8	"
"	Leopolds-Quelle (schwefelhaltig)	100	1,3	"
"	Bad-Quelle . . . . .	90	1,1	"
	<b>Sirnitz-Wasserleitung nach Badenweiler.</b>			
5. Juni 06	Sammelschacht „Hirschmatt“ (6 Quellen) . . . . .	1007	12,1	E.
"	Sammelschacht „Gefällmättle“ (6 Quellen) . . . . .	898	10,8	"
"	Langmatt (Einzelquelle) . . .	702	8,5	"
"	Sammelschacht sämtlicher 14 Quellen <sup>1</sup> . . . . .	631	7,6	"
"	Sirnitz-Leitungswasser in Badenweiler <sup>2</sup> . . . . .	258	3,4	"

<sup>1</sup> Etwa 2 Kilometer unterhalb des Ursprungs der Quellen.

<sup>2</sup> 8 Kilometer vom Ursprung entfernt.

#### Italien.

	Fiuggi bei Anticoli (Campagna), kohlensäurehaltig.			
15. Sept. 05	Direkt aus der Quelle . . .	1629	19,6	E.
29. April 06	Direkt aus der Quelle . . .	1639	19,8	"
15. Sept. 05	Im Kurbäude . . . . .	1412	17,0	"
29. April 06	Drei-Röhrenbrunnen im Hof .	1188	14,3	"

Aus den obigen Resultaten läßt sich der Schluß ziehen, daß unter den verschiedenen Gesundbrunnen, soweit bis jetzt bekannt, die Thermalquellen die höchsten Radioaktivitätswerte aufweisen, daß aber unter diesen die nur schwach warmen radioaktiver sind als die sehr heißen. In ein und demselben Thermalgebiet sind deshalb auch gewöhnlich die kühlestes Quellen die aktivsten.

An der Spitze sämtlicher von uns bis jetzt untersuchten radioaktiven Mineralquellen steht das Wasser der schon zu alt-

römischer Zeit benützten Therme „Regina Isabella“ zu Lacco Ameno auf der Insel Ischia mit 372 Mache-Einheiten; es folgt Gastein mit 149 (Grabenbäckerquelle; nach Mache 155), Baden-Baden mit 126 (Höchstwert der Büttquelle), Wiesbaden mit 60,8 (Höchstwert der Schützenhofquelle nach Henrich<sup>1</sup>), Castellamare mit 22,6 (Acidola) u. s. w. Aber auch notorisch kalte Quellen zeigen oft sehr starke Aktivität. So die Eisenquelle bei Karlsbad 47,5, die Badquelle von Bad Griesbach im Schwarzwald 26, Fiuggi in der Campagna bei Anticoli rund 20, Antogast (Schwarzwald) 16, die Sirnitzquellen (Schwarzwald) 12 usw.

Das Gestein, welchem die stärkstaktive Therme von Lacco Ameno entquillt, gehört dem trachytischen Tuff des unruhigen altvulkanischen Gebietes der Insel Ischia an. Einem ähnlichen Gestein entspringt die starkaktive kalte Quelle von Fiuggi, während die Gasteiner aus Gneis, die Baden-Badener Thermen aus Granit, beziehungsweise deren Verwitterungsmassen austreten. Aus granitischem Gestein scheinen die meisten radioaktiven Quellen zu entspringen.

Zu der oben gegebenen Zusammenstellung des Grades der Radioaktivität von Heil- und anderen Quellen ist weiter zu bemerken, daß zwar die aufgeführten Werte, da bei deren Feststellung ein und derselbe Apparat und ein und dieselbe Untersuchungsmethode zur Anwendung kamen, einen zuverlässigen Vergleich der Stärke der Aktivität der verschiedenen Quellen zulassen, daß jedoch auch diese Vergleichswerte nur einen relativen Wert besitzen können für die jeweiligen äußeren Bedingungen, unter denen die einzelnen Quellen sich bei der Probeentnahme befanden. Nach unseren Erfahrungen, die mit denjenigen übereinstimmen, welche H. Mache an den Marienbader Quellen gemacht hat, zeigen viele Mineralquellen einen wechselnden Aktivitätsgrad. Abgesehen von tieferliegenden Ursachen, die wir vielleicht noch nicht kennen, dürften in erster Reihe die sogenannten Tagewasser oder Nieder-

<sup>1</sup> Nach freundlicher brieflicher Mitteilung des Herrn Prof. F. Henrich, welcher neuerdings die Wiesbadener Thermalquellen mittelst des Fontaktoskopes untersucht und mir die vorläufige Mitteilung seines Resultates erlaubt hat, zeigt auch die dortige stärkste, die Schützenhofquelle (50° C.), wechselnde Aktivität. Beobachtet: 3851—4316 Voltabfall (corr.) = 54,3—60,8 Mache-Einheiten. Der Kochlbrunnen (68° C.) ergab 10,2, die Spiegelquelle (66° C.) 6,6, die Adlerquelle (64,6° C.) 5,3 Mache-Einheiten.

schlagswasser von Regen, Schneeschmelze usw. einen großen Einfluß auf die Stärke der Aktivität ausüben, wenn sie, was in vielen Fällen an der Wasserzunahme bei starkem Regen offensichtlich ist, in den oberen Boden- oder porösen Gesteinsschichten sich den Mineralquellen zugesellen. So ergab beispielsweise früher die Büttquelle bei andauerndem Regen relativ niedrige (82 M. E.), später bei Wasserklemme sehr hohe (über 120 M. E.) Werte. Ob diese Beeinflussung durch die neuerdings auf Veranlassung Dr. R. Stegmanns durchgeführte Neufassung der Quelle beseitigt ist, kann erst nach längerer Kontrolle der Aktivität dieses Wassers, welche wir eingeleitet haben, festgestellt werden. Schon vor der Neufassung der Büttquelle hatten wir zu Zeiten annähernd dieselbe hohe Aktivität konstatiert.<sup>1</sup> Auch der Gehalt der Murquelle und einer Anzahl anderer von uns untersuchten Quellen ist schwankend, und ob überhaupt die Radioaktivität irgend einer Quelle völlig konstant bleibt, wissen wir keineswegs. So viel aber kann aus den bis jetzt durchgeführten Untersuchungen geschlossen werden, daß stark aktive Quellen stets stark aktiv bleiben und nie ins Gegenteil umschlagen, sondern nur innerhalb gewisser Grenzen schwanken. Und ebenso bleiben auch die schwachaktiven im allgemeinen als solche erhalten. So hat sich denn auch die Büttquelle von Baden-Baden trotz ihrer erheblichen Schwankungen bisher auch bei ihrem niedersten Stande stets als die radioaktivste Quelle des Deutschen Reiches erwiesen. Bezüglich der aufgeführten Quellen von Wildbad vermute ich, daß sie vielleicht, da die Bestimmung ihrer Radioaktivität nach langem starkem Regen erfolgte, bei erneuter Prüfung erheblich höhere Aktivitätswerte ergeben werden, und auch bei anderen dürfte dies der Fall sein. Natürlich wird aber auch das umgekehrte vorkommen. Hier können nur während längerer Zeit durchgeführte Kontrollbestimmungen entscheiden. Einrichtungen solcher Kontrollen, die an Ort und Stelle von Ärzten oder Apothekern mittelst der jetzt vervollkommenen Apparate leicht durchgeführt werden könnten, sind dringend anzuraten.

Daß salzreiche Thermen, aber auch andere salzreiche Mineralquellen, im allgemeinen keine hohe Radioaktivität zeigen, ist be-

<sup>1</sup> Zeitschr. f. Elektrochemie 1905, S. 717.

greiflich, wenn man sich erinnert, daß die die Aktivität bedingende Emanation sich wie ein Gas verhält und sonach in salzhaltigem Wasser sich nur in geringerer Menge lösen kann als in salzarmem oder salzfreiem. Aus dem gleichen Grunde sind im allgemeinen in ein- und demselben Thermalgebiet, wie schon oben bemerkt, die weniger warmen Quellen (Grabenbäcker Quelle in Gastein, Büttquelle in Baden-Baden, Schützenhofquelle in Wiesbaden, Acidola in Castellamare) radioaktiver als die heißeren.

Die Ansicht, wonach der hohe Gehalt mancher Thermalwasser damit zusammenhängen soll, daß diese aus tieferen Schichten, gewissermaßen dem Erdinnern, entstammen und aus diesen an Radium reicheren Massen reichlicher Emanation aufnehmen, läßt sich auf Grund unserer Wahrnehmungen hoher Radioaktivitätswerte bei ganz kalten Mineralquellen nicht aufrecht erhalten. Viel wahrscheinlicher ist es, daß die Aufnahme in weiter nach oben liegenden Verwitterungsschichten erfolgt und daß diese Aufnahme durch die aufschließende Wirkung des warmen Wassers der Thermen nur begünstigt wird.

Lehrreich ist vielleicht auch noch die Wahrnehmung einer starken Abnahme der Radioaktivität beim Durchleiten des Wassers durch lange Rohrleitungen. In dem durch eine Leitung von ungefähr 10 Kilometer Länge, von Wildbad-Gastein nach Hof-Gastein, gegangenen Thermalwasser konnten wir fast gar keine Radioaktivität mehr finden, und in der 8 Kilometer langen Leitung von der Sirnitz im Schwarzwald nach Badenweiler sinkt die Aktivität von 11—12 auf rund 3 Mache-Einheiten herunter. Theoretisch sollte allerdings durch Leitung in einer völlig geschlossenen Röhre von der Emanation ebensowenig etwas verloren gehen, als von dem Kohlensäuregehalt eines Sauerlings. Bei schlechten und defekten Leitungen jedoch, welche Zu- und Austritt von Gasen gestatten, insbesondere aber bei Leitungen, wie z. B. derjenigen von der Sirnitz nach Badenweiler, in welche behufs Aufnahme und Vereinigung verschiedener Quelleitungen Sammelschachte eingeschaltet sind, müssen große Verluste an Emanation erfolgen, weil diese aus dem bewegten Wasser rasch an die Luft abgegeben wird. Bei Trinkkuren wird man deshalb auch vermeiden, das Wasser hoch herunter in das Glas plätschern zu lassen, denn unbemerkt entweicht dabei die Emanation und schwindet die Radioaktivität.

Sollten sich die Voraussetzungen und Hoffnungen erfüllen, die man auf die therapeutische Bedeutung der Radioaktivität vieler Heilquellen setzt, sollte es sich, was nach den neuesten Erfahrungen eher als nicht der Fall zu sein scheint, bestätigen, daß es der Gehalt an Radiumemanation altberühmter Gesundbrunnen ist, dem diese ihre heilkräftige Wirkung verdanken, so steht man staunend vor der Tatsache, daß es dem menschlichen Geiste auf dem Wege reiner Erfahrung gelingen konnte, zu so sicherer Erkenntnis der Wirkung eines Stoffes zu gelangen, der höchstens zu Billionsteln in dem Wasser enthalten ist und dessen direkte Wahrnehmung sich unseren Sinnen weit mehr verbirgt, als die irgend einer anderen Substanz oder Energieform. Wir sehen, hören, riechen, schmecken, fühlen nichts und doch hat der Mensch gleichartige heilkräftige Wirkungen von Mineralquellen an den verschiedensten, oft in weiten Fernen voneinander gelegenen Orten erkannt.

Ebenso hat er aber merkwürdigerweise auch schon herausgefunden und stets an dem Glauben festgehalten, daß nur das frisch der Erde entquellende und an Ort und Stelle benützte Mineralwasser seine volle heilkräftige Wirkung ausübt. Der bekannte Arzt Hufeland hat dieser Überzeugung vor jetzt schon bald hundert Jahren in den folgenden Worten prägnanten Ausdruck verliehen<sup>1</sup>: „Unstreitig ist der Gebrauch der Mineralwässer aus der Quelle, d. h. aus den lebendigen Händen der Natur selbst, der einzig wahre, und bei welchem allein man das Naturprodukt ganz und in seiner vollen Kraft und Reinheit genießt. Sie sind so reich an flüchtigen Stoffen, die wir schon kennen, daß die geringste Trennung vom Ganzen, von ihrer gewöhnlichen Temperatur, der bloße Übergang aus ihrem unterirdischen Laboratorium zur ersten Berührung mit Tageslicht und atmosphärischer Luft schon eine höchst beträchtliche Entmischung in diesen feineren Stoffen bewirken muß, so daß man sie, genau genommen, unmittelbar aus der Quelle mit den Lippen trinken sollte (so wie der Säugling nur an seiner Mutter Brust die wahre Lebensmilch trinkt); und da sich dies nicht wohl tun läßt, wenigstens in der möglichsten Schnelligkeit den Becher zum

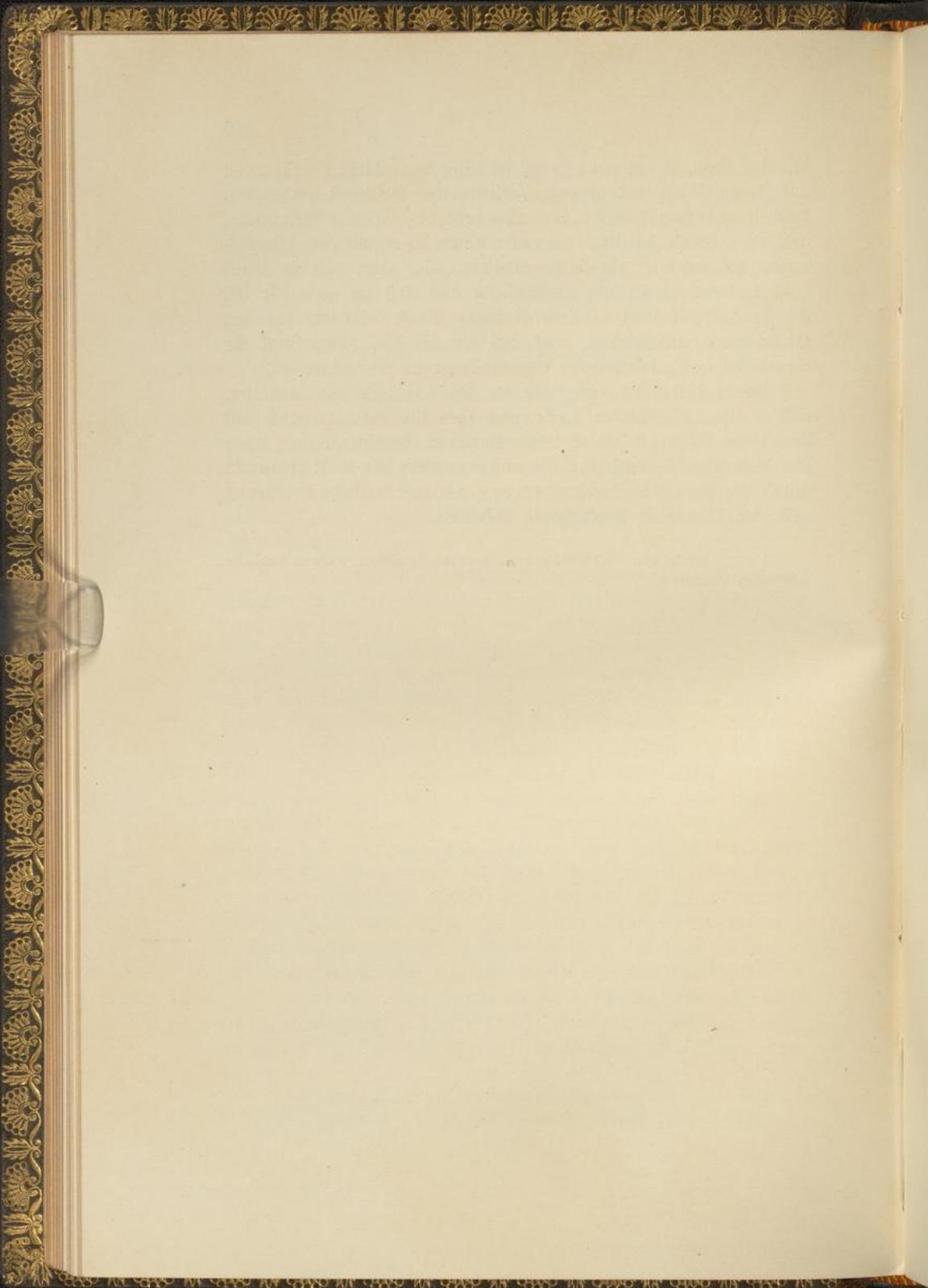
<sup>1</sup> Hufeland, „Übersicht der vorzüglichsten Heilquellen Deutschlands“ 1815, nach Stegmann & Just (Wien. Klin. Wochenschr. 1906, No. 23).

Munde führen sollte; denn gewiß ist jeder Augenblick Verzögerung auf diesem Wege mit großem Verluste der Heilkraft verbunden. Dasselbe gilt vom Bade.“ „Dies alles erregt bei mir die Vermutung, daß die vulkanische Hitze entweder weit inniger mit dem Mineralwasser gebunden ist als die gewöhnliche, oder aber, daß sie etwas ganz anderes ist als die gewöhnliche und daß sie es allein ist, die jenen Quellen die außerordentliche Kraft mitteilt, auf den Organismus einzuwirken, und daß sie als ein neuer Stoff für chemische und mediziniische Untersuchung zu betrachten ist.“<sup>1</sup>

Bewahrheitet es sich, wie es den Anschein hat, definitiv, daß es die radioaktiven Stoffe und ihre Emanationen sind, auf denen die Heilkraft vieler Gesundbrunnen beruht, so hat jener alte Volksglaube und haben die ahnungsvollen Worte Hufelands durch die neuesten Forschungen eine wissenschaftliche Erklärung und eine glänzende Bestätigung gefunden.

