

✓
VERHANDLUNGEN
DER
PHYSIK.-MED. GESELLSCHAFT
ZU
WÜRZBURG.

HERAUSGEGEBEN
VON DER
REDAKTIONS-KOMMISSION DER GESELLSCHAFT:
PROF. DR. O. SCHULTZE.
PROF. DR. W. LUBOSCH. DR. P. VONWILLER.

NEUE FOLGE. XLV. Band.

MIT 80 ABBILDUNGEN IM TEXT UND 3 TAFELN.

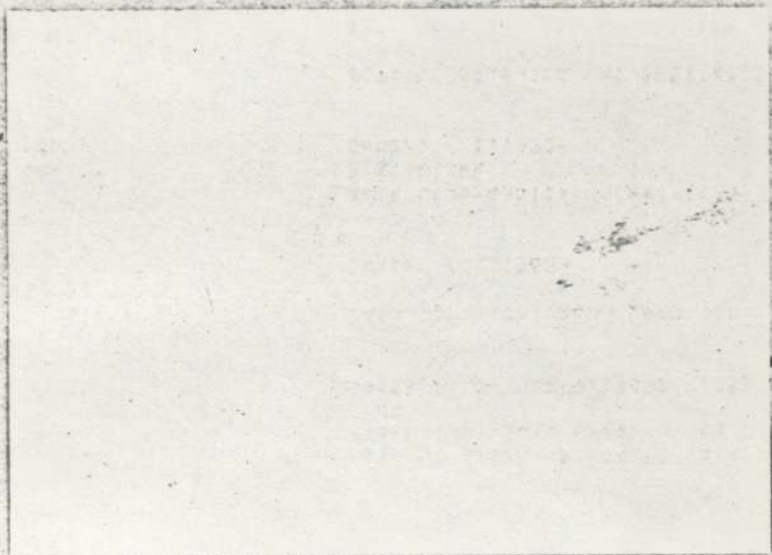


WÜRZBURG UND LEIPZIG.
CURT KABITZSCH VERLAG.
1918.

HYSD

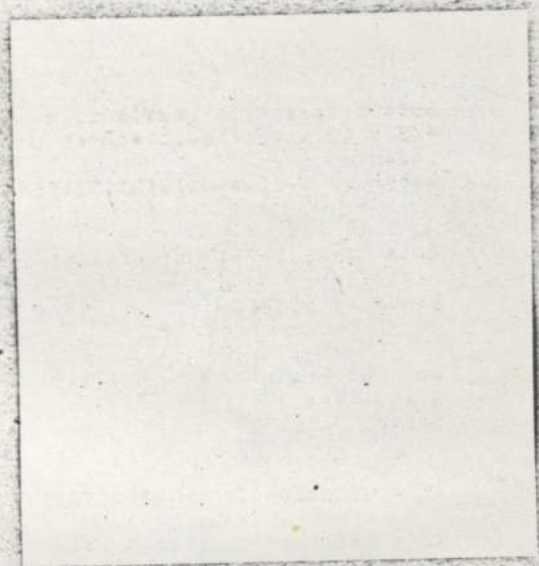
EDVA

5'8124



Inhalt des XLV. Bandes.

	Seite
<i>Baltzer, R.</i> : Über die Eihildung bei <i>Banellia viridis</i> . Mit 1 Tafel	103
<i>Brechenow, J.</i> : Kinetoaktyvomaguetische Theorie der Krystalle	135
<i>Brechenow, J.</i> : Über die Bedeutung der Polarität der Atome, der optischen Drehung, der Elastizität, der Spaltbarkeit und der sogenannten anomalen Erscheinungen und über den Einfluss der Lagerung der Atome bei chemischen Prozessen. Mit 42 Textfiguren	165
<i>Kraip, H.</i> : Zur Kenntnis der Würzburger Rosenkranz. Nachgelassene Schriften von Gregor Kraus	1
<i>Lubrosch, W.</i> : Neue Ergebnisse in der Erforschung des Aufbaues der Terpeninmuskulatur. Mit 2 Tafeln	181
<i>Müller, L. B.</i> : Beitrag zur Psychologie der Türken	111
<i>Rudolphi, Hilda</i> : Untersuchungen über die Assimilation und Atmung von Wasserpflanzen. Mit 18 Textfiguren	31



VERHANDLUNGEN
DER
PHYSIKALISCH-MEDICINISCHEN GESELLSCHAFT
ZU
WÜRZBURG.