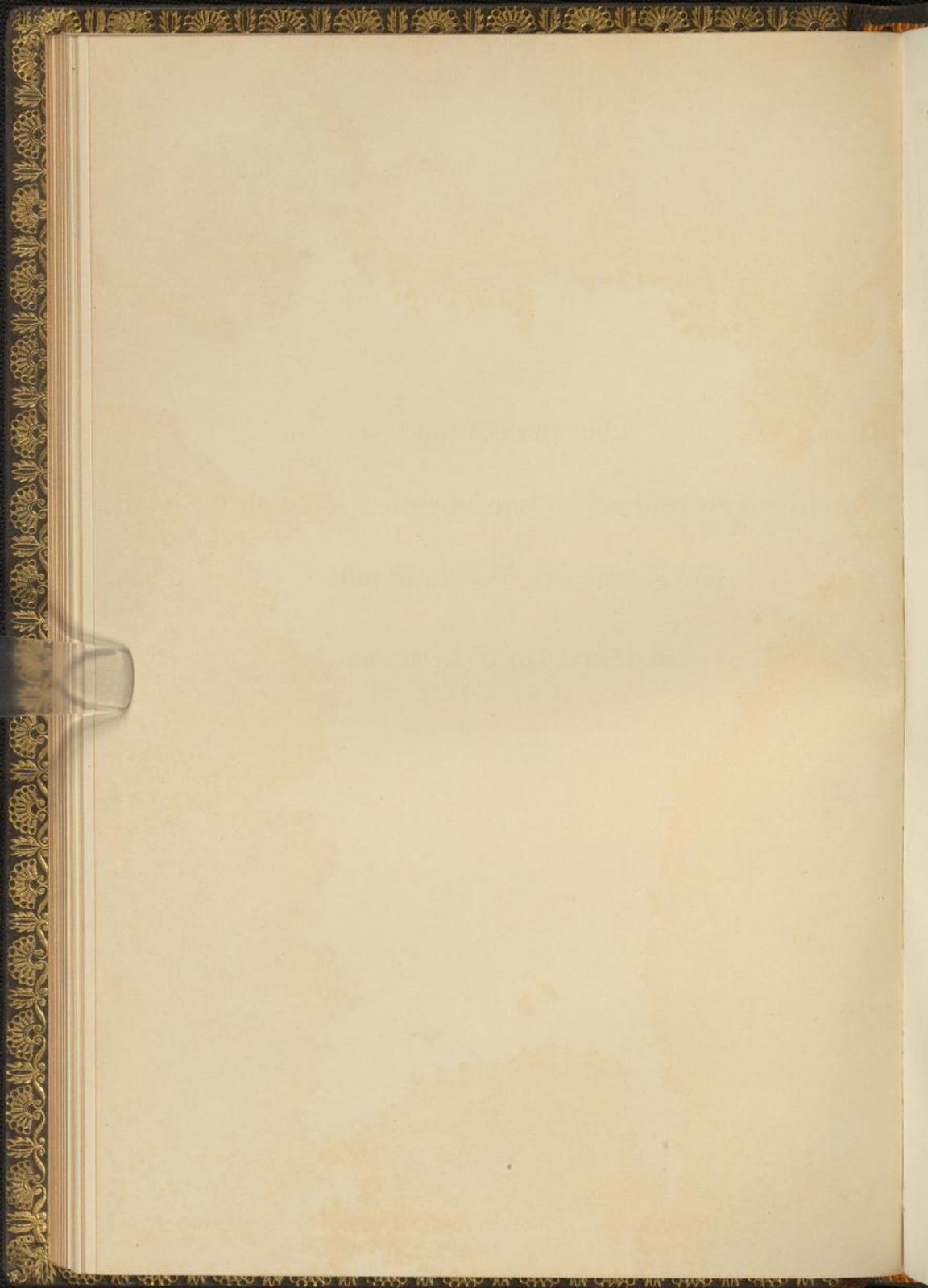
---

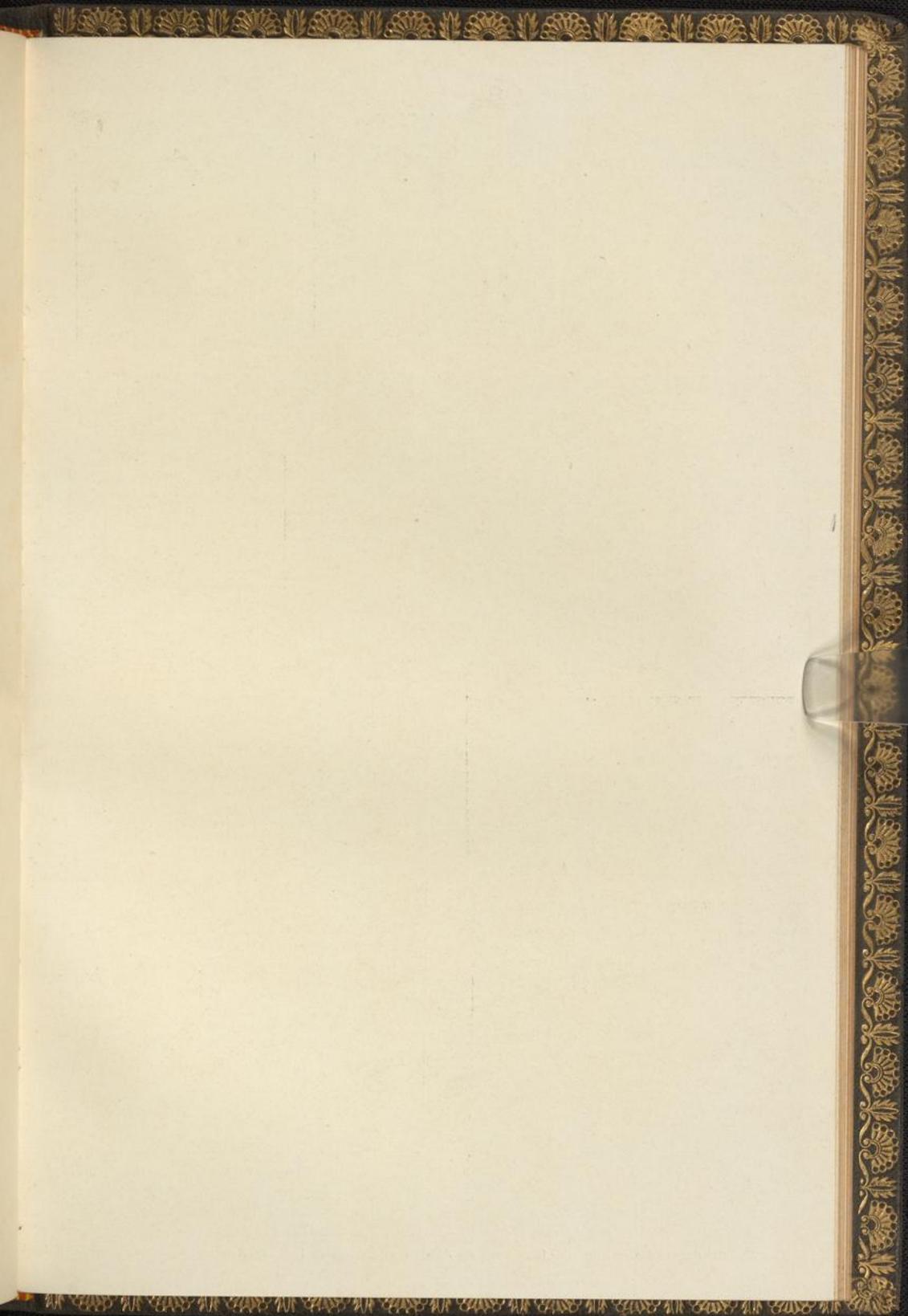
<sup>1</sup> Auch schon von Paracelsus u. a. Jatrochemikern werden ähnliche Ansichten vertreten.

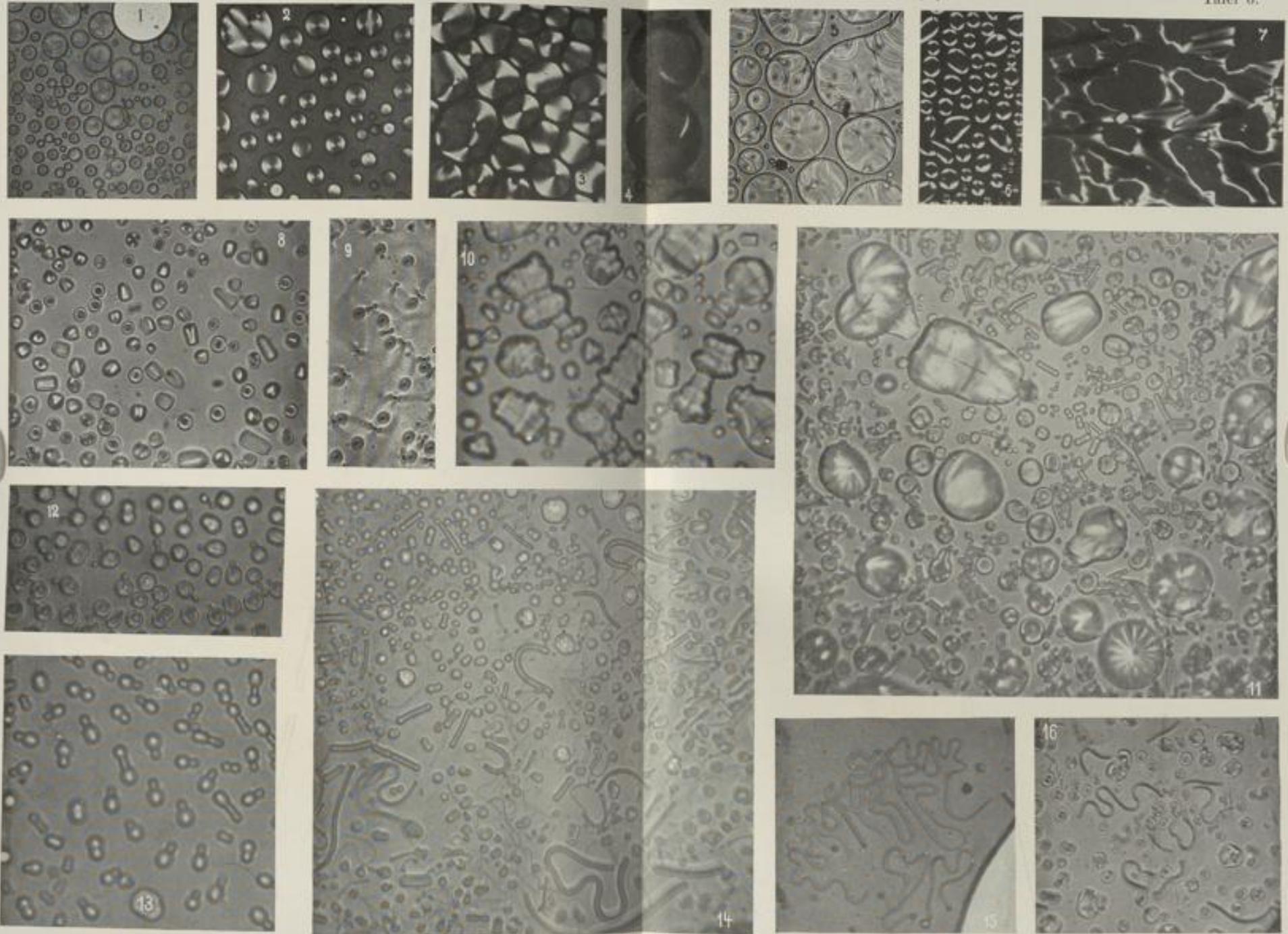


Die Bedeutung  
der  
flüssigen und scheinbar lebenden Kristalle  
für  
die Theorie der Molekularkräfte  
von  
Geh. Hofrat Dr. O. Lehmann.

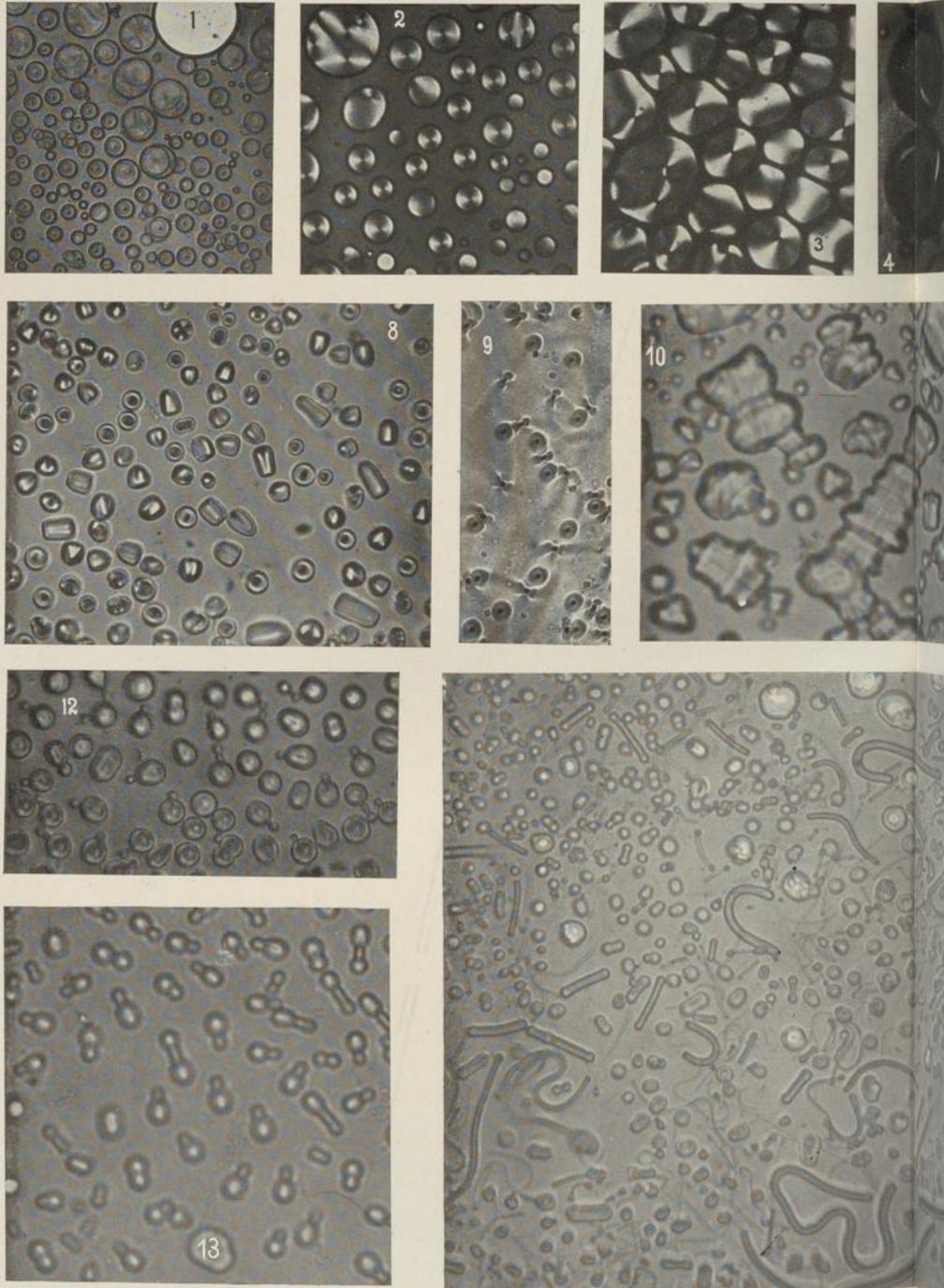
---



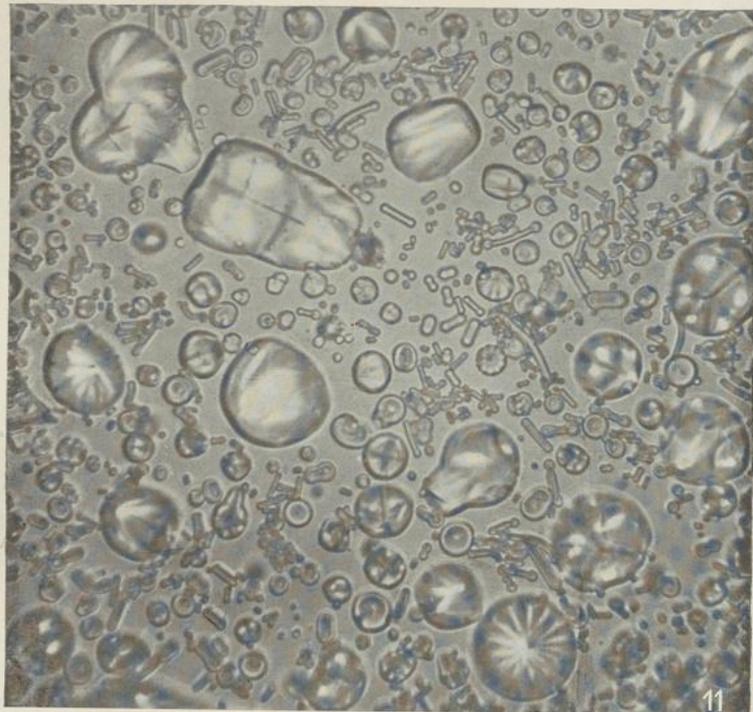
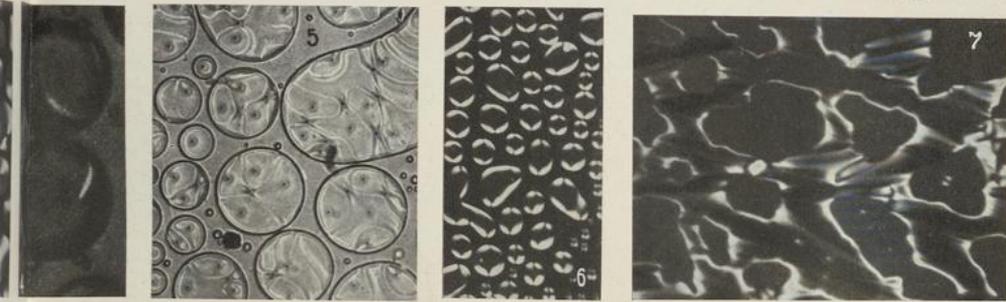