N. F. BAND 45.

№ 1.

ZUR KENNTNIS
DER WÜRZBURGER ROSENFLORA

NACHGELASSENE SCHRIFTEN
VON
GREGOR KRAUS.

HERAUSGEGEBEN VON
H. KNIEP.

WÜRZBURG.
CURT KABITZSCH VERLAG.
1917.

Botanische Arbeiten

aus den

„Verhandl.“ u. „Sitzungsberichten“ der Physik.-med. Gesellschaft

Die Flora des Rhöngebirges.

Von M. Goldschmidt-Geisa.

- I. Folge. 2. Aufl. Preis M. 1.—.
II. Folge. Preis M. —.60. III. Folge. Preis M. 1.—.
IV. Folge. Preis M. 1.—. V. Folge. Preis M. —.80.
VI. Folge. Preis M. 1.20. VII. Folge. Preis M. 1.—.
VIII. Folge. Preis M. 1.—.

Beiträge

zur

Kenntnis der Kallus- und Wundholzbildung geringelter Zweige

und deren histologischen Veränderungen.

Von Dr. phil. Aug. Krieg.

Mit 25 Tafeln. — Preis M. 12.—.

Aus der

Pflanzenwelt Unterfrankens.

Herausgegeben von

Prof. Dr. Gregor Kraus.

- Heft 1: Johann Michael Fehr und die Grettstadter Wiesen. Von Gr. Kraus. Preis M. 1.50
2: Über den Bau der Schlehrüppel. Von Fr. Bott. Preis M. 1.—
3: Anpassung der Zwergpflanzen des Würzburger Wellenkalkes nach Blattgröße und Spaltöffnungen. Von E. Lippold. Preis M. 1.50
4: Anemometrisches vom Krainberg bei Gambach. Mit 4 Tafeln. — Schlussworte zu Fehrs „Tempe“. Von Gr. Kraus. Preis M. 2.—
5: Über Alter und Dickenwachstum von Würzburger Wellenkalkpflanzen. Von Fr. Kanngieser. Preis M. 1.20
6: Über den Nanismus unserer Wellenkalkpflanzen. Von Gregor Kraus. Mit 1 Tafel. Preis M. 1.50
7: *Vicia Orobus* DC. und ihre Heterotrichie. Von Gregor Kraus. Mit 2 Tafeln. Preis M. 1.—
8: Die *Sesleria*-Halde. Von Gregor Kraus. Mit 2 Tafeln. Preis M. 1.—
9: Die Anatomie einiger Gramineenwurzeln des Würzburger Wellenkalkes. Von Franz Contzen. Preis M. 2.40
10: Erfahrungen über Boden und Klima auf dem Wellenkalk. Preis M. —.80
11: Die Fels- und Gerölllehne. — Wellenkalkwälder. — *Lactuca quercina* L. — *Ambrosius* Rau und sein Rosenherbar. Preis M. 1.30

Aristoteles und Plinius.

Studien zur Geschichte der Zoologie

von Dr. August Steier.

Preis broschiert M. 4.—.

INHALT: Die Einteilung der Tiere in der Naturalis Historia des Plinius. — Die Tierformen des Plinius. — Zoologische Probleme bei Aristoteles und Plinius.

Eine der besten Arbeiten zur antiken Zoologie, welche seit Jahren erschienen ist.
„Mitteilungen zur Geschichte der Medizin“.

Zur Kenntnis der Würzburger Rosenflora.

Nachgelassene Schriften

von

Gregor Kraus.

Herausgegeben von **H. Kniep.**

Vorbemerkungen des Herausgebers.

In den letzten Jahren seines Lebens hat *Gregor Kraus* die seit dem Erscheinen von *Ambrosius Raus* „Enumeratio Rosarum circa Wirceburgum et pagos adjacentes sponte crescentium“ (Nurimbergae 1816) berühmte Würzburger Rosenflora mit besonderem Interesse studiert. Er hatte vor, gelegentlich seines 50jährigen Doktorjubiläums (13. Januar 1916), das zu erleben ihm nicht mehr vergönnt war, ein kleines, in fünf Teile gegliedertes Werk mit dem oben angegebenen Titel erscheinen zu lassen, das die Widmung tragen sollte: „Beim goldenen Doktorjubiläum des Verfassers *Ambrosius Rau* zum 100jährigen Jubiläum seiner ‚Rosae wirceburgenses‘ gewidmet.“ Von den fünf Abhandlungen lagen die beiden ersten und die vierte nahezu vollendet vor. Von der dritten („Einige Bemerkungen zu *Rosa aciphylla* Rau und ihre Verwandten“) sind nur einige, zum grossen Teil stenographische Notizen vorhanden, die sich nicht zu einen Gesamtbilde verarbeiten liessen. Besonders bedauerlich ist, dass auch von der letzten (fünften) Abhandlung, die den Titel führen sollte: „Wilde Rosen in Kultur“ nur Bruchstücke vorhanden sind. Soweit es mir möglich war, aus den vorliegenden Angaben sichere Schlüsse zu ziehen, ist das geschehen. Ich bin überall bestrebt gewesen, nur das mitzuteilen, was sich mit völliger Sicherheit feststellen liess. Inhaltliche Korrekturen wurden prinzipiell vermieden, nur stilistisch mussten hie und da einige geringfügige Änderungen angebracht werden. Ferner habe ich gelegentlich zur Erleichterung des Verständnisses Literaturangaben eingefügt und

die Standortsangaben möglichst so bezeichnet, dass sie leicht auf den Generalstabskarten des Gebiets aufzufinden sind. Für die nicht immer leicht gewesene Entzifferung der stenographischen Aufzeichnungen bin ich Fräulein Dr. *W. Gast* zu grossem Dank verpflichtet.

1. Zur Geschichte der Würzburger Rosenflora.

(Die Würzburger Rosen vor *Rau*.)

Im Jahre 1751 erschien in Würzburg eine medizinische Doktor-dissertation unter dem Titel „Dissertatio inauguralis medico-botanica de Rosa praeside Laurentio Antonio Dercum“. 27 pp. 4^o.^a*)

Wer die akademischen Gepflogenheiten jener Zeit kennt, weiss, dass nicht der Promovierte, sondern der Präses der Verfasser der Arbeit ist, in diesem Falle der Vater des Doktoranden, der hiesige Professor der Medizin. — Er wird auch nicht viel Botanisches in der Schrift erwarten. Nach der allgemeinen und ortsüblichen rhetorischen Einleitung gehört — nicht mit Unrecht — der Hauptteil der Schrift der Betrachtung: de utilitate rosae medicae an. Der theoretische Teil aber, Kap. I—III (p. 3—10), ist einfach vorlinnéischen botanischen Schriftstellern entnommen; insbesondere sind im II. Kap. (p. 5—8) die diversae species rosarum wörtlich aus den Institutionen *Tourneforts* und ergänzend *Boerhaves* Index pl. hort. Lugduni-Batav. abgeschrieben. Das einzige auf unsere Gegend bezügliche Tatsächliche könnte man etwa in den Angaben finden: „Rosae silvestres crescunt sponte ubivis in patria nostra in campis et ad sepes. Tempus florendi ordinarium est aestivum circa Junium“ (p. 10). — „Fructus . . . Germanis . . . et Franconibus die Hüffen . . . nominantur.“

Wenn *Pritzel* Recht hätte, würde es eine Flora herbipolitana, im Jahre 1782 erschienen, geben und zuerst auf Würzburger Rosen zu befragen sein: In der ersten und zweiten Auflage des Thesaurus (ed. II. p. 429) findet sich die Angabe: *Wilhelm*, Flora herbipolitana, Bamberg 1782. gr. 8^o. In den traditionellen Zitaten der Würzburger Floristen findet sich freilich kein Wort darüber. Die Angabe ist also auch später völlig unbekannt geblieben. Sachlich schadet das freilich gar nichts; denn die Angabe unseres Fundamentalwerkes über botanische Literatur ist unrichtig. *Franz Heinrich Meinolph Wilhelm*, Würzburger Professor der Medizin und Chemie hat eine geschätzte, in mehreren Auflagen erschienene Pharmacopoea herbipolitana

*) Die Bezeichnungen a), b) usw. beziehen sich auf die am Schlusse dieses Teils (S. 8 ff.) befindlichen Anmerkungen und Zusätze.

geschrieben, in der, wie mir die Einsicht der Schrift zeigte, nicht das geringste Botanische steht.