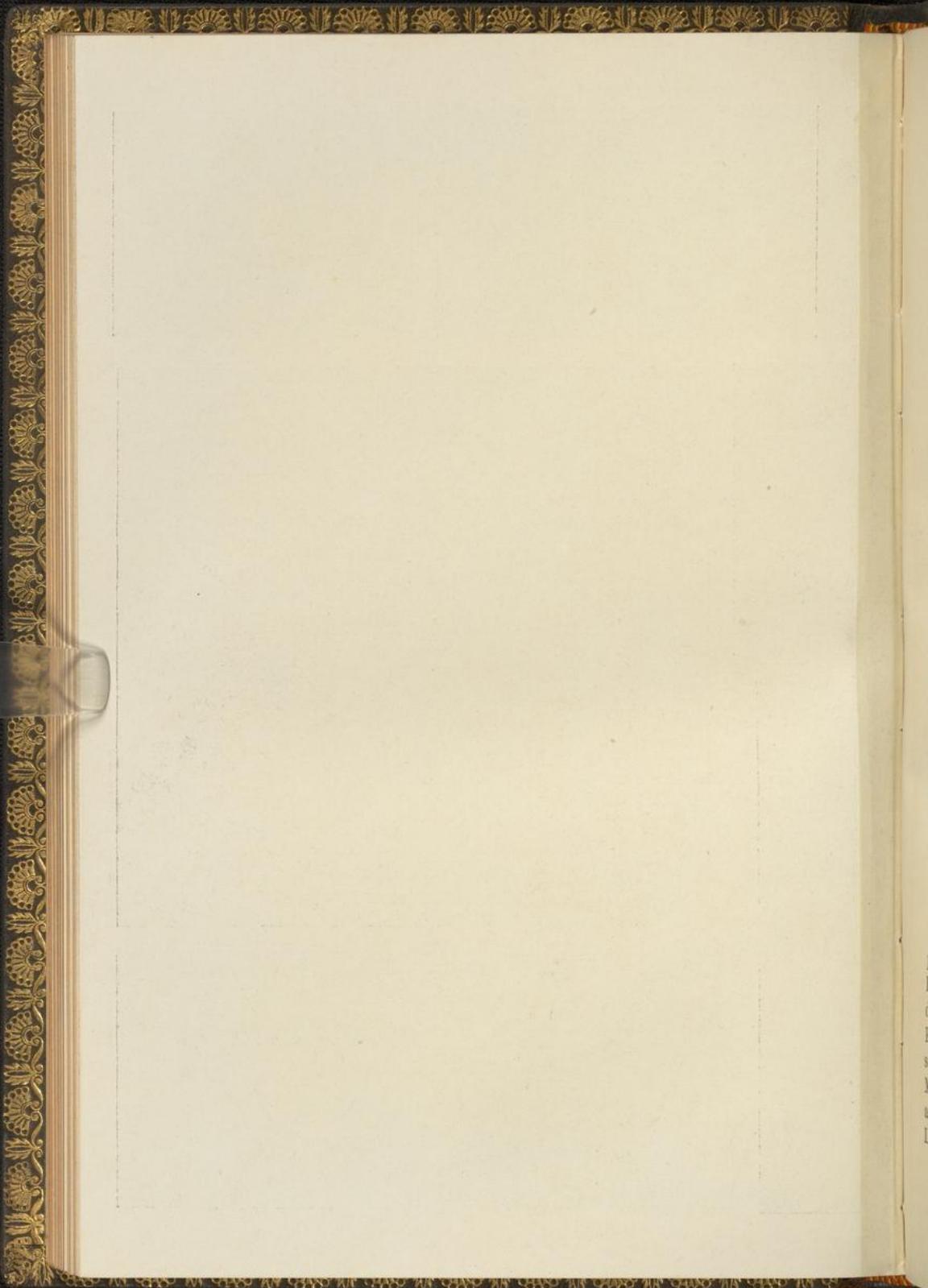


Zur Abhandlung: O. Lehmann, Die Bedeutung der fließenden und scheinbar lebenden Kristalle für die Theorie der Maderstrahl.



Zur Abhandlung: O. Lehmann, Die Bedeutung der flüssigen und scheinbar lebenden Kristalle für die Theorie der Molecularkräfte.





Die Genauigkeit und Vollständigkeit, mit welcher sehr viele physikalische Erscheinungen in ihrem ganzen Verlaufe vorausberechnet werden können, erweckt leicht die irrige Vorstellung, das System von Begriffen und von mathematischen Beziehungen zwischen denselben, welches den wesentlichen Inhalt der Physik bildet, sei bereits ein vollkommenes und die Aufgabe des Physikers sei eigentlich nur, zu ermitteln, wie sich die der Rechnung noch nicht zugänglichen Erscheinungen dem System eingliedern lassen. Um so verblüffender wirkten daher Entdeckungen wie die der Hertzstrahlen, der Röntgenstrahlen und Becquerelstrahlen, insofern sie erkennen ließen, daß selbst auf den bestuntersuchten Gebieten noch sehr wesentliche Lücken vorhanden waren.

Die Unmöglichkeit physikalischer Erklärung der bei Organismen sich abspielenden Vorgänge, trotz der unzweifelhaften Gültigkeit der physikalischen und chemischen Gesetze auch auf diesem Gebiete, weist darauf hin, daß speziell die Physik der Materie oder Molekularphysik noch mit vielen Unvollkommenheiten behaftet sein muß. Nur aufmerksame Beobachtung und logische Prüfung des experimentell Gefundenen kann hier zur Aufklärung führen. Die bekannten Analogien zwischen dem Wachstum der Kristalle und dem der Organismen veranlaßten mich deshalb schon vor 34 Jahren, den Kristallisationserscheinungen besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden, in der Hoffnung, irgendwelche Anhaltspunkte zu weiterer Feststellung der Wirkungsgesetze der Molekularkräfte zu finden. Alle Mühe schien aber zunächst vergebens, denn, von Kleinigkeiten abgesehen, gleichen sich zwei verschiedene Kristallbildungen wie ein Ei dem andern, sogar die bis dahin nur selten untersuchte Bildung der Kristalle in einem festen Medium, wie sie bei der Umwandlung polymorpher Modifikationen auftritt, erwies sich von der gewöhnlichen Kristallisation aus Lösungen nur dadurch verschieden, daß, anscheinend infolge der

großen inneren Reibung, welche sich der „molekularen Umlagerung“<sup>1</sup> naturgemäß entgegenstellen mußte, keine gleich vollkommenen, modellartigen Gestalten erhalten wurden, wie aus Lösungen. Der Reibungswiderstand sollte sich nach der damaligen Auffassung<sup>2</sup> auch insofern geltend machen, als nicht wie bei Lösungen bei Überschreitung einer gewissen Temperatur (Sättigungs- bzw. Umwandlungstemperatur) im einen oder andern Sinne Kristallwachstum oder Auflösung, bzw. Umwandlung oder Rückumwandlung erfolgt, sondern eine beträchtliche, durch die Größe der inneren Reibung bestimmte Überhitzung bzw. Unterkühlung bis zu einer sogenannten „Grenztemperatur“ erforderlich wäre, derart, daß etwa die Mitte zwischen den beiden Grenztemperaturen der Sättigungstemperatur bei Lösungen entspräche. Das erste neue Ergebnis meiner Untersuchungen, zunächst bei Ammoniumnitrat, bei welchem ich vier (später fünf) polymorphe Modifikationen auffand, war das, daß eine Überhitzung oder Unterkühlung nicht eintritt, vielmehr die Umwandlung vorwärts und rückwärts bei derselben Temperatur sich vollzieht, falls nur die beiden Modifikationen sich in inniger Berührung befinden oder höchstens durch eine dünne Schicht Lösung getrennt sind, in welchem letzterem Fall die Umwandlung infolge der verschiedenen Löslichkeit der beiden Modifikationen eintritt. Im ersten Fall wird gewöhnlich infolge der Volumveränderungen die Berührung der beiden Modifikationen bald da, bald dort aufgehoben, wodurch die Unregelmäßigkeiten der entstehenden Form sich erklären lassen.

Die Existenz der neu entdeckten „Umwandlungstemperatur“<sup>3</sup> warf ein helles Licht auf diesen speziellen Fall der Kristallisation, sie lehrte, daß dabei Reibungswider-

<sup>1</sup> So nannte man damals den Vorgang, weil nach der Raumgittertheorie des Polymorphismus (Kontinuitätstheorie der Aggregatzustände) das Raumgitter der Moleküle einfach in ein anderes übergehen sollte ohne Änderung der Moleküle selbst.

<sup>2</sup> Siehe Gibbs, thermodynamische Studien 1876, deutsch von W. Ostwald 1892, S. 43, Anm. 1.

<sup>3</sup> Bereits Frankenheim hat deren Existenz vermutet. Nach Ostwald, Lehrb. d. allg. Chem. 2 (3) 1906 S. 208, soll erst van t'Hoff (1887) den Begriff der Umwandlungstemperatur eingeführt haben, indeß ist in van t'Hoffs Schrift auf meine Untersuchungen Bezug genommen.

stände nicht in Betracht kommen<sup>1</sup>, daß es sich somit nicht um eine einfache Verschiebung der Moleküle aus der alten Anordnung zu einem neuen Raumgitter handeln kann, um eine „molekulare Umlagerung“ im Sinne der Kontinuitätstheorie, daß vielmehr die Umwandlung die Moleküle selbst betreffen muß, falls es solche überhaupt gibt.

Hierdurch wurde zugleich ein für die Molekulartheorie sehr unbequemer Mißstand beseitigt, der durch die Entdeckung der vier (fünf) festen Modifikationen des Ammoniumnitrats entstanden war. Wohl hatte van der Waals gezeigt, daß es anscheinend möglich ist, den Vorgang der Umwandlung der gasförmigen Modifikation eines Stoffes in die flüssige vom Standpunkt der Kontinuitätstheorie zu begreifen<sup>2</sup>, aber schon der einfache Erstarrungsvorgang ließ sich, da die Formel nur zwei Konstanten enthält, schwer verstehen, mindestens nicht ohne Zufügung weiterer Konstanten, welche sich aber physikalisch nicht rechtfertigen läßt. Daß aber das entstandene Raumgitter mit weiter sinkender Temperatur plötzlich in ein anderes, dieses dann ebenso in ein drittes, sodann in ein viertes und gar in ein fünftes umklappen sollte, erschien mit Rücksicht auf den heftigen, zudem sehr unregelmäßigen Bewegungszustand der Moleküle, welchen die Theorie zur Erklärung der Wärmeerscheinungen annehmen mußte, ganz undenkbar. Mechanisch lassen sich eben solche Umlagerungen nur verstehen, wenn sie ihren Grund haben in einer Änderung der Moleküle selbst, welche eine Änderung der von ihnen ausgeübten Kräfte bedingt.

Auch bezüglich der Art dieser Änderung gaben meine Untersuchungen Anhaltspunkte. Ich fand, daß sie ganz analog sind der Dissoziation lockerer, chemischer Verbindungen (Krystallwasserverbindungen, Molekularverbindungen), welche ebenfalls eine Umwandlungstemperatur für die Umwandlung im festen Zustand besitzen, die allerdings, da die Zersetzungs-

<sup>1</sup> Reibung macht alle mechanischen Vorgänge irreversibel, es wäre also nicht möglich, daß bei der Umwandlungstemperatur die geringste Erhöhung bzw. Erniedrigung der Temperatur, d. h. die geringste Größe der in Betracht kommenden Molekularkräfte genügt, die Umwandlung im einen oder andern Sinne herbeizuführen.

<sup>2</sup> Daß auch dies nicht zutrifft, habe ich später nachgewiesen. Siehe O. Lehmann, Ann. d. Phys. 12, 339, 1903; Flüssige Kristalle, S. 246; J. Frick's phys. Technik, 7. Aufl., Bd. I (2) S. 1110.

produkte zum Teil flüssig sind, mehr der Schmelztemperatur entspricht, ein übrigens ganz unwesentlicher Unterschied, da folgerichtig auch das „Schmelzen“ in gleichem Sinne gedeutet werden muß, d. h. als enantiotrope Umwandlung, beruhend in einer Änderung der Beschaffenheit der Moleküle.

Man könnte sich also diese als Dissoziation bezw. Polymerisation vorstellen; doch wird es zweckmäßig sein, die Frage zunächst offen zu lassen. Daß Molekulargewichtsbestimmungen und das chemische Verhalten darüber keine Auskunft geben, ist kein Gegengrund, da gleiches ja auch für die Dissoziation der genannten lockeren Verbindungen gilt. Der Einwand, daß bei diesen eine molekulare Änderung nicht in Frage komme, ist haltlos, da sie dann Milchkrystalle (ineinandergestellte Raumbgitter der zwei Komponenten) sein müßten, bei solchen aber die Eigenschaften stets mittlere sind, was für Molekularverbindungen nicht zutrifft.

Natürlich muß die Änderung der Moleküle stets auch eine Änderung des Raumbgitters zur Folge haben und in manchen Fällen, speziell bei Protocatechusäure, Chinondihydroparadipicarsäureester<sup>1</sup> und ganz besonders bei Paraazophenetol<sup>2</sup> findet diese sogar, meinen Beobachtungen zufolge, nicht einfach innerhalb der gegebenen Gestalt des Kristalles statt, was eine Pseudomorphose der neuen Form nach der früheren ergeben würde, sondern es treten schiebende Kräfte auf von nicht unbedeutlicher Stärke, welche eine Änderung der Gestalt bewirken, ungefähr so, wie sie eintreten müßte, wenn das Raumbgitter ohne Änderung der Moleküle, ähnlich wie ein einstürzendes Kartenhaus, die neue Form annehmen würde unter Aufrechterhaltung der vorhandenen ebenen Begrenzungsflächen.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> O. Lehmann, Wied. Ann. **25**, 173, 1885; Flüssige Kristalle, S. 169, 1904.

<sup>2</sup> S. Dreyer und Rotarski, Zeitschr. f. phys. Chem. **54**, 353, 1906 und O. Lehmann, Ann. d. Phys., **17**, 734, 1905. Betrachtet man solche Kristalle während der Umwandlung in polarisiertem Licht, so bleibt trotz des starken Dichroismus (weiß-gelb) die Färbung ungeändert, auch die Lage der Auslöschungsrichtungen ändert sich nicht.

<sup>3</sup> Daß diese Wirkung nur bei inniger Berührung eintritt, kann man (insbesondere bei Paraazophenetol) ohne weiteres erkennen, weil bei Zusatz eines Lösungsmittels (z. B. Anilin) die Kraftwirkung verschwindet, indem sich nun eine dünne Schicht Lösung zwischen die beiden Modifikationen schiebt, welche die Umwandlung infolge der verschiedenen Löslichkeit der beiden Modifikationen ermöglicht.

Die bei Überschreitung der Umwandlungstemperatur geweckte Molekularkraft an der Grenze der beiden Modifikationen bewirkt also nicht nur die Umwandlung der labil gewordenen Moleküle, sondern übt auch ein Drehmoment auf dieselben aus, welches sie in gesetzmäßige Stellung gegen die der andern Modifikation bringt. Ein solches Drehmoment ist auch dann vorhanden, wenn es sich nicht durch Auftreten einer schiebenden Kraft geltend macht, z. B. bei der Umwandlung der tetragonalen Modifikation des Ammoniumnitrats in die mono-symmetrische<sup>1</sup>, wobei letztere in regelmäßiger Orientierung gegen die erstere auftritt ohne Änderung der Gestalt. Hier läßt sich ja auch von vornherein nicht einsehen, weshalb beim Übergang des rechtwinkligen Raumgitters von tetragonalen Symmetrie in ein solches von ähnlicher Symmetrie eine schiebende Kraft auftreten sollte. Eine solche kann sich nur einstellen, wenn (wie bei den genannten Fällen) ein rechtwinkliges oder schiefes Raumgitter in ein solches von anderer Schiefe übergeht. Daß die schiebende Kraft dieselbe ist, wie diejenige, welche die Umwandlung bewirkt, geht daraus hervor, daß z. B. bei Paraazophenetol die Umwandlung durch Hinderung der Schiebung gehemmt werden kann. Bis zu gewissem Maße wird dann die Tendenz zur Schiebung mit dem Abstand von der Umwandlungstemperatur größer, wie man aus dem explosionsartigen Absprengen des Deckglases infolge der eintretenden Schiebung schließen kann, doch wird zuletzt ein Maximum erreicht, wie hinsichtlich der Umwandlungsgeschwindigkeit.