Die wissenschaftliche Rosenkenntnis unseres Landes, d. h. die Unterscheidung *Linnéscher* Arten und Angaben über Orte ihres Vorkommens in Franken beginnt im Jahre 1799; und das Verdienst der Anbahnung der Rosenkenntnisse gebührt nicht einem Würzburger, sondern dem ausgezeichneten Wertheimer Arzt und Botaniker *A. W. E. C. Wibel*^{b)} in seinen *Primitiae Florae Werthemensis*. (Jenae, Goepferdt. 1799. 8^o. 372 p.) Das Florengebiet der ehemaligen Grafschaft Wertheim hat nicht allein überhaupt fränkischen Charakter, ein nicht geringer Teil derselben gehört ja auch politisch zu Unterfranken. Wir dürfen also mit Recht hier den Anfang der wissenschaftlichen fränkischen Rosenforschung sehen.

Die von *Wibel* aufgeführten Rosenarten (p. 263—265 und Additam. p. 350—351) sind ausführlich genug charakterisiert um ihre Identität mit heutigen Formen zu sichern.

Er führt auf:

1. *Rosa Eglanteria* L. — „In sepibus prope Niklashausen et Werbach.“

2. *R. arvensis* L. *Rau* identifiziert (p. 86) sie mit seiner *dumetorum*. Diese ist aber nach einem vorhandenen Original *Raus R. dumetorum* f. *Thuilleri*. — „In der Eichelstaig et alibi.“

3. *R. dubia* *Wibel*. nach *Rau* (p. 155) seine *villosa* β -*mollissima*. Ohne Zweifel eine *tomentosa*. — Auch Additam. p. 350. „Ad colles ubique.“

4. *R. villosa* L. *Rau* zieht diese „in dumetis prope Homburg“ vorkommende Rose zu seiner *villosa* α -*vulgaris* (p. 152), heute eine *tomentosa*-Form.

5. *R. spinosissima* L. „Ad montem Kalmut. humilis; orgyali magnitudine in dumetis prope Homburg ad viam versus Bettingen.“

6. *R. rubiginosa* L. „Ad vias in dumetis ubique.“ Wenn sie *Rau* richtig zu seiner var. γ -*parvifolia* stellt, so wäre es unsere var. *apricorum* *Rip*.

7. *R. canina* L. „In dumetis ubique“. („Folia glabra“).

8. *R. serpens* *Ehrh.* = *repens* (*Rau* p. 41). „In silvis prope Uttingen“.

In seinen „Beiträge zur Beförderung der Pflanzenkunde“, Frankfurt 1800, S. 98 kommt *Wibel* auf seine *Serpens* zurück und sagt: „*Rosa serpens* soll, wie ich von *H. D. Fluegge* erfuhr, mit der *Rosa arvensis* L. einerlei sein (was ja auch richtig ist), alsdann aber ist

meine *Rosa arvensis* gewiss nicht die *Linnésche*, sondern eine noch unbestimmte Art. Sie scheint mir, wie ich schon in den *Addit.* sagte, dieselbe Pflanze zu sein, welche *H. Schrank* unter *R. sylvestris* auführt. Die *Pollichsche R. sylvestris* gehört nicht hierher.“

In den *Additamenta* p. 350—51 kommen dazu:

9. *R. sempervirens* L.? „In dumetis ad montem Flöhberg“. *Rau* stellt diese *Wibelsche* Nummer (p. 141) zu seiner *umbellata*. Aus *Rauschen* Originalen kann ich feststellen, dass *Raus umbellata* identisch ist mit *R. canina* L. *andegavensis* Rap. Mit dieser Form hat sie allerdings die „fructus . . . ad mediam usque cum pedunculis hispidi“ gemein, doch macht die von *Wibel* p. 350 gemachte weitere Beschreibung, besonders die „folia supra laevia subtus glanduloso-subrubiginosa“ die Identifizierung völlig problematisch.

10. *R. gallica* L. „In dumosis im Walzenberg“.

11. *R. pumila* Jacq. „In dumosis auf dem Flöhberg“. „forse sola varietas“.

Dazu kommt noch:

12. *R. mollissima* Gmel. *Heller*, Suppl. p. 43 Ad sepes prope Lengfurth et Triefenstein passim inventa a celeberr. *Wibel*.

Ist nach *Hellers* Herbarium, wo sie ohne Fundort liegt, = *farinosa*.

Es erscheint mir sehr bemerkenswert, dass *Wibel* mit Ausnahme von *R. rubiginosa* und *repens*, als Blütezeit überall Mai (und Juni) ergibt.

Würzburger Rosen im engsten Sinn, d. h. Rosenarten mit genauen Standorten auch der nächsten Umgebung der Stadt, erscheinen zum ersten Male in den *Primae Lineae florum herbipolensis* von *Johann Friedrich Lehmann*^{c)} im Jahre 1809. S. 35—36 unter Nr. 418—424 führt derselbe 7 Species auf, von denen *alba* freilich keine Wildrose ist.