Regelmäßige Orientierung von zwei verschieden beschaffenen Kristallmolekülen tritt auch bei der Bildung von Schichtkristallen ein<sup>2</sup>, welche auf der Wirkung der Adsorptionskraft beruht. Dies macht es wahrscheinlich, daß die bei der Umwandlung tätige Kraft keine andere ist, als die Adsorptionskraft, der wohl auch das Kristallwachstum überhaupt zuzuschreiben ist.<sup>3</sup> Die Wirkungen dieser molekularen Kraft wären hiernach dreifache:

<sup>1</sup> Sie ist monoklin nach Wallerant, Compt. rend. **142**, 217, 1906. Die tetragonale ist nach Wallerant auch unter  $-16^{\circ}$  beständig.

<sup>2</sup> Siehe die betreffenden Kapitel in meinem Buche „Molekularphysik“, Bd. I, S. 393 oder „Flüssige Kristalle“, S. 166. Leicht zu beobachten ist die regelmäßige Anlagerung von Kupferchlorid-Chlorammonium an Salmiak und an Kupferchlorid.

<sup>3</sup> Siehe auch das Kapitel „Kristallisationskraft“ in meinem Buche „Flüssige Kristalle“ S. 137.

1. Das Festhalten der durch den osmotischen Druck gegen die Kristalloberfläche hingetriebenen Moleküle — wie allgemein bei Adsorption — Kristallisationskraft.

2. Das Drehen der Moleküle in gesetzmäßige (im einfachsten Falle parallele) Stellung — molekulare Richtkraft.<sup>1</sup>

3. Die Umgestaltung dieser Moleküle, wenn sie infolge Überschreitung der Umwandlungstemperatur im einen oder andern Sinne labil geworden sind — Umwandlungskraft.

Jede dieser Wirkungen kann durch die absorbierende Kraft fremder Moleküle, insbesondere auch der des Glases gestört werden.

Was Punkt 1 anbelangt, so fand ich zunächst durch Beobachtung, daß die durch Überkühlung einer Schmelze entstehenden amorphen (isotropen) Körper von den kristallisierten prinzipiell dadurch verschieden sind, daß sie nicht wachsen können.<sup>2</sup> Amorpher Zucker, in beliebig konzentrierte Zuckerlösung eingesetzt, wächst nicht wie ein Zuckerkristall, sondern löst sich auf, ebenso Kolophonium in einer Kolophoniumlösung. Eine alkoholische Harzlösung, mit Wasser gefällt, scheidet Tröpfchen einer hochkonzentrierten Lösung aus, die allmählig durch weitere Entziehung des Lösungsmittels amorph fest werden, also einschrumpfen, nicht wachsen. Als Konsequenz des oben dargelegten Ergebnisses, daß die Kontinuitätshypothese unrichtig sein muß, daß sich somit auch der sogenannte feste und flüssige Zustand eines Körpers durch die Moleküle unterscheiden müssen und Lösung der festen in der flüssigen Modifikation möglich ist — wodurch die Anomalien der Ausdehnung usw. in der Nähe des Erstarrungspunktes ihre Erklärung fanden — fand ich weiter, daß eine unterkühlte Schmelze, somit ein amorpher Körper betrachtet werden muß als Gemisch von Flüssigkeitsmolekülen mit den Molekülen der verschiedenen festen Modifikationen, deren Mengenverhältnis von der Temperatur abhängt, derart, daß mit sinkender Temperatur die Zahl der Flüssigkeitsmoleküle immer mehr ab-

<sup>1</sup> Die weiteren Betrachtungen werden ergeben, daß dieselbe mit der Gestaltungskraft zusammenhängt, die auf dem Bewegungszustand der Moleküle beruhen dürfte.

<sup>2</sup> Man hat dieses Ergebnis als unvereinbar mit den bestehenden Anschauungen bestritten (s. d. Kapitel Amorphie in dem Buche Flüssige Kristalle), doch fehlt bis heute der Nachweis eines amorphen Körpers, welcher wachsen kann wie ein Kristall.

nimmt, die der bei niedriger Temperatur stabilen Modifikationen dagegen wächst. Wenn also ein solches Aggregat verschiedener Moleküle nicht wie ein aus derselben Art von Molekülen zusammengesetzter Kristall die in hochkonzentrierter Lösung enthaltenen Moleküle der einen Art festzuhalten vermag, so muß man daraus schließen, daß die Adsorptionskraft der gleichartigen Moleküle im amorphen Körper beeinträchtigt ist durch die Anwesenheit der fremden Moleküle.

Bezüglich des Punktes 2 fand ich zunächst ebenfalls rein empirisch, daß die Struktur eines Kristalls auffallende Störungen erleidet, wenn derselbe eine nicht isomorphe Substanz aufnimmt, daß somit die molekulare Richtkraft durch Zusätze geändert wird. Nach der damals herrschenden Theorie sollten solche Mischungen unmöglich sein; gründete sich doch die Reinigung durch fraktionierte Kristallisation, die Einreihung der Mineralien in ein System, ja sogar ein Verfahren der Molekulargewichtsbestimmung auf den Satz, daß verschiedene Stoffe aus derselben Lösung getrennt kristallisieren, ausgenommen die isomorphen Stoffe. Meine mikroskopischen Untersuchungen ergaben im Gegensatz hierzu, daß die Adsorptionskraft zur Bildung von Mischkristallen auch bei nicht isomorphen Stoffen führen kann (z. B. Salmiak mit Chloriden schwerer Metalle), wenn auch nur in beschränktem Verhältnis, während umgekehrt isomorphe unter Umständen keine Mischkristalle bilden oder ebenfalls nur in beschränktem Verhältnis.<sup>1</sup>

Natürlich wurde dies zunächst als irrtümlich bestritten<sup>2</sup>, die Folgezeit hat aber die Richtigkeit erwiesen. Die Strukturstörungen durch Einwirkung nicht isomorpher Körper können, beginnend von Entstehung optischer Anomalien und Neigung zur Krümmung und Verzweigung der Kristalle, bis zu trichitischer Zerfaserung oder Aufblätterung und Bildung von Sphärokristallen oder ganz

<sup>1</sup> S. O. Lehmann, Zeitschr. f. phys. Chemie. **8**, 439, 1883. Hier ist diese beschränkte Mischbarkeit bereits in Parallele gestellt zur beschränkten Löslichkeit bei Flüssigkeiten. Nach Ostwald, Lehrb. d. allg. Chem. Bd. 2 (3), S. 1, 1906 soll van t' Hoff (1890) dies zuerst getan haben, indes ist in seiner Abhandlung auf meine Untersuchungen Bezug genommen. Siehe ferner Flüssige Kristalle S. 152 u. 172. Ein leicht zu beobachtendes Beispiel ist Salmiak, auf der einen Seite Eisenchlorid aufnehmend.

<sup>2</sup> Siehe meine Erwiderung an H. Kopp, Ber. d. d. chem. Ges. **17**, 1733, 1884.

unförmlichen knorrigen Gebilden fortschreiten (z. B. bei Mekonsäure mit Zusatz von Gentianaviolett). Die fremde Einlagerung hindert die orientierende Wirkung der molekularen Richtkraft derart daß das Raumgitter ein ganz unregelmäßiges werden kann, wie die optischen Eigenschaften beweisen.

Punkt 3. Bei solchen Mischkristallen wurde auch der Einfluß fremder Beimischungen auf die Umwandlungstemperatur, die Erschwerung der Umwandlung durch Verminderung der Umwandlungsgeschwindigkeit und die Erhöhung der Lebensdauer labiler Modifikationen von mir aufgefunden.<sup>1</sup> Neuerdings gelang es mir aber auch die Erschwerung der Umwandlung bei Ammoniumnitrat durch den adsorbierenden Einfluß von Glasflächen nachzuweisen, indem eine möglichst dünne Schicht der Substanz durch Einbringen derselben zwischen einen Objektträger und eine als Deckelglas dienende konvexe Linse erzeugt wurde.<sup>2</sup> Ganz besonders auffallend zeigte sich die Wirkung bei flüssigen Kristallen, insofern die am Glase adhärierende Molekülschicht noch unverwandelt bleibt, wenn auch bereits die ganze übrige Masse durch Temperaturerhöhung in den kristallinisch-flüssigen oder isotrop-flüssigen Zustand übergegangen ist. Freilich wurde auch dies als den bestehenden Anschauungen zuwiderlaufend bestritten. (S. Flüssige Kristalle, S. 84, § 21.)

Die Auffindung solcher plastisch weicher und fließender Kristalle, welche freischwebend zusammenfließen können wie Öltröpfchen, ja sogar zweifellos flüssiger Kristalle, war ein weiterer Fortschritt, welcher auf Grund der gewonnenen Ergebnisse erzielt wurde. Damit wurde ein ganz neues Gebiet betreten, freilich zunächst nur mit dem Erfolg, daß sich allgemeiner Widerspruch geltend machte derart, daß die Lehrbücher von der Existenz der flüssigen Kristalle noch heute nach 16 Jahren keine Notiz nehmen. Nach der herkömmlichen, auch heute noch herrschenden Kontinuitäts- oder Raumgittertheorie waren flüssige Kristalle undenkbar. Um die Diffusionserscheinungen erklären zu können, muß man annehmen, daß in Flüssigkeiten ähnlich wie in Gasen die Moleküle sich in beständiger Bewegung befinden, aber nicht in gradliniger, sondern durch die Kohäsion beeinflusst, in kriechender.

<sup>1</sup> S. O. Lehmann, Wied. Ann. **24**, 13, 1885; Molekularphysik 1 788 u. ff. 1889.

<sup>2</sup> S. O. Lehmann, Ann. d. Phys. **18**, 802, 1905.

Als Axiom nimmt die Kontinuitätstheorie an, daß bei der Kondensation eines Gases zur Flüssigkeit die Moleküle durchaus unverändert bleiben.<sup>1</sup> Ihre gegenseitige Lage ist natürlich völlig ungeordnet und beständig wechselnd, bis zum Eintritt der kristallinen Erstarrung, wobei sie sich zu einem regelmäßigen Punktsystem (Raumgitter) ordnen, wie zu schließen ist: a. aus der polyedrischen Form der Kristalle, b. ihrer anisotropen Struktur, c. der diskontinuierlichen Erstarrung bei einer bestimmten Temperatur. Auch hierbei sollen die Moleküle ungeändert bleiben. Im Falle der amorphen Erstarrung durch Überkühlung der Schmelze soll einfach die ungeordnete Lage der Moleküle erhalten bleiben und nur deren Ortsveränderung, die kriechende Bewegung aufhören.<sup>2</sup>

Plastische Deformation eines Kristalls (Schmieden, Kneten) ist nach dieser Raumgitter- oder Kontinuitätstheorie unmöglich. Sie würde ja eine Änderung des Raumgitters bedingen, somit eine Änderung der Eigenschaften, denn die verschiedenen Eigenschaften dimorpher Modifikationen erklärt die Raumgittertheorie eben einfach dadurch, daß dieselben Moleküle in verschiedenen Raumgittern angeordnet sind. Jede solche Modifikation hat ihren besonderen Schmelzpunkt, ihre eigene Löslichkeit, Farbe, Lichtbrechung usw., kurz die Art der Aggregation der Moleküle ist nach der Raumgittertheorie von wesentlichstem Einfluß auf die Eigenschaften der Substanz und jede Änderung der Aggregation d. h. des Raumgitters müßte dementsprechende Änderung der Eigenschaften zur Folge haben, der Kristall müßte sich unter Einfluß einer deformierenden Kraft „umwandeln“, er könnte nicht unter Erhaltung seiner Eigenschaften einfach „fließen“.

Freilich besteht theoretisch die Möglichkeit anzunehmen, die Deformation bewirke eine Zertrümmerung in kleine Partikelchen,

<sup>1</sup> Selbstverständlich sind vereinzelt Ausnahmen als Begleiterscheinung der Kondensation stets als möglich zugelassen worden.

<sup>2</sup> Die neuere physikalische Chemie rechnet die amorphen Körper nicht zu den festen Körpern, sondern zu den Flüssigkeiten, selbst wenn sie ein Maß von Elastizität besitzen wie Harz oder Glas, weil die Dampftensionskurve des amorphen Körpers die stetige Fortsetzung derjenigen des flüssigen bildet, während dem kristallisierten eine anders verlaufende Kurve zukommt. Fest und kristallisiert sollen nach dieser Auffassung identisch sein — eine Konfusion der Begriffe, die lediglich dadurch bedingt ist, daß der Kontinuitätstheorie entsprechend die Moleküle im flüssigen oder amorphen Zustand als identisch betrachtet werden.

die ihr Rauggitter, also ihre Eigenschaften behalten; aber damit sich diese Trümmer lückenlos aneinanderschließen und durch eine der Kohäsion gleiche Adhäsion verbunden bleiben, ist anzunehmen, daß ihre Größe sich nicht von der der Moleküle unterscheidet d. h. daß der Kristall in ein unregelmäßiges Molekularaggregat — der Theorie nach einen amorphen Körper — übergeht. So findet man denn auch häufig in der Literatur geschmiedete Metalle als „amorph“ bezeichnet. Sie sollen durch Erschütterungen wieder „kristallinisch“ werden d. h. die Moleküle sollen sich gruppenweise zu Rauggittern ordnen können. Meine mikroskopischen Versuche haben dagegen gelehrt, daß durch Schmieden die Eigenschaften eines Kristalls nicht in die sehr charakteristischen eines amorphen Körpers (Mangel eines scharfen Schmelzpunkts, reversibler Löslichkeit usw.) übergehen, die Ansicht somit irrig sein muß. Daß selbst eine geringfügige vorübergehende Deformation des Rauggitters z. B. die elastische Durchbiegung eines Glimmerblattes eine Änderung der Eigenschaften herbeiführen müsse, hat die Kontinuitätstheorie dadurch als erwiesen betrachtet, daß der Spannungszustand eines solchen elastisch verbogenen Kristalls verschwinden müßte, wenn er in gesättigte Lösung gesetzt würde infolge davon, daß auf der konvexen Seite die Lösungstension erhöht, auf der konkaven vermindert wäre, so daß sich von selbst ein Diffusionsstrom einstellen und der Spannungszustand infolge dessen verschwinden würde. Experimentell kann man aber hiervon nichts wahrnehmen.

Bezüglich der bleibenden Deformation war mir schon 1872 aufgefallen, daß sich ein klarer Gipskristall anscheinend ohne Entstehung irgend welcher Risse dauernd zu einem Ring verbiegen läßt. Noch deutlicher beobachtete ich dies 1876 bei nadelförmigen Kristallen von Ammoniumnitrat, welche sich aus heißem verdünntem Alkohol ausgeschieden hatten. Auch hierbei tritt keine Änderung der Eigenschaften ein. Beim Einsetzen solcher Ringe aus Ammoniumnitrat in gesättigte Lösung konnte keinerlei Änderung der Löslichkeit beobachtet werden. Ebenso wenig zeigte sich eine Änderung der Temperatur der Umwandlung in andere Modifikationen. Hiermit war bewiesen, daß Strukturänderung eines Kristalls möglich ist ohne Änderung der Eigenschaften, die übliche Kontinuitätstheorie somit nicht zutreffen

kann. Gleiches lehrt die Untersuchung der von Natur aus gekrümmten Kristalle, der Trichiten und Sphärokristalle. Hiernach schien denkbar, daß weiche Kristalle existieren könnten, welche von zäheren Flüssigkeiten nicht zu unterscheiden wären. Eine solche Verwechslung ist mir in der Tat selbst begegnet beim Jodsilber. Man hielt bis dahin (1876) die über  $146^{\circ}$  stabile Modifikation für eine zähe Flüssigkeit; erst durch sorgfältige mikroskopische Untersuchungen wurde mir klar, daß sie regulär kristallisiert ist. In diesen Kristallen ist sogar, wie ich weiter fand, eine Art Diffusion möglich, nämlich Wanderung von Silberionen, welche sich darin mit gleicher Geschwindigkeit bewegen wie im Schmelzfluß.

Mit der Zeit fanden sich noch weichere Kristalle, von welchen genannt sein mögen das Cholesterylbenzoat von Reinitzer aus Mandelöl kristallisierend, Ammoniumoleat aus Alkohol, Paraazoxybenzoesäureaethylester von Vorländer aus Xylol, Paraazoxyzimtsäureaethylester von Vorländer aus Monobromnaphthalin, Phytosterylvalerat von Jaeger (ohne Lösungsmittel) usw., ja schließlich wurden Stoffe gefunden, die in genau kugelförmigen Kristalltropfen auftreten, wie z. B. das Paraazoxyphenetol von Gattermann aus Olivenöl mit einer Spur Kolophonium.<sup>1</sup> Die letzteren müssen zweifellos als „flüssige“ Kristalle bezeichnet werden, da sie sicher keine Verschiebungselastizität besitzen; bezüglich der vorhergenannten kann man im Zweifel sein, ob nicht die polyedrische Form, die sie freischwebend annehmen, das Vorhandensein eines, wenn auch nur äußerst geringen Maßes von Verschiebungselastizität beweist. In Luft ist die polyedrische Form nicht zu beobachten, da hier die Oberflächenspannung so groß ist, daß sie die Masse zu einem Tropfen zusammendrückt, aber auch an der Grenze gegen eine andere Flüssigkeit ist die Oberflächenspannung nicht verschwindend, es muß ihr also notwendig eine Kraft — ich nenne sie Gestaltungskraft — Widerstand leisten, falls keine Kugel entsteht.

Schon dieser eine Punkt läßt erkennen, daß die fließenden Kristalle geeignet sind, wesentliche Aufklärung bezüglich der Wirksamkeit der Molekularkräfte auch in quantitativer Hinsicht

<sup>1</sup> Fig. 1 der Tafel 6 zeigt solche Tropfen in natürlichem Licht, Fig. 2 in polarisiertem, Fig. 3 zwischen gekreuzten Nicols, Fig. 9 ein zusammenhängendes Aggregat von Tropfen in natürlichem Licht.

zu bringen. Die eingehendere Beobachtung ihres Verhaltens ergibt wirklich eine Menge solcher Tatsachen, die sich voraussichtlich in diesem Sinne verwerten lassen werden. Sie sollen — soweit bis jetzt bekannt — nachstehend nur in aller Kürze aufgezählt werden, um eine Übersicht zu geben, das Nähere kann in den Spezialabhandlungen<sup>1</sup> nachgesehen werden. Man wird zweckmäßig etwa fünf Gruppen unterscheiden, insofern sie sich beziehen auf: 1. Flüssige Kristalle, 2. Fliessende Kristalle, 3. Flüssig-kristallinische Phasen, 4. Scheinbar lebende Kristalle, 5. Kristalle und Organismen.

**1. Flüssige Kristalle (ohne Gestaltungskraft).** Die vektoriellen Eigenschaften der flüssigen Kristalle, welche sich aus energetischen Betrachtungen ohne Beziehung von Molekularhypothesen nicht ableiten lassen, sprechen noch weit mehr als die der starren für die Existenz von Molekülen. Die Existenz der Kristalltropfen, deren Eigenschaften wie Löslichkeit usw. überall dieselben sind, auch an den Symmetriepunkten, um welche sich die Moleküle in konzentrischen Kreisen gruppieren, wo also die Art ihrer Aggregation von dem normalen Raumbgitter so stark wie möglich abweicht, beweist, daß solche Abweichungen nicht die geringsten Änderungen der Eigenschaften zur Folge haben, die alte Kontinuitätshypothese somit durchaus unrichtig sein muß.

Die molekulare Richtkraft, welche die Struktur der kristallinen Flüssigkeiten aufrecht erhält, läßt sich wohl nur als Folge anisotroper Beschaffenheit der Moleküle, etwa auf Grund der Elektronentheorie deuten, die als Teil der Molekulartheorie aufzufassen ist, da Elektronen Elektrizitätsatome sind.

Weitere Ergebnisse sind die folgenden:

1. Die Doppelbrechung beruht auf der Beschaffenheit der Moleküle (Anisotropie bezüglich der Dielektrizitätskonstanten oder

<sup>1</sup> Zeitschr. f. phys. Chem. **4**, 462, 1889; **5**, 427, 1890; Wied. Ann. **40**, 401, 1890; Zeitschr. f. Krist. **18**, 457, 1890; Wied. Ann. **41**, 525, 1890; Zeitschr. f. phys. Chem. **18**, 91, 1895; Verh. d. d. phys. Ges. **3**, 16, 1900; Verh. d. Karlsr. nat. Ver. **13**, 1900; Ann. d. Phys. **2**, 649, 1900; **5**, 236, 1901; **8**, 908, 1902; **9**, 727, 1902; **12**, 311, 1903; **16**, 160, 1905; **17**, 728, 1905; Zeitschr. f. Elektrochemie, 1905, S. 955; Ann. d. Phys. **18**, 796, 808, 1905; Chemikerzeitung **30**, 1, 1906; Ann. d. Phys. **19**, 22, 1906; **19**, 407, 1906; **20**, 63, 77, 1906; Verh. d. d. phys. Ges. **8**, 143, 1906; Umschau 1906, Nr. 47; Phys. Zeitschr. **7**, 392, 1906; Archiv f. Entwicklungsmechanik d. Organismen **21**, Heft 3, 1906; Phys. Zeitschr. **7**, 578, 1906; Ann. d. Phys. 1906; Zeitschr. f. phys. Chem. 1906 (noch unter der Presse).

ungleichmäßiger Ausdehnung nach verschiedenen Richtungen) und wird durch deren Aggregation schon deshalb nicht beeinflusst, weil nur eine einzige Art der Aggregation möglich ist. Lokale Störung derselben wie bei Kristalltropfen erzeugt Schlieren, Drehung der Polarisationssebene und ähnliche unwesentliche Abweichungen, wie sie auch durch Übereinanderschichtung von Kristalllamellen entstehen.

2. Gleiches gilt für die Lichtabsorption, d. h. den Dichroismus. Dichroismus durch Druck beruht, ebenso wie Doppelbrechung durch Druck, auf Parallelrichtung anisotroper Moleküle.

3. Störung der Struktur durch fremde Beimischungen, z. B. von Kolophonium oder Cholesterylbenzoat zu Paraazoxyphenetol erzeugt intensive Drehung der Polarisationssebene und der Richtung stärkster Absorption.

4. Diese Strukturstörung kommt auch zum Ausdruck durch Rotation der Tropfen bei Erwärmung von unten, infolge entstehender Anisotropie bezüglich der Reibung auf der Oberfläche, ferner durch Verdrillung der Tropfen (Fig. 4) und Verdrehung Struktur bei Aggregaten (Fig. 5).

5. Durch die adsorbierende Wirkung des Glases kann Pseudoisotropie hervorgerufen werden, d. h. die optische Achse stellt sich überall senkrecht zur Glasfläche, namentlich bei Anwesenheit fremder Beimischungen<sup>1</sup>. Durch Druck, elektrische Kräfte usw. wird die Doppelbrechung wieder hergestellt.

6. Die dünnen am Glas adsorbierten Schichten bedingen bei Abwesenheit eines Lösungsmittels die Orientierung der übrigen Moleküle. Sie können durch Streichen (Reibung) derart verändert werden wie weiche Kristalle (erzwungene Homöotropie), so daß die ganze Masse einheitliche Struktur erhält.

7. Der Magnetismus ändert die Doppelbrechung freischwebender Kristalltropfen, indem er a. deren Symmetrieachse, b. die Moleküle den Kraftlinien parallel richtet, er wirkt nicht etwa durch eine Veränderung der Struktur des Äthers.

8. Die übrigen physikalischen Eigenschaften (Löslichkeit, Schmelzpunkt usw.) sind völlig unabhängig von der Art der Aggregation der Moleküle.

<sup>1</sup> Höchst auffällig zeigt sich dies bei Paraazoxyphenetol nach Zumischung einer neuen von Herrn Vorländer entdeckten Substanz. Ferner bei Mischungen von Methoxyzimtsäure und Anisaldazin.

9. Auch die Oberflächenspannung ist trotz der verschiedenen Lagerung der Moleküle an allen Stellen der Oberfläche eines Kristalltropfens dieselbe.

10. Die Umwandlungstemperatur der vom Glas adsorbierten Molekülschichten ist erhöht, so daß sie auch bei erheblichem Erhitzen über den normalen Umwandlungspunkt (Klärungspunkt) erhalten bleiben.

11. Die vorherrschende Stabilität der dicken Tropfen in I. Hauptlage und der dünnen in II. Hauptlage ist ebenfalls als Folge der Adsorptionskraft des Glases zu betrachten.

12. Auch die Wirkung der spontanen Homöotropie beim Zusammenfließen der Tropfen ist im Prinzip die Folge der Adsorptionskraft an der Grenze.

13. Die Herabminderung der Größe der Individuen, die Bildung fein lamellierter Misch- und Schichtkristalltropfen ist eine weitere eigenartige Wirkung der Adsorptionskraft.

14. Die Möglichkeit künstlicher Färbung flüssiger Kristalle und der dabei auftretende Dichroismus beweisen, daß auch fremde Moleküle durch die molekulare Richtkraft flüssiger Kristalle beeinflusst werden.

**2. Fließende Kristalle (mit Gestaltungskraft).** Die Ausscheidung der Kristalltropfen aus einer sich abkühlenden heiß gesättigten Lösung ist im Prinzip derselbe Vorgang wie die Ausscheidung einer isotropen (amorphen) Flüssigkeit unter gleichen Umständen (z. B. Phenol aus Wasser), wobei dieselbe ebenfalls in Tropfen auftritt. Ein sofort in die Augen fallender Unterschied ist aber der, daß die Kristalltropfen weit größeres Wachstumsvermögen haben als die amorphen Flüssigkeitstropfen, d. h. in größeren Dimensionen und entsprechend in geringerer Zahl auftreten als diese. Die Ursache ist wohl die bereits oben erwähnte, welche das Wachstum amorpher Körper beeinträchtigt oder unmöglich macht, nämlich, daß solche im allgemeinen Gemenge verschiedenartiger Moleküle sind, während die molekulare Richtkraft in flüssigen Kristallen gewissermaßen eine Selbstreinigung von anderen Modifikationen bewirkt, da sie nicht nur Parallelrichtung der Moleküle, sondern auch Umwandlung derselben bewirken kann (s. S. 114). Daß die Gestalt eines freischwebenden Tropfens die Kugelform ist, läßt sich auffassen als das Ergebnis der Gegenwirkung von Kohäsion und Expansivkraft.

Erstere kommt zur Geltung als Oberflächenspannung und Binnendruck und wirkt etwa ebenso wie eine gespannte elastische Haut, welche den Tropfen einschließt und ihn zusammen zu drücken sucht. Die Expansivkraft wirkt ihr entgegen, insofern die Moleküle vermöge ihres Bewegungszustandes einen Druck nach außen ausüben, welcher nach der van t'Hoff'schen Theorie, falls der Tropfen im Vakuum oder in der Luft schweben würde, gleich dem Druck derselben Quantität Materie ist, wenn sie — gleiche Molekularbeschaffenheit vorausgesetzt — im gasförmigen Zustand auf den gleichen Raum zusammengedrückt wäre. Ist der Tropfen umgeben von einer andern Flüssigkeit, so ist zu beachten, daß bereits in dieser ein Binnendruck herrscht, welcher sich in den Tropfen hinein fortpflanzt, so daß also dessen Expansivkraft um diesen Binnendruck vermindert ist. In gleicher Weise erscheint die Oberflächenspannung vermindert, da sie nicht mehr an der Grenze gegen Luft, sondern gegen die andere Flüssigkeit wirkt. Immerhin kann man mit Rücksicht auf diese teilweise Kompensation der beiden Kräfte auch hier von einem Gleichgewicht zwischen Expansivkraft (Stoßkraft, Trägheitskraft) und Oberflächenspannung (Kohäsion, wahre Kraft) sprechen.

Vorübergehend kann ein Tropfen unter dem Einfluß deformierender Kräfte auch andere Formen annehmen als Kugelform, nach Beseitigung des Zwangs wird er aber stets nach mehr oder minder langer Zeit, die von der Größe der inneren Reibung (Viskosität) abhängt, wieder zur Kugelform zurückkehren. Bei einem in spezifisch gleichschwerem Gemisch von Xylol und Chloroform suspendierten Syrupfaden, beispielsweise dauert es lange, bis er sich zu einer Kugel kontrahiert hat.

Nach einer sehr verbreiteten Ansicht soll sich ein fester Körper von einem flüssigen nur durch den Grad der inneren Reibung unterscheiden. Dies ist nicht zutreffend, denn solange nur die (der Geschwindigkeit proportionale) innere Reibung vorhanden ist, muß die Masse, wenn nur ausreichend Zeit gegeben ist, immer die Form eines vollkommen kugelförmigen Tropfens annehmen, bei genügend langsamer Strömung ist die innere Reibung verschwindend klein. Das Charakteristikum eines festen Körpers ist vielmehr die Verschiebungselastizität. Beispielsweise wird ein Harzfaden, suspendiert in einer gleichschweren Lösung von Bleizucker in Glyzerin, auch bei beliebig langem Zuwarten sich nicht

zu einer Kugel kontrahieren, weil die Elastizität dies hindert. Man kann in diesem Sinne von einem Gleichgewicht zwischen Oberflächenspannung und Elastizität sprechen, d. h. die Deformation zur Kugel wird nur soweit fortschreiten, bis dies Gleichgewicht erreicht ist; indeß ist der Fall in Wirklichkeit komplizierter.

Ob Verschiebungselastizität vorhanden ist oder nicht, würde sich am besten beurteilen lassen, wenn die Oberflächenspannung an der Grenze gleich Null, d. h. der Tropfen von einer vollkommen damit mischbaren Flüssigkeit umgeben wäre. Beispielsweise wird ein Syrupfaden in einer spezifisch gleichschweren Lösung von Bleizucker in Glyzerin keine Neigung zeigen, sich zur Kugel zu kontrahieren, obschon er, falls die Temperatur nicht allzuniedrig ist, auch bei relativ beträchtlicher Steifigkeit noch als flüssiger Körper zu bezeichnen ist. Sinkt aber die Temperatur unter einen gewissen Grad, so wird sich Verschiebungselastizität einstellen, d. h. beim Verbiegen oder Verdrillen des Fadens bis zur Elastizitätsgrenze, wird beim Nachlassen der Kraft die Deformation vollkommen wieder zurückgehen. Die Elastizitätsgrenze wird zunächst von Null kaum verschieden sein, mit fortgesetzter sinkender Temperatur aber immer mehr anwachsen. Unvollkommene Elastizität, d. h. ein unvollkommenes Rückgängigwerden der Deformation, zeigt sich beim Überschreiten der Elastizitätsgrenze, also auch bei Flüssigkeiten, deren Elastizitätsgrenze gleich Null ist. Wenn also oben als Charakteristikum für feste Körper die Verschiebungselastizität hingestellt wurde, so ist wohl zu beachten, daß damit nur vollkommene Elastizität gemeint ist. Nur wenn diese (z. B. bei dem Syrupfaden) vorhanden ist, wird die durch konstante Biegung oder Verdrillung geweckte elastische Gegenkraft dauernd ihre Größe behalten, andernfalls wird sie erschlaffen (Relaxation). Durch Bestimmen derjenigen Temperatur, bei welcher kein Spannungszustand dauernd ertragen wird, könnte man die Grenze zwischen dem festen und dem flüssigen Zustand des Syrupfadens feststellen<sup>2</sup>.

Die Existenz einer Elastizitätsgrenze, somit der feste Zustand, ist unverträglich mit der kriechenden Bewegung der Moleküle,

<sup>2</sup> Versuche, die ich anstellte, diesen Punkt (bei Harzen) zu bestimmen, stießen auf die Schwierigkeit, daß in der Nähe desselben die elastische Nachwirkung außerordentlich groß ist, d. h. neben der sehr schwachen Elastizität beträchtliche innere Reibung auftritt.

wie sie für den flüssigen Zustand angenommen wurde. In einem flüssigen Körper werden die Moleküle ihre kriechenden Bewegungen stets so ausführen, daß ein vorhandener Spannungszustand verschwindet, da sie durch die spannende Kraft angetrieben werden. Früher habe ich deshalb einen festen Körper als solchen definiert, in welchem keine Diffusion möglich ist. Sicherlich trifft dies zu für Diffusion gleichartiger oder wenig verschiedener Moleküle, während sich über die Möglichkeit der Diffusion völlig anders gearteter Moleküle (feste Lösungen) nichts aussagen läßt. Immerhin bleiben Fäden von Asphalt in durchsichtigem Harz, farbige Zuckerstreifen in farblosen Zuckerstangen, farbige Glasstreifen in farblosen Glaswaren beliebig lange Zeit völlig unverändert, was mich veranlaßte die Existenz „fester Lösungen“ zu bezweifeln.