Nr. 418. *arvensis* (wohl *repens*), in sylva ad Zell, wo sie heute noch steht.

Nr. 419. *spinosissima*, ad margines agrorum in versuris, inter Versbach et Rimpf; rara

Nr. 420. *pumila*, ibidem frequens.

Nr. 421. *collina*, auf dem Hexenbruch. Da in dem Büchlein keine Autoren der Arten angegeben sind, muss fraglich erscheinen, welche Species hier gemeint ist. *Raus collina* (p. 168 der *Enum.*) ist nach meinen Untersuchungen ein Bastard von *gallica* × *canina*. *Wallroths collina* ist eine *dumetorum*-Form.

Nr. 422. *rubiginosa*, in dumetis, collibus frequens.

Nr. 423. *canina* in sepibus, dumetis, rupestribus arcis Marienberg.

Nr. 424. *alba* in rupestribus arcis Marienberg.

In Ermittlung der Rosenarten ist, wie man sieht, das Büchlein *Wibel* gegenüber kein Fortschritt — ja ein Rückschritt! —. In erhöhtem Masse gilt das ganz unerwarteterweise für *Hellers* Würzburger Flora im Jahre 1810/11. Unter den 9 *Linnéschen* Arten, die *Heller* aufführt, sind 4 Kulturrosen (*lutea*, *cinnamomea*, *centifolia*, *alba*). Es bleiben als einheimische nur: *arvensis*, *spinosissima*, *villosa*, *rubiginosa*, *canina*. Auffallenderweise fehlt selbst *pumila* (*gallica*!). — Diese erscheint, ebenso wie *mollissima* und die problematische *agrestis* und *corymbifera* offenbar unter dem nachträglichen Einfluss von *Gmelins* *flora badensis-alsatica*, Tom. II, 1806, erst im Supplement 1815. Erfreulich sind in *Heller* nur die Standortsangaben, besonders bei *lutea*, *arvensis*, *gallica* usw.

Doch ist der Name *Heller* mit der Gattung *Rosa* auch in rühmlicher Weise verknüpft durch den jüngsten Bruder von *Franz Xaver*, den stud. med. *Georg Heller* (gestorben als fürstl. leiningenscher Gerichtsarzt zu Amorbach im Jahre 1826). Er hat seinem Bruder die *R. corymbifera* vom Hexenbruch geliefert (Suppl. p. 44); vor allem aber *Rau* in seinen Untersuchungen sehr glücklich unterstützt. Dieser nennt ihn (Enum. p. 70) *de flora Wirceburgensi optime meritis*, rühmt dessen Herbarium (p. 81) und er ist, wie uns *Rau* sagt, der Entdecker der *ramosissima* (p. 75), *turbinata* (p. 51) und der *aciphylla* (p. 70)!

Die Zerlegung der grossen *Linnéschen* Rosenspecies in kleinere Formen ist — wenigstens in Deutschland — nicht von den Systematikern, sondern von den Forstbotanikern ausgegangen. Sie empfanden zuerst die Notwendigkeit, diese Waldgewächse genauer zu unterscheiden. Man darf ja nur die Namen *Bechstein* und *Bockhausen* nennen.

Auch unser *Rau* hat sein Büchlein für Studierende der Forstwirtschaft geschrieben; er selbst war ja nicht Botaniker sondern in erster Linie Nationalökonom und Forstwirt. „Opusculi hujus ansam dedere praelectiones meae de sylvarum oeconomia (vulgo Forstwirtschaft) quibus praemittitur diagnosis arborum fruticumque“ sagt er p. 8 der „Enumeratio“.

Die natürliche Folge war denn auch, dass die neuunterschiedenen

Formen wesentlich in der Forstbotanik aufgeführt wurden. *Bechstein* z. B., selbst Rosenkenner, hat in seiner Forstbotanik (5. Aufl. von *Behlen*, S. 158) das *Rausche* Büchlein wohl geschätzt und 6 Arten desselben hervorgehoben.

Nicht bloss der Umstand, dass die theoretischen Systematiker den neuen Formen ferner standen, wirkte erschwerend für die Aufnahme in die Literatur. Es lässt sich nicht leugnen, dass die Merkmale, auf welche die neuen Formen gegründet waren, nach den sonstigen Erfahrungen klein und unsicher erschienen und die Kritik herausforderten. Das tritt ja auch sofort bei der Besprechung von *Raus* Enumeratio hervor.