Die fließenden Kristalle können anscheinend — sofern sie isomorph sind — in einander diffundieren, wären also hiernach zu den Flüssigkeiten zu rechnen und als eigentliche „flüssige“ Kristalle zu bezeichnen, sie nehmen aber freischwebend nicht Kugelform an, wie solche, sondern, z. B. bei Ausscheidung aus einem Lösungsmittel, gerundet-polyedrische Form, und scheinen insofern Elastizität zu besitzen, als sie nach Deformation von selbst wieder diese Normalform annehmen; indeß gilt dies eben nur von dieser Gleichgewichtsform. Ein beliebiges aus einem fließenden Kristall geschnittenes Stäbchen würde seine Form überhaupt nicht behalten, sondern von selbst — in Folge der Wirkung der Oberflächenspannung — jene Gleichgewichtsform annehmen. Man hat es also nicht mit eigentlicher Elastizität zu tun, sondern wahrscheinlich mit einer Wirkung der inneren Reibung, welche die Expansivkraft nach verschiedenen Richtungen verschieden stark beeinträchtigt. Ich nenne deshalb die Kraft „Gestaltungskraft“ und zähle die Gebilde erst dann zu den festen Kristallen, wenn sie wahre Elastizität zeigen. Zur genauen Ermittlung derselben müßte man die Oberflächenspannung beseitigen, d. h. die Kristalle in einem Medium von gleichem spezifischem Gewicht schweben lassen, an dessen Grenze die Oberflächenspannung Null ist, d. h. welches sich in beliebigem Verhältnis mit dem Kristall mischt. Ein solches Medium gibt es nicht, wenigstens nicht ein isotropes, denn die Mischbarkeit mit isotropen Flüssigkeiten ist stets sehr gering und schon solche geringe Beimischungen

stören die Struktur der Kristalltropfen in hohem Maße. Anisotrope Medien, welche in allen Verhältnissen mischbar sind, d. h. isomorphe kristallinische Flüssigkeiten ließen sich wohl auffinden, indeß würde deren eigene Gestaltungskraft die Beobachtung stören. Werden nämlich, wie angenommen, die Ecken und Kanten des Kristalls, entgegen der Wirkung der Oberflächenspannung, durch die Expansivkraft nach außen getrieben, so sollte man allerdings erwarten, daß sie für den Fall, daß die Oberflächenspannung Null ist, ins Unendliche sich ausdehnen würden. Ist aber die Umgebung ein isomorphes anisotropes Medium, so wirkt es dieser Ausdehnung mit gleicher Kraft entgegen, nur die Geschwindigkeit der Mischung, die Lösungsgeschwindigkeit dürfte wohl eine größere sein, wie ich solches auch bei starren Kristallen beobachtete (1876).<sup>1</sup> Für die dargelegte Auffassung spricht, daß man tatsächlich die Form der fließenden Kristalle durch die Wahl des umgebenden Mediums beeinflussen kann, speziell bei Paraazoxyzimtsäureäthylester. Ich fand, daß hier mit sinkender Temperatur, d. h. bei Ausscheidung aus minder konzentrierter Lösung Übergangsformen zur Kugel entstehen, was zum Teil zu erklären ist durch die Zunahme der Oberflächenspannung beim Abkühlen, zum Teil wohl auch durch Verminderung der inneren Reibung infolge von Aufnahme von etwas Lösungsmittel in die Kristalle durch Adsorptionswirkung (wie bei der künstlichen Färbung von Kristallen, der Bildung von Mischkristallen nicht isomorpher Stoffe usw.).

Von weiteren Versuchsergebnissen sind folgende hervorzuheben:

1. Die spontane Homöotropie bewirkt (im Verein mit der Oberflächenspannung) beim Zusammenfließen nicht nur übereinstimmende Struktur, sondern erzeugt auch Bewegung durch Parallelrichtung abweichendgerichteter Teile und symmetrische Gestaltung der Komplexe. Gewöhnlich wird nicht die vollkommene Form erreicht, sondern es entstehen knorrig gebildete Gebilde.
2. Die spontane Homöotropie wird wirkungslos, wenn sich die Teile in Zwillingsstellung befinden, bei geringer Abweichung macht sich aber sofort die drehende Kraft geltend.
3. Durch erzwungene Homöotropie entstehen bei Paraazoxyzimtsäureäthylester (beim Anpressen des Deckglases) in-

<sup>1</sup> O. Lehmann, Zeitschr. f. Kristallogr. 1, 470, 1877.

folge der Adsorptionswirkung des Glases optisch einachsige (pseudoisotrope) Massen.

4. Durch Erhitzung (oder Beimischung von Kautschuklösung) kann diese Adsorptionswirkung des Glases aufgehoben werden. Alsdann erfolgt durch spontane Homöotropie kegelförmige Anordnung der Moleküle.

5. Durch Vermischung mit flüssigen Kristallen können eiförmige oder zweispitzig-cylindrisch und ähnlich gestaltete Schichtkristalle erhalten werden, auch Zwillingsbildungen aus Kristallen dieser Art.

6. Beim Herumfließen um Luftblasen macht sich Anisotropie bezüglich der inneren Reibung geltend. In bestimmten Stellungen fließen die Kristalle leicht herum, in andern schwer.

7. Merkwürdige wirbelförmige Kontaktbewegung zeigt sich an der Grenze der fließend-kristallinen Modifikation des Cholesterylformiats und der stabilen festen Modifikation. An der Kontaktfläche mit der labilen festen Modifikation dagegen fehlt sie, auch wenn sich diese dicht daneben befindet. Sie beweist die Existenz einer Oberflächenspannung an der Grenze zwischen fester und flüssiger Substanz, für welche bisher ein gleich überzeugender experimenteller Nachweis fehlte, ferner deren Abhängigkeit von der Natur der ersteren. Daß auch die Natur der Flüssigkeit von Einfluß ist, kann man bei Cholesterylcaprinat erkennen, bei welchem die Wirbel auftreten bei Verwendung von Petroleum, nicht dagegen mit andern Lösungsmitteln.

8. Cholesterylcaprinat und verschiedene ähnlich zusammengesetzte Stoffe besitzen zwei fließend-kristallinische enantiotrope Modifikationen mit scharf bestimmter Umwandlungstemperatur.<sup>1</sup> Die dem niedrigeren Temperaturgebiet entsprechende Mod. II hat etwa doppelt so große Doppelbrechung wie die andere, tritt in größeren Individuen auf und wird leicht spontan pseudoisotrop. Meist erscheint sie bei der Umwandlung in regelmäßiger Orientierung gegen Mod. I.

<sup>1</sup> Dieselbe ist jedenfalls vom Druck abhängig und sehr stark von Beimischungen, so daß sie wohl zu Molekulargewichtsbestimmungen Verwendung finden könnte; sie liegt indeß unter dem Erstarrungspunkt, so daß sich die fließend-kristallinischen Modifikationen als monotrope bezüglich der festen verhalten. Durch geeignete Zusätze kann sie höher gelegt werden, so daß die Modifikationen in enantiotrope übergehen.

9. Aus der pseudoisotrop gewordenen fließend-kristallinen Mod. II kristallisiert die Mod. I beim Eintritt der Umwandlung beim Erwärmen wie aus einer gewöhnlichen Lösung, aber in wurmförmig gekrümmten Kristallen oder Trichiten.

10. Die beiden fließend-kristallinen Modifikationen können sich in beschränktem Maße in einander lösen und zwar ist das Mischungsverhältnis bestimmt durch die Temperatur (wahrscheinlich auch vom Druck abhängig) und von dem Gehalt an etwa beigemischten fremden Stoffen (z. B. Paraazoxyphenetol).

11. Durch Mischung der beiden genannten fließend-kristallinen Modifikationen, sowie durch Mischung von flüssig-kristallinischem Paraazoxyphenetol mit Mod. II entstehen prachtvolle Farbenercheinungen sowohl in gewöhnlichem Licht, wie auch namentlich zwischen gekreuzten Nicols, speziell dann, wenn die Masse (durch Drücken auf das Deckglas) pseudoisotrop geworden ist. Die Farbenercheinung ist im allgemeinen mit Drehung der Polarisationssebene verbunden. Ihre theoretische Ableitung dürfte nach Ansicht von Herrn Dr. Siedentopf möglich sein im Anschluß an die Versuche von Christansen über Monochrome.

Bei Zusatz von Paraazoxyphenetol erscheinen die Höfe um die Kristallnadeln dieser Substanz wegen der dort herrschenden geringeren Konzentration in allen Farben des Spektrums.

12. Aus der auftretenden Farbe kann man auf das Mischungsverhältnis der beiden Modifikationen schließen, auch dann, wenn bei dem betreffenden Stoff im reinen Zustand nur eine der beiden Modifikationen auftritt. In solchem Fall läßt sich dann durch geeignete Zusätze das Mengenverhältnis derart abändern, daß auch die andere Modifikation zur Ausscheidung kommt.

13. Da in der Nähe der Umwandlungstemperatur die Farben von selbst auftreten, bestätigt die Erscheinung die oben dargelegte Ansicht, daß die Anomalien in der Nähe eines Umwandlungspunkts (Erstarrungspunkt, Siedepunkt) bedingt sind durch Mischung der beiden Modifikationen (Lösung der festen Modifikationen in der flüssigen, Lösung der flüssigen in der gasförmigen), welche nach der herrschenden Kontinuitätstheorie der Aggregatzustände unmöglich ist.

### 3. Flüssig-kristallinische Phasen.

Die Eigenschaften eines Kristalls sind im allgemeinen vektorielle, d. h. sie hängen von der Richtung ab; in einem Aggregat verschieden orientierter Kristalle (einer kristallinischen Phase) wechseln sie deshalb von Stelle zu Stelle für eine bestimmte Richtung, man kann nicht von Eigenschaften des Aggregats, einer Phase, sprechen. Eine Ausnahme machen die nicht von der Richtung abhängigen sogenannten skalaren Eigenschaften. Zu diesen gehören nach meinen Ergebnissen (im Gegensatz zu einer vielverbreiteten Auffassung): Löslichkeit, Schmelzpunkt und Dampftension, so daß eine Phase hinsichtlich derselben thermodynamisch als ein Körper betrachtet werden kann. Ferner ergaben meine Untersuchungen bezüglich der Phasen folgendes:

1. Die Stabilität monotroper flüssig-kristallinischer Modifikationen (deren Lebensdauer) kann durch Beimischungen erhöht werden, z. B. bei Ammoniumoleat durch Beimischung von Trimethylaminoleat.

2. Bei enantiotropen flüssig-kristallinischen Modifikationen kann ebenfalls die Stabilität durch Beimischung erhöht werden, z. B. bei Cholesterylbenzoat durch Benutzung von Olivenöl als Lösungsmittel, wobei zugleich, vermutlich infolge der Bildung von Oleat, die Größe der Individuen sich ändert, indem nicht mehr Mod. I, sondern Mod. II zur Ausscheidung kommt.

3. Bei Stoffen wie Paraazoanisol und -phenetol, welche ohne weiteres keine flüssig-kristallinische Phase bilden, kann eine solche erhalten werden bei Überkühlung isolierter Tropfen (in Glycerin) in dünner Schicht.

4. Bei verschiedenen Stoffen, welche wie die vorigen für sich keine oder keine beständige flüssig-kristallinische Phase bilden, kann eine solche gewonnen werden durch fremde Beimischungen, wie z. B. Paraazoxyphenetol oder Paraazoxymzimsäureaethylester (speziell bei den neuen Präparaten von Voländer<sup>1</sup> und Jaeger<sup>2</sup>). Ebenso entsteht eine flüssig-kristallinische Phase bei Mischung von Paraazophenetol und -anisol.

5. Bei Paraazoxymzimsäureaethylester ist das Existenzbereich der fließend-kristallinischen Modifikation so groß, daß es möglich

<sup>1</sup> D. Voländer, Ber. d. d. chem. Ges. 39, 803, 1906

<sup>2</sup> F. M. Jaeger, Ber. d. Kgl. Akad. Amsterdam, 21. Aug. 1906.

sein dürfte, deren Dampfdruckkurve festzustellen, die sich natürlich von der der isotropen Modifikation unterscheidet. Da Überkühlung möglich ist, kann sich bei derselben Temperatur aber verschiedenem Druck der Dampf zur einen oder andern Modifikation kondensieren, umgekehrt entsprechen dem gleichen Druck zwei verschiedene Kondensations- und Siedetemperaturen.

6. Nicht die Dampf- oder Lösungstension ist an krummen Flächen eine andere als an ebenen, sondern die Verdampfungswärme.

#### 4. Scheinbar lebende Kristalle.

Am 23. November 1905 übersandte mir Professor Vorländer in Halle a. S. eine kleine Menge des von ihm hergestellten Paraazoxymzäureäthylesters<sup>1)</sup>, bei welchem er die Existenz einer fließend-kristallinen Modifikation festgestellt hatte, zu näherer Untersuchung. Das Ergebnis war ein überraschendes oder vielmehr verblüffendes. Beim Abkühlen der heiß gesättigten Lösung in sehr wenig Monobromnaphthalin entstanden fließende Kristalle von den merkwürdigsten Formen: einseitig abgeplattete Kugeln, gerundete Pyramiden und Prismen, bakterienartige Stäbchen, hantelförmige Verbindungen zweier Kugeln durch ein Stäbchen, lange vielfach gewundene Schlangen, eiförmige Köpfe mit verjüngt auslaufendem Schweif, komplizierte Rosetten usw. und die meisten waren teils in langsamer, teils in rascher drehender, kriechender oder schlängelnder Bewegung begriffen, so daß die photographische Aufnahme nur mittelst eines Apparates für Momentphotographie erfolgen konnte (Fig. 8 und 16 in polarisiertem Licht, 11—15 in natürlichem). Aus dem Dichroismus der Gebilde, ihrem Verhalten im polarisierten Licht, ihrer Fähigkeit zu wachsen und der geringsten deformierenden Kraft nachzugeben, läßt sich schließen, daß alle diese Gebilde fließende Kristalle sind, teils einfache Individuen, teils Zwillinge oder noch kompliziertere Aggregate. Da solche merkwürdigen Bildungen bei anderen fließenden Kristallen (zwei nahe verwandte Stoffe abgerechnet) nicht auftreten, können sie mehr als diese

<sup>1)</sup> S. D. Vorländer, Ber. d. chem. Ges. 39, 803, 1906 u. C. Bühner, Dissert. Marburg 1906. Bezugsquelle der Substanz: Dr. S. Gärtners pharmazeutisch-chemisches Laboratorium, Halle a. S.

zu weiterer Erforschung der Molekularkräfte beitragen. Vor allem kommen folgende Punkte in Betracht:

1. Die abgeplatteten Kugeln zeigen einen von der Mitte der Abplattung nach dem Kugelzentrum gehenden Strich, umgeben von einem grauen konischen Hof. Letzterer läßt sich nur deuten als Folge der Lichtbrechung in konischen den Strich umgebenden Molekülschichten. Durch Berechnung derselben ließe sich eine Gleichung zur Bestimmung der Beschaffenheit der Moleküle gewinnen.

2. Daß durch Kopulation zweier solcher Kugeln, je nachdem ihre Lage übereinstimmend ist oder nicht, Kugeln von gleicher Art, fazettierte Kugeln oder Doppelkugeln entstehen, weist ebenso wie die einseitige Abplattung der Kugeln (bezw. Pyramiden) auf hemimorphe Beschaffenheit der Moleküle hin und wesentlichen Einfluß derselben auf die spontane Homöotropie beim Zusammenfließen der Tropfen. (Zwillingsbildung hemimorpher Individuen in entgegengesetzter Lage.)

3. Die Entstehung zylindrischer Stäbchen an der Einschnürungsstelle der Doppeltropfen und das Auseinandertreiben der beiden Hälften durch das sich dazwischen schiebende Stäbchen (Schlangensbildung) kann nur erklärt werden durch außerordentlich große Anisotropie dieser fließenden Kristalle bezüglich der inneren Reibung, welche senkrecht zur optischen Achse etwa ebenso gering ist wie die des Wassers, parallel dazu aber derjenigen von steifem Syrup gleicht. Auch diese eigentümliche Anisotropie ist geeignet zur Aufklärung der Wirkungsweise der Molekularkräfte beizutragen.

4. Daß sich die Stäbchen von selbst teilen oder die kugelförmigen Tropfen an der Abplattungsstelle Knospen gleicher Art abschnüren können (Fig. 12 u. 13), weist darauf hin, daß die Molekularanordnung in den Stäbchen eine labile ist, was wohl damit zusammenhängt, daß die Moleküle hemimorph sind, nicht aber die Stäbchen. Das Bestreben zu hemimorpher Anordnung zu gelangen, führt zur Abschnürung, da die in entgegengesetzter Lage aneinander grenzenden hemimorphen Teile nur mit geringer Kraft aneinander haften.

5. Daß die Stäbchen und Schlangen, sobald sie mit einer Glasfläche in Berührung kommen, ihre gelbe Farbe verlieren und weiß erscheinen, zwischen gekreuzten Nicols schwarz, d. h. daß

sie ihre Struktur derart ändern, daß überall die optische Achse senkrecht zum Glas steht, läßt sich wohl kaum anders erklären als durch erhebliche Ausdehnung der Moleküle nach zwei Dimensionen senkrecht zur optischen Achse, so daß sie durch die adsorbierende Wirkung der Glasflächen dieser parallel gerichtet werden.

6. Die eigentümlichen Bewegungserscheinungen der stäbchen- und schlangenförmigen Gebilde (Fig. 11, 14, 15, 16), das Vorwärts- und Rückwärtskriechen, sowie die Schlangelbewegung, die zeitweilige Rotation der Kugeln usw. beruhen wohl auf Kontaktbewegung und Formänderung durch einseitiges Wachstum infolge der Anisotropie bezüglich der inneren Reibung. Da sie indeß nur bei den fließenden Kristallen des Paraazoxyzimtsäureäthylesters und zweier verwandter Stoffe auftreten, scheint weitere Aufklärung sehr nötig.