Bei aller Anerkennung der hohen Vorzüge des *Rauschen* Büchleins, bei dem einmütigen Lob seiner Klarheit, Genauigkeit, Gewissenhaftigkeit, sind seine Referenten in der Beurteilung der Wertigkeit seiner Formen verschiedener Meinung und mehr ablehnend. Während die Hallische allgemeine Literaturzeitung (1816, Bd. III, Sp. 660), *Isis* (1817, Sp. 486 ff.) und die Jenaische Literaturzeitung (1818, Sp. 364) vorsichtig prüfend und vielfach zustimmend an die einzelnen Formen herantraten, verhalten sich die Göttinger Gel. Anzeigen (1818, III, S. 1895) absolut abweisend, freilich ohne Recht zu behalten.

Und so ist auch in nah und fern in der Literatur der folgenden Jahrzehnte eine geteilte Auffassung der *Rauschen* Leistung.

In der Nähe: Die Mergentheimer Pflanzenfreunde^{d)} konnten *Rau* noch nicht berücksichtigen; in *Behlens* „Spessart“ (I, 1820, S. 100) ist *Rau* unbekannt. Wohl aber kennt ihn z. B. *Beckers* Flora von Frankfurt a. M. 1828, wo 21 Rosenarten und unter diesen *R. trachyphylla* und *geminata* als Arten, *flexuosa* und *glandulosa* als Unterarten gewürdigt werden.

Für die Systematiker im grossen ist nicht ohne Einfluss, dass *Decandolle* die *Rauschen* Formen wenigstens als Varietäten aufgenommen hat.

Entscheidend aber wurde, dass die deutschen Floristen insbesondere *Koch* in seiner Synopsis, dem massgebenden Codex für lange Zeit, alle *Rauschen* Formen nur als Varietäten würdigte.

Mittelbar ist diese Auffassung von *Koch* auch Ursache geworden, dass hier in Würzburg und weiterhin in der bayerischen Umgebung *Rau* nicht mehr verfolgt worden ist. Denn es ist auf den ersten Blick auffallend, dass in der nachfolgenden Zeit in Würzburg und Franken und in ganz Bayern die *Rauschen* Rosen stillschweigend

übergangen worden sind; insbesondere könnte man bei *Schenk*¹⁾ und auch in der Schweinfurter Flora von *Emmert* und *von Segnitz*²⁾ Anknüpfung an die *Rauschen* Untersuchungen selbstverständlich voraussetzen.

Der Kenner jener Zeit weiss aber, dass die damaligen Floren gar nicht Selbstzweck, sondern gedacht waren als „Beiträge zu einer Flora von Bayern“, die für das neue Königreich geplant war. Wie schon aus dem Vorwort zu *Schenks* Flora ersichtlich ist, hatte ursprünglich *Zuccarini* ein solches Unternehmen im Auge; nach seinem frühen Tod wurde dasselbe von *Martins* in die Hand genommen. Ich verweise in dieser Hinsicht auf dessen kleine Schrift: „Über die botanische Erforschung des Königreichs Bayern“, 1850 und seine „Liste der in der deutschen Flora enthaltenen Gefässpflanzen“ zunächst nach *Kochs* Synopsis florae germanicae et helveticae behufs der botanischen Untersuchung von Bayern zusammengestellt, 114 S., München 1850.

Zur Ausführung dieses Unternehmens in grossem Stil ist es aber nicht gekommen. Schliesslich hat sich *Schnizlein* nach seinen Kräften des Planes angenommen und die kleine Flora von Bayern zusammengestellt³⁾.

Von diesem oben angedeuteten Gesichtspunkt erhält die *Schenk*-sche Flora, ebenso wie die ganz gleichgearbeitete Schweinfurter von *Emmert* und *von Segnitz* sowie die Regensburger Flora von *Fürnrohr*⁴⁾ das allein richtige Verständnis. Sie waren gar nicht Selbstzweck, sondern als „Beitrag zur Flora von Bayern“ gedacht.

Erst in *Prantls* Flora von Bayern (Stuttgart, 1884) ist die neuere Rhodologie für unsere Gegend zu Wort gekommen. Offenbar hat *Prantl*, der ja hier Assistent und Privatdozent war, in der hiesigen Gegend *Rausche* Formen festgestellt bzw. wiedergefunden. Freilich nur mit der Ortsbezeichnung „Würzburg“ führt er als hiesige Träger auf: *trachyphylla*, *jundzilliana*, *dumetorum*, *tomentella* mit *concinna* und *affinis*, *graveolens* (*calcareae*), *tomentosa* und *farinosa*, *gallica*, *gallica* × *arvensis* und *Sandbergeri*.

¹⁾ *Schenk*, August, Flora der Umgebung von Würzburg. Regensburg, Manz, 1848.

²⁾ *Emmert*, Friedrich und *von Segnitz*, Gottfr., Flora von Schweinfurt. Schweinfurt, Sieglar, 1852.

³⁾ *Schnizlein*, Adalbert, Die Flora von Bayern. Erlangen, Verlag von Carl Heyder, 1847.

⁴⁾ *Fürnrohr*, August Emanuel, Flora Ratisbonensis. Regensburg 1839.

Anmerkungen und Zusätze.

Zu Teil 1.

a) (Zu S. 2.) Der Titel der Schrift lautet:
 Dissertatio inauguralis
 medico-botanica
 de
 Rosa
 quam

favente Deo ter optimo max.

in alma Eoo-Francica Wirceburgensium Universitate cum inclyti Senatus medici
 consensu praeside

.....
 D. Laurentio Antonio Dercum

philosophiae et medicinae Doctore, ejusdemque Professore publico ordinario
 Hospitalis Julianei medico primario, parente suo honorandissimo

.....
 publicae Liberatorum disquisitioni submittit

Philippus Josephus Valentinus Dercum

Wirceburgensis AA. LL. et philosophiae magister medicinae candidatus emeritus.

Widmung: Beatissimae Virgini Mariae, Rosae mysticae in horto paradisi.
 etc. etc. nebst frommem Ausruf als Einleitung (4 Seiten.)

b) (Zu S. 3.) *Wibels* Aufzählung der Wertheimer Rosen ist weitaus das beste über den fränkischen Rosenflor bis auf die Tage von *Rau*, dessen würdiger Vorgänger er ist. Seine botanische Bildung hat mit der Universität nichts zu tun, bei uns lag damals die Botanik völlig im argen. Zu Ernsbach im Hohenlohischen (jetzt württembergisches Amt Oehringen) am 1. August 1775 geboren und in Wertheim vortrefflich ausgebildet, promovierte er bekanntlich in Jena (wo er schon 1796 war) auf den ersten Teil seiner *Primitiae* im Jahre 1797. Man darf annehmen, dass er dort mit dem ausgezeichneten *Batsch* in Verbindung stand. Nachweislich hatte er lebendigen Verkehr mit *Schrader* in Göttingen. Auch in Marburg hielt er sich auf.

Es ist tief zu bedauern, dass der hochbegabte und hochgebildete Mann aus seinen lebhaften botanischen Bestrebungen zunächst durch seine Tätigkeit als Wertheimer Hofmedicus und dann im Dienste des Vaterlandes durch einen frühen Tod hinweggerafft wurde. Aus seinen überaus selten gewordenen „Beiträge“ deren Einsicht ich der Kgl. Bibliothek in Berlin verdanke, erfährt man (p. 116), dass er die Herausgabe von Dekaden getrockneter Pflanzen vorbereitet hatte, deren ersten Hefte die Gattung *Rosa*, *Rubus* und *Sisymbrium* enthalten sollten. Möglich, dass sich in seinem Herbarium, das durch seinen Sohn (Professor in Hamburg) dahin gekommen ist, lebendige Spuren seiner Tätigkeit erhalten haben.

Wibels Veröffentlichungen sind im *Pritzels* Thesaurus (2. Aufl. 10217 bis 10219) richtig angegeben. Seine Jenaische Dissertation (1797) ist wortwörtlich der erste Teil der *Primitiae*: Particula prima, Tentamen sistens geographiae botanicae agri werthemensis. p. 1—36. (1799).

Die eben erwähnten „Beiträge“ haben folgenden Titel und Inhalt:

Beiträge zur Beförderung der Pflanzenkunde. Ersten Bandes, erste Abtheilung. Frankfurt a. M. bei Philipp Heinrich Guillauman. 1800. 8°. 116 S. Mit 2 Kupfertafeln. Prolegomena datiert 5. April 1800.