#### 5. Kristalle und Organismen.

Auf der Wirksamkeit der Molekularkräfte beruhen jedenfalls das Wachstum und mindestens ein Teil der Lebensfunktionen der Organismen. Man hat deshalb vielfach nach Analogien zwischen Kristallen und Organismen gesucht, indeß nur eine beschränkte Anzahl solcher gefunden. Berücksichtigt man, daß die Stoffe, aus welchen Organismen bestehen, von gallertartiger oder zähflüssiger Beschaffenheit sind, so läßt sich erwarten, daß solche Analogien namentlich bei fließenden und flüssigen Kristallen zu finden sein werden. Dies trifft in der Tat zu. Ich habe dieselben in einer besonderen Abhandlung zusammengestellt.<sup>1</sup> Es genüge hier die Kapitelüberschriften anzugeben, da dieses Thema in das Gebiet des Biologen, nicht das des Physikers gehört: 1. Keim, 2. Wachstum, 3. Aufzehren, 4. Gestalt, 5. Regeneration, 6. Homöotropie, 7. Kopulation, 8. Selbstteilung, 9. Intussusception, 10. Bewegungserscheinungen, 11. Vergiftung, 12. Kreuzung. Die nähere Untersuchung dieser Analogien dürfte wohl geeignet sein, weiteres Licht in die geheimnisvolle Tätigkeit der Molekularkräfte zu bringen.

<sup>1</sup> Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen von W. Roux, 21, Heft 3, 1906.

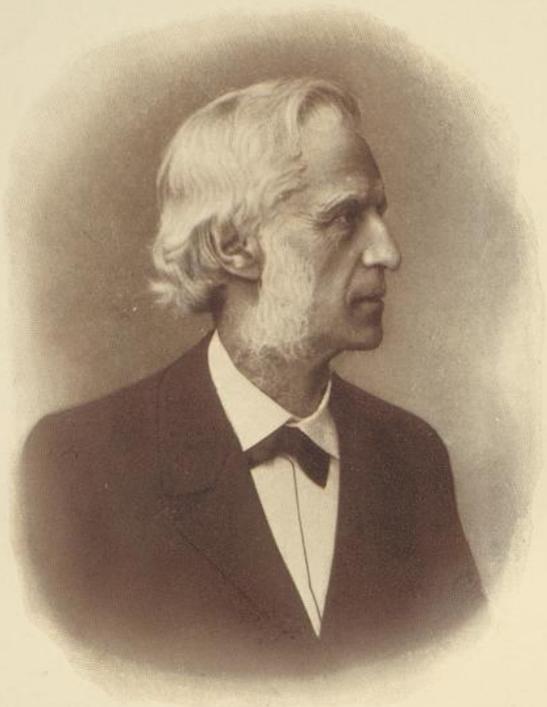
\* \* \*

Wie diese flüchtige Zusammenstellung zeigt, hat die Entdeckung der flüssigen und scheinbar lebenden Kristalle zur Kenntniss einer Menge Tatsachen geführt, welche von jeder Molekulartheorie oder sonstigen Theorie der sogenannten Molekularerscheinungen und Molekularkräfte berücksichtigt werden müssen. Hierdurch dürfte es nicht nur möglich werden, ungeeignete Theorien auszuschneiden, sondern geradezu Anhaltspunkte zur Aufstellung einer zutreffenden Theorie zu gewinnen und dies wird um so leichter möglich sein, je mehr die Zahl der Tatsachen wächst.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Um Jedem die Ausführung von Versuchen in dieser Richtung zu ermöglichen, wozu vor allem ein sogenanntes Kristallisationsmikroskop (s. O. Lehmann, Zeitschr. f. Kristallographie I, Taf. V, Fig. 7, 1877 und Flüssige Kristalle, S. 27) gehört, habe ich zwei Firmen veranlaßt, solche Instrumente zu liefern. Einfache Mikroskope für subjektive Beobachtung können schon seit längerer Zeit bezogen werden von Voigt & Hochgesang (R. Brunnée) in Göttingen, vollkommene, welche gleichzeitig Projektion der Erscheinungen ermöglichen, sowie Serien-Momentphotographie während der subjektiven Beobachtung konstruiert neuerdings die optische Werkstätte C. Zeiss nach Angaben von Herrn Dr. Siedentopf. Beide Firmen liefern auch die erforderlichen Präparate, sowie eine in Form eines Dreigesprächs abgefaßte, im Verlag von J. F. Schreiber in Eßlingen erschienene Anleitung zur Ausführung der typischen Versuche, ausgestattet mit zahlreichen farbigen Figuren im Text.

Faint, illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the page. The text is arranged in several paragraphs, but the characters are too light and blurry to be transcribed accurately. The page is otherwise blank.





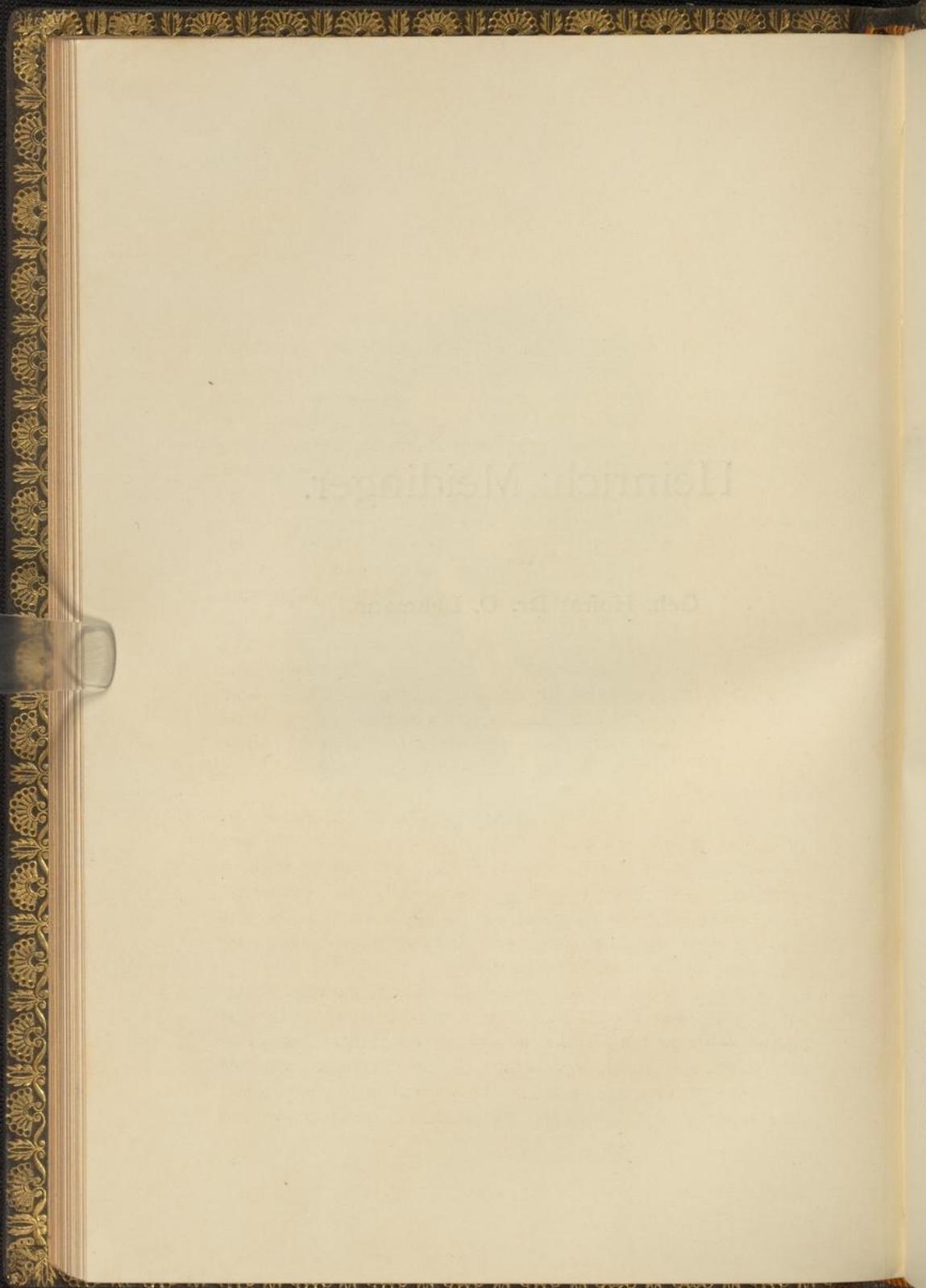
*Meidinger*

Heinrich Meidinger.

Von

Geh. Hofrat Dr. O. Lehmann.

---



Wann und wo ist Heinrich Meidinger gestorben? so schrieb an mich kurz und bündig vor einigen Jahren der Herausgeber eines bekannten biographisch-literarischen Handwörterbuchs der Physik. Die Möglichkeit, der Träger eines so viel genannten, in jedem elementaren Lehrbuch der Physik erwähnten Namens könne noch unter den Lebenden weilen, wurde von ihm gar nicht in Betracht gezogen. Dürfen wir ihm dies verargen? Keineswegs! Gerade seine reiche Erfahrung auf dem Gebiete der Physik führte ihn zu dem Trugschluss, ein Physiker, dessen Name in weiteren Kreisen Verbreitung gefunden und der nicht gerade eine sensationelle, auch dem Verständnis des Laien zugängliche Entdeckung gemacht hat, müsse längst begraben sein. In diesem Falle war ich aber in der glücklichen Lage antworten zu können, vor wenigen Tagen erst sei mir das Vergnügen zuteil geworden, einer Gesellschaft in Meidingers Hause anzuwohnen, bei welcher er samt seiner Frau Gemahlin sich sogar unter die tanzenden Paare gemischt habe, häufig könne man ihn beim Eislauf im Karlsruher Stadtgarten sehen, auch in seinem Berufe sei er in gewohnter Weise immer emsig tätig!

Der Grund der früh erreichten Popularität Meidingers ist zu suchen in der Art seiner Tätigkeit, die sich nicht auf dem Gebiete der reinen Physik bewegte, sondern auf dem Grenzgebiet zwischen Physik und Technik. Seine Erfindungen entsprachen vorhandenen, allgemein empfundenen Bedürfnissen, brachen sich deshalb rasch Bahn in der Praxis und so gehörte denn auch sein Name bald zu den bekanntesten.

Für den Karlsruher und speziell für die Mitglieder des Naturwissenschaftlichen Vereins war es auch seine Person. Noch jetzt glauben wir sein freundliches, durchgeistigtes Antlitz, dessen Bild die vorliegende Schrift ziert, wieder in den Sitzungen erblicken zu müssen, welchen er mit seltener Pflichttreue und Beharrlichkeit stets anwohnte und in welchen ihm als dem Sekretär des Vereins

naturgemäß ein Hauptteil der Arbeit zufiel. Dabei war es aber nicht besondere körperliche Rüstigkeit, die seinen Arbeitseifer bis zu so hohem Alter ungeschwächt erhielt, sondern nur sein eiserner Wille. Schon in seiner Jugend war er heimgesucht von einer schleichenden Krankheit, der Tuberkulose, der er schließlich am 11. Oktober 1905 zum Opfer fiel, aufs tiefste betrauert von seinen zahlreichen Freunden und nicht zum wenigsten von den Mitgliedern unseres Vereins, dem er durch eine lange Reihe von Jahren außerordentlich viele und wertvolle Dienste geleistet hatte.

Geboren am 29. Januar 1831 in Niederrad bei Frankfurt a. M. als Sohn des Pfarrers Johannes Meidinger, des bekannten Grammatikers, hat Meidinger zunächst das Gymnasium seiner Vaterstadt besucht bis Herbst 1849, um dann nach Gießen zu gehen, wo ihn sein Onkel, der bekannte Physiker Buff, ein Sohn des jüngsten Bruders von Werthers Lotte, in die Wissenschaft einführte. Er begann damit, die üblichen naturwissenschaftlichen Vorlesungen zu hören, wie sie für den Lehrberuf erforderlich sind, und promovierte 1853. Aber so wie jeder geniale Charakter, der bahnbrechend wirkt, kein Freund ist von Schablonen und Mode, so konnte sich auch unser Meidinger schon jetzt, zu Beginn seiner Laufbahn, nicht in die bestehenden Schranken hineinfinden; er hat sich selbst einen Weg gebahnt, unbekümmert um Vorteil oder Nachteil, allezeit treu seinen Idealen und wenigstens anfänglich unter den schwierigsten Umständen. Zu seinen Lehrern gehörte auch Justus v. Liebig, der Gründer des chemischen Laboratoriums, der ihm besonderes Interesse für Chemie eingeflößt hatte. Nachdem dieser einem Rufe nach München gefolgt war und dort keine Schüler mehr aufnahm, ging Meidinger auf 1½ Jahre nach Heidelberg zu Bunsen. Schon der Besuch der ersten Weltausstellung in London 1851, sodann vor allem der der ersten Pariser Weltausstellung im Herbst 1855 erweckte aber in so hohem Maße sein Interesse für das Technische, daß er beschloß sich von nun an ganz der Technik zu widmen, freilich nicht als Ingenieur, sondern als Physiker. „Technische Physik“, das war von nun an das Ziel seines Strebens, aber eine solche gab es nicht. Physik und Technik waren ehemals eins, technische Physik also eben nichts anderes. Da kam die Erfindung der Dampfmaschine. Mit scharfem Schnitte trennte sie die innig Verwachsenen, innig Zusammen-

gehörigen. Der Physiker, der in erster Linie die Wahrheit, den Zusammenhang und die Gesetze der Naturerscheinungen zu ergründen sucht, hatte keine Gelegenheit, sich mit den großen Maschinen der Praxis zu beschäftigen; dem Techniker, der vor allem die Lösung wirtschaftlicher Probleme erstrebt, fehlte die Zeit, sich in die subtilen Forschungen der Physiker zu vertiefen. Mächtig wuchsen beide Wissenschaften heran, aber immer mehr sich entfremdend. Die althehrwürdige philosophische Physik behauptete ihren ererbten Sitz an der Universität, die jung aufstrebende Technik gründete sich ihre eigene Hochschule. In diese Zeit fallen Meidingers Studienjahre. Selbstverständlich konnte auch er nicht erreichen, was andern versagt blieb, er konnte nicht zugleich Physiker und Techniker sein; aber er hielt fest an dem Gedanken der Zusammengehörigkeit und hatte durch seine nie rastende Arbeitsfreudigkeit und seinen Scharfblick das Glück, doch das scheinbar Unmögliche möglich zu machen.

Aus den gleichmäßig von Physik und Technik mißachteten Resten, welche bei der Teilung übrig geblieben waren, schuf er eine neue „technische Physik“ in seinem Sinn, und es war ihm noch vergönnt zu sehen, wie sich aus diesen bescheidenen Anfängen, anschließend an seine Arbeiten, in staunenerregend großartiger Entfaltung etwas Neues herausbildete, worin seine Ideale nicht nur verwirklicht, sondern weitaus übertroffen wurden — die heutige Elektrotechnik.

Jene mißachteten Teile der Physik und Technik waren das, was man heute Schwachstromtechnik (Telegraphie usw.) und Elektrochemie (Galvanoplastik usw.) nennt. Sie krankten an dem Mangel eines galvanischen Elements mit einer auf Monate konstanten Kraft. Hier war es, wo Meidingers Tätigkeit einsetzte.

Als Frankfurter militärfrei, blieb er zunächst bis Ostern 1856 in Paris und siedelte dann nach London über, wo er sich bis Ende des Jahres aufhielt, um sich im Technischen weiter auszubilden. Anfang 1857 kehrte er nach Heidelberg zurück, habilitierte sich dort für „Technologie“ und gründete am 4. Dezember sein eigenes Heim durch Verehelichung mit Elisabeth Glaub (geb. am 4. Dezember 1830). Seine erste Vorlesung „Elektrizität in ihren technischen Anwendungen“ behandelte einen Stoff, über welchen zum erstenmal an einer Hochschule vorgetragen wurde. Die heute allgemein verbreitete „elektrische Klingel“ war damals

noch kaum gekannt, Meidinger hat selbst (im Jahre 1857) das erst solche Läutewerk in Baden (in seiner Wohnung) eingerichtet. Dieses sowohl, wie auch namentlich eine elektrische Pendeluhr, die er von der Pariser Weltausstellung mitgebracht hatte, gab ihm Anlaß über Verbesserung der galvanischen Elemente nachzudenken. Das bekannte Element von Bunsen entwickelte unangenehme Dämpfe; beim Daniell'schen Element füllte sich bald die Tonzelle mit Kupfer aus und wurde gesprengt. Im Jahre 1859 gelang ihm durch sorgfältiges Studium der physikalischen Vorgänge im Element eine Konstruktion ohne Tonzelle zu erfinden, bei welcher die beiden spezifisch verschieden schweren Flüssigkeiten der Daniellschen Batterie allein durch ihr spezifisches Gewicht getrennt wurden. Hierdurch wurde es möglich, die Batterie in ganz gleicher Wirkung auf ein Jahr und mehr zu erhalten, das schwierige Problem war gelöst! Gürtler Bussemer in Heidelberg verfertigte die ersten Exemplare und die Verwendung erfolgte zunächst hauptsächlich im Eisenbahnsignaldienst, da hier die Verwendung von Ruhestrom nötig war, d. h. Signalgebung durch Öffnung des dauernd geschlossenen Stromes, damit von jeder Station zugleich an allen Stationen Mitteilung gemacht werden konnte und die Batterie nur an einem Orte aufgestellt zu werden brauchte.

Die Erfindung dieses heute allbekannten „Meidinger-elementes“, dessen Überlegenheit über die zahllosen andern Konstruktionen bald erkannt wurde und welches auch noch heute, nach einem halben Jahrhundert, als das beste anerkannt ist, bedeutete einen wesentlichen Fortschritt in der technischen Anwendung der Elektrizität. So wie man von der Erfindung der Dynamomaschine die Geschichte der Starkstromtechnik zu datieren pflegt, so könnte man nicht mit Unrecht von der Erfindung des Meidinger-Elements an die Geschichte der praktischen Schwachstromtechnik rechnen. Aus dieser aber ist die Starkstromtechnik hervorgewachsen. Meidinger selbst hat sich mit Verbesserung der magneto-elektrischen Maschinen mit Erfolg befaßt; mit Erfindung der Dynamomaschine ist ihm freilich Werner Siemens zugekommen.

Seine Bemühungen zur Verbesserung der Kleintechnik durch Anwendung physikalischer Gesetze brachten Meidinger naturgemäß in Berührung mit dem Gewerbeverein in Heidelberg, in welchem sich damals infolge der Einführung der Gewerbefreiheit

ein reges Leben zu entwickeln begann. Er wurde alsbald Mitglied desselben und hielt dort wiederholt Vorträge mit Experimenten, insbesondere sprach er an einer Reihe von Abenden über seinen Besuch der zweiten Weltausstellung in London 1862. Daneben hielt er auch Vorträge vor gemischtem Publikum, Damen und Herren, die ersten öffentlichen populären Vorträge, welche in Heidelberg gehalten wurden. Diese Tätigkeit gab den Anlaß zu seiner Berufung als Direktor der neugegründeten Landesgewerbehalle in Karlsruhe im Jahre 1865. Hier war er in erster Linie damit beschäftigt, die Bibliothek zu gründen, Ausstellungsgegenstände zu beschaffen und zu prüfen, zu beraten, sowie Vorlesungen im Saal der Anstalt zu halten. Die erst zu beschaffenden Werke der Bibliothek wurden nach einem neuen Plan, wie er bis dahin noch nicht existierte, geordnet nach drei Hauptgruppen, die dann wieder in zahlreiche kleinere Gruppen zerlegt wurden. Der Raum der Bibliothek, ursprünglich ein Zimmer, vergrößerte sich allmählich auf acht Zimmer von 338 qm Fläche, die Zahl der Nummern (mit viel mehr Bänden) auf 2300. Das Lesezimmer enthält heute bereits 50 Arbeitsplätze. Die Ausstellung hatte ursprünglich einen Raum von rund 400 qm; als mit Gründung der Kunstgewerbeschule in dem oberen Stock die Anstalt vergrößert wurde, stieg ihre Fläche ebener Erde auf 850 qm, welche sie heute noch besitzt. Als besonders wichtige Aufgabe betrachtete Meidinger in den ersten Jahren die Prüfung der Otto-Langenschen atmosphärischen Gaskraftmaschine, welche er 1867 beim Besuch der zweiten Pariser Weltausstellung kennen gelernt hatte. Er war in der Lage, eine halbpferdige Maschine dieser Art für die Ausstellung zu erwerben und fand sie bei mehrmonatlicher Untersuchung — im Gegensatz zu Hannoverschen Sachverständigen — sehr brauchbar. Sie verbreitete sich in der Tat rasch, bis sie 1877 von dem jetzigen neuen Motor von Otto verdrängt wurde.

Von Anfang seiner Karlsruher Tätigkeit an wurde er auch Mitglied unseres Naturwissenschaftlichen Vereins und Herausgeber der Verhandlungen desselben, welche durch die lange Reihe von 30 Jahren mit größter Gewissenhaftigkeit und Aufopferung von ihm redigiert wurden. In Anerkennung dieser Verdienste wurde er von dem Verein, wie bekannt, an seinem 70ten Geburtstage zum Ehrenmitglied ernannt. Im Jahre 1867 gründete er

ferner die „Badische Gewerbezeitung“ nach dem Vorbild der in Darmstadt und in Stuttgart erscheinenden Gewerbeblätter, in den ersten Jahren als Monatsblatt — fast ganz von ihm selbst geschrieben — seit 1872 als Organ der badischen Gewerbevereine zweimal im Monat erscheinend und seit 1880 wöchentlich. Seine Bestrebungen legte er 1882 in einem größeren Artikel über den „Charakter eines Gewerbeblattes allgemeiner Richtung“ dar und 1883 führte er die mit erster Jahresnummer regelmäßig erscheinenden „Organisationen zur Förderung des Gewerbes in Baden“ ein und die mit jeder Nummer erscheinenden einfachen „kunstgewerblichen Abbildungen“, welche anfangs auf eine Textseite gedruckt, seit 1887 aber auf besonderen Blättern beigegeben wurden. Erst Ende 1902 trat Meidinger in der Hauptsache von der Redaktion der Badischen Gewerbezeitung zurück, nachdem er angeregt hatte, daß für die Folge Jahresberichte über die einzelnen Gewerbe im Hinblick auf deren technischen Fortschritt von Fachleuten angefertigt werden sollten, deren bis heute schon eine erhebliche Zahl vorliegt. Von den mit dem Jahre 1884 begonnenen Meisterkursen, welche dazu bestimmt sind, Handwerksmeister in dem Fortschritt ihres Gewerbes zu unterrichten, rief Meidinger zwei ins Leben. Seit 1893 den elektrischen Kurs für Hausleitungen und Blitzableiter, sowie 1902 den Kurs für Hafner zur Belehrung über die richtigste Konstruktion der Tonöfen. Mit dieser Frage der besten Ofenkonstruktion, ein anderes in gleicher Weise von Physikern und Technikern mißachtetes Problem, hatte sich Meidinger ebenfalls schon seit Beginn seiner Karlsruher Tätigkeit eingehend befaßt. In physikalischer Hinsicht liegt eine gewisse Beziehung vor zu seinen Untersuchungen beim galvanischen Element und der Konstruktion der von ihm erfundenen kleinen Eismaschine für Haushaltungen und Zuckerbäckereien, deren vorteilhafte Wirkung ebenfalls auf richtiger Verwertung der Verschiedenheit des spezifischen Gewichts der Flüssigkeiten beruht. Auch die Zugkraft der Kamine beruht auf dem verschiedenen spezifischen Gewicht der heißen und kalten Luft und durch ein von ihm konstruiertes Modell eines Schornsteins konnte er deutlich die verschiedenen Unvollkommenheiten der üblichen Konstruktionen von Kaminen und Öfen nachweisen. An mehreren Dutzend verschieden konstruierter Öfen, die er selbst auf seinem Bureau bediente,

machte er eine Menge von Versuchen über den Nutzeffekt derselben, die geeignetste Beschaffenheit der Brennstoffe — er ließ solche zum Teil aus großer Ferne, sogar aus Amerika kommen — das Ausströmen giftiger Gase aus Öfen, die Ursache von Explosionen von Öfen, die Unabhängigkeit der Wirkung von der Höhe der Aufstellung usw. — Dinge über welche vorher nichts bekannt war. Ein ganz eigenartiges Problem legte ihm die Koldeweysche Polarexpedition vor, welche einen dauernd gut heizenden Ofen wünschte. Hierdurch gelangte er im Jahre 1869 zur Erfindung des unentbehrlich gewordenen Dauerbrandofens, der sich bald in verschiedenen Formen in der ganzen Welt eingebürgert hat, unter welchen der fast ein halbes Jahrhundert alte ursprüngliche „Meidingerofen“ noch heute zu besten gehört.

Im folgenden Jahre, bald nach Ausbruch des Krieges 1870, wurde Meidinger von dem Vorstand des Badischen Frauenvereins aufgefordert, eine Militärwäscherei einzurichten und zu leiten für etwa 300 Kranke. Es geschah dies auf der Militärschwimm-  
schule. Die Arbeit besorgten 24 Wäscherinnen, deren Unterweisung und Beaufsichtigung seine Frau übernahm. Als im November die frühe Winterkälte eintrat, konnte nicht mehr getrocknet werden; aber Meidinger wußte Rat. Er ließ einen hölzernen Schornstein bauen, in welchem ein konstanter Strom warmer Luft durch vier unten angebrachte Meidingersche Dauerbrandöfen unterhalten wurde. In diesem „Trockenturm“ wurde die nasse Wäsche aufgehängt bis 11 m Höhe und, wie zu erwarten war, wurde sie durch die trockene warme Luft, welche oben als feuchte Luft den Schornstein verließ, rasch von ihrer Feuchtigkeit befreit. Die Anordnung erwies sich als so vorteilhaft, daß er auch beim Bau seines Hauses (Nowacksanlage 2) im Jahre 1873 einen solchen Trockenturm mit Transportanlage zum schnellen Ein- und Ausbringen der Wäsche einbauen ließ. Noch manche andere Meidingersche Konstruktionen fanden dabei praktische Ausführung, so die Einrichtung besonderer Kamine in jedem Stockwerk, welche dauernd guten Zug und nie Rauch in dem Zimmer erzeugen (das erste Beispiel), die Verbindung der Abortgrube mit einem besonderen Zugkamin zwischen Feuerkaminen, wodurch die Aborte völlig geruchlos wurden, die Bekleidung der Außenmauer eines Schlafzimmers mit schlechtem Wärmeleiter

und die ausschließliche Verwendung von rheinischen Tuffsteinen für die Zwischenwände, eingemauerte völlig verborgene feuerfeste Kassenschränke in jedem der drei Stockwerke, ein Hand-Kohlenaufzug vom Keller bis zum Dach durch sämtliche Küchenräume geführt und anderes mehr. Die Zeitschriften des Gewerbevereins und des naturwissenschaftlichen Vereins enthalten die Berichte über zahlreiche weitere Erfindungen und Studien, die er als Vorstand der Landesgewerbehalle auch unmittelbar für die Praxis fruchtbar machen konnte.

Vorträge hielt Meidinger in den ersten 10 Jahren ausschließlich in dem an 200 Personen fassenden Saal der Landesgewerbehalle für das gesamte Publikum; später, als wegen Einrichtung der Kunstgewerbeschule dieser Saal nicht mehr zur Verfügung stand, im Karlsruher Gewerbeverein, sowie auswärts in 42 Gewerbevereinen des Landes, zumeist unter Vorzeigung und Ausführung von Versuchen. Den letzten zweistündigen Vortrag kurz vor seinem 70ten Lebensjahre hielt er in Villingen über „Gas oder Elektrizität“. Im Naturwissenschaftlichen Verein hielt er im ganzen 125 Vorträge, über welche in den Verhandlungen berichtet ist. Ferner hielt er als Mitglied Vorträge in dem Karlsruher und in dem Mannheimer Bezirksverein deutscher Ingenieure, in dem hiesigen Architekten- und Ingenieurverein, sowie in dem Frankfurter „Technischen Verein“, der ihn auch zu seinem Ehrenmitglied ernannte. Besonders zu erwähnen sind zwei Vorträge, die er bei den Versammlungen des Deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege hielt: 1895 in Stuttgart über „Gasheizung im Vergleich zu anderen Einzelheizsystemen“ und 1899 in Nürnberg über die „Rauchbelästigung in Städten“, auch noch ein Vortrag in der Jahresversammlung der Zentralstelle für Arbeiterwohlfahrtsrichtungen in Berlin, Mai 1894, über die „Stauberzeugung in Haarschneidereien“. Verschiedene Vorträge wurden auf Veranlassung des Frauenvereins sowie des Vereins für Volkshygiene gehalten im Karlsruher Rathaussaal. Im Frühjahr 1882 berichtete er auf Wunsch der Großherzoglichen Herrschaften vor diesen und geladenen Gästen in Baden über die Entwicklung der elektrischen Beleuchtung mit Hinsicht auf die erste internationale elektrische Weltausstellung in Paris 1881, welche er besucht hatte.

Den Ausstellungen hatte Meidinger überhaupt stets

besonderes Interesse gewidmet. Alle europäischen Weltausstellungen: 1867 Paris, 1873 Wien — wo er als Preisrichter tätig war — 1878 Paris, 1889 Paris, 1900 Paris wurden von ihm eingehend studiert; ebenso verschiedene deutsche Ausstellungen, darunter diejenigen in Karlsruhe: 1877, 1886, 1894, über welche er die Kataloge als vorbildliche Muster anfertigte.

Im Nebenamt war er seit 1869 als Lehrer an der Technischen Hochschule tätig, indem er zunächst einen Teil der früher von Prof. Dr. Karl Seubert gehaltenen Vorlesungen (Heizung und Beleuchtung, Glas- und Thonwarenindustrie) übernahm und sie später durch Vorlesungen über Anwendung der Elektrizität erweiterte. Am 11. Juli 1874 wurde ihm der Titel eines ordentlichen Professors der technischen Physik verliehen, für welches Fach bis dahin kein Lehrauftrag bestand mit Sitz und Stimme im großen Rat, allerdings ohne Gründung eines eigenen Lehrstuhls. Zuletzt las er über Heizung und Ventilation der Wohnräume, Dynamomaschinen im Hinblick auf ihre Verwendung und ältere Anwendungen der Elektrizität (Blitzableiter, Galvanoplastik, Telegraphie und Telephonie). Er war mit 75 Jahren der älteste Lehrer der Technischen Hochschule.

Eine reiche, man möchte sagen überreiche Tätigkeit ist Meidingers Lebenswerk! Mit Stolz konnte er darauf zurückblicken in den letzten Jahren, da natürlich das Alter seinem Wirken eine Grenze setzte. Manchmal erfüllten ihn da Todesahnungen. Dann gewährte er mir wohl einen tiefen Einblick in sein Herz, das Trost fand in dem Bewußtsein, stets so gehandelt zu haben, wie es echt christlicher Sinn vorschreibt. In der Tat, er liebte Gott, denn er liebte die Menschen und er diente Gott, denn er gebrauchte seine Kräfte dazu, wozu sie uns gegeben sind, zu treuester Pflichterfüllung in selbstlosem Bemühen für das Wohl der Gesamtheit. So mußte ihm der Abschied leicht werden!

Von Seiner Königlichen Hoheit dem Großherzog wurde er mehrfach durch Titel und Orden ausgezeichnet: 1891 wurde er zum Hofrat ernannt, 1902 zum Geheimen Hofrat, 1875 erhielt er das Ritterkreuz I. Klasse des Ordens vom Zähringer Löwen, desgleichen mit Eichenlaub 1894, Ende 1904 beim Abschied von der Landesgewerbehalle das Kommandeurkreuz II. Klasse des Ordens vom Zähringer Löwen.

Naturgemäß erwarb sich Meidinger schon durch seine ausgedehnte Berufstätigkeit, die ihn mit sehr vielen Personen in Berührung brachte, durch sein liebenswürdiges und bescheidenes Wesen eine große Zahl von Freunden, wohl auch durch seine Vorliebe für Geselligkeit. Die gesellschaftlichen Unterhaltungen in seinem Hause waren in der Regel besonders gewürzt durch Vorführung von allerlei physikalischer Kurzweil; sehr gerne führte er auch seine Gäste in die freie Natur und jeder Teilnehmer an diesen fröhlichen Ausflügen der sog. „Meidinger-Gesellschaft“ wird stets mit großem Vergnügen daran zurückdenken. Ein besonderer Festtag war alljährlich die Feier seines Hochzeitstages. Gelegentlich der Silberhochzeit bereitete er den Gästen eine besondere Überraschung durch Ausschmückung seiner Wohnung mit den eben erst erfundenen, in Karlsruhe noch vollkommen unbekanntem Edisonschen Glühlampen, für welche den Strom eine auf der Straße aufgestellte Lokomobile mit Dynamomaschine lieferte, vom Publikum mit einiger Entrüstung als verspätet arbeitende, die Nachtruhe störende Grubenentleerungsmaschine betrachtet. Als ihn die Last der Jahre nötigte, auf solche Veranstaltungen zu verzichten und die Einladung zur Hochzeitsfeier ausblieb, fand sich die Gesellschaft dennoch ein und jeder brachte etwas dazu Nötiges mit, sodaß das Fest zu Meidingers größtem Erstaunen ganz ohne sein Zutun dennoch stattfand und ganz den gewohnten Verlauf nahm! Ein schönes Zeugnis für die überaus herzlichen Beziehungen der Familie Meidinger zu ihren Freunden.

Auch für den Fernerstehenden kam diese Anhänglichkeit und Hochschätzung zum Ausdruck durch die zahlreiche Beteiligung bei Meidingers Begräbnisfeier im Krematorium des hiesigen Friedhofs am 13. Oktober 1905 und durch die dabei gehaltenen Ansprachen, die ausklangen in die Worte: „Wir werden es nicht mehr sehen, das liebe Gesicht mit den allzeit klaren Augen, wir werden ihm nicht mehr die Hand drücken können, dem freundlichen Kollegen mit den Silberhaaren, dem jugendfrischen Herzen, der so gerne weilte im Kreise lebensfroher Jugend, dessen Freude es war, wenn er andere im Glück sah oder wenn er sie irgend erfreuen konnte, aber er wird fortleben in unserem Herzen, er wird fortleben in der Geschichte der Wissenschaft als leuchtendes Vorbild für die Nachwelt. Ehre seinem Andenken!“