- I. Ideen zu einer Methodenlehre der phytologischen Diagnostik. S. 1—70.
- II. Versuch eines Planes für Floren. S. 71—83.
- III. Beiträge und Berichtigungen zu den Primitiae Florae Werthemensis. S. 84—101.
- IV. Versuch eines Beitrags zur Verbesserung der Terminologie der blattartigen Blüthe- und Blütenstandtheile. S. 102—111.
- V. Miscellanea. S. 112—116.
 1. Bemerkung über das Tomentum. S. 112—114.
 2. Anthericum calyculatum L. S. 114—115.
 3. Anzeige für Pflanzensammler. S. 115—116.

e) (Zu S. 4.) *Johannes Friedrich Lehmann* ist geboren am 16. Januar 1781 zu Stettin als Sohn des Geheimen Medizinalrates Dr. med. *Johannes Christoph Lehmann*, der, wie der Sohn in der Widmung seiner Dissertation sagt, auch *medicinae anatomesque Gymnasii palaeo stettinensis professor* war.

Selbstverständlich hat er wohl in seiner Vaterstadt die übliche gelehrte Vorbildung genossen. Da der professor anatomes früher gewöhnlich auch die Botanik lehrte, ist nicht ausgeschlossen, dass unser *Johannes Friedrich* schon vom Vater botanische Kenntnisse erwarb. Sicher ist, dass er sich im Jahre 1806 in Halle unter Nr. 255 als Student der Medizin immatrikulierte (nach gütiger Ermittlung meines Freundes *Wissowa* in Halle). Da war er in einem Zentrum botanischen Lebens in Deutschland und zu einem Lehrer ersten Ranges, dessen „Tentamen novum“ eben erschienen war, gekommen. (Vgl. *Gregor Kraus*, der botanische Garten der Universität Halle. Leipzig, W. Engelmann. Heft II: Kurt Sprengel. Seine Tätigkeit als Lehrer. S. 19—36.) Unter diesen Verhältnissen begreift man, wie *Lehmann* in der unglaublich kurzen Zeit eines einzigen Sommers eine und zwar die erste Flora von Würzburg skizzieren konnte, die in ihrem Tatsächlichen immer verlässlich und leicht verständlich ist¹⁾, wofür schon sein solider Umgang mit *Ignaz Döllinger* hier, Doktor *Wolf* in Schweinfurt zeugt.

Nach seiner Promotion aber ging *Johann Friedrich* alsbald nach Stettin zurück, wo er von 1810 als praktischer Arzt neben seinem Vater erscheint. Als solcher starb er daselbst am 7. Februar 1831. Botanisch gearbeitet hat er nicht mehr. Die vorstehenden Angaben sind sicher; sie stammen aus der Familie unseres *Lehmann*, die in weiblicher Linie noch in Stettin fortlebt. Ich verdanke sie der Güte von Frl. *E. Lüdicke* daselbst.

Ich muss dieselben hier festlegen, weil in letzter Zeit unrichtige Angaben über *Lehmann* gemacht worden sind (Mitteilungen der bayer. botanischen Gesellschaft Bd. III. 1915. Nr. 9 S. 199). Die Angabe: „*Lehmann* hat sich auch später noch in der Botanik literarisch betätigt; er wurde 1818 Professor am Gymnasium in Hamburg, wo er sich bei seinem Amtsantritt mit der Schrift „*Historia generis Nicotianarum*“ einführte. In Hamburg gab er 1829 eine Monographie der Gattung *Potentilla* heraus und 1844 eine Flora von Preussen (*Plantae Prussiae*)“ ist falsch.

Hier ist unser *Johann Friedrich* mit *Johann Georg Christian Lehmann*, dem

¹⁾ Der Titel dieser Dissertation *Lehmanns* ist: *Primae lineae Florae Herbipolensis*. Herbipoli 1809.

bekanntem Professor am Johanneum und Direktor des botanischen Gartens in Hamburg, der ein geborener Holsteiner war, verwechselt. Bei einem Namen wie Lehmann wäre die Beachtung des Vornamens natürlich geboten gewesen. Ich darf aber nicht verschweigen, dass sich in der obigen Angabe auch ein anderer bitterböser Fehler befindet. Bekanntlich hat der Hamburger Botaniker unter seinen verdienstvollen phytographischen Arbeiten auch einen Teil der von *Preis* in Australien gesammelten Pflanzen bearbeitet: *Plantae Preissianae, sive enumeratio plantarum, quas in Australasia occid. et meridionali occ. annis 1830—41. collegit Ludwig Preis*. II. Vol. 1844—48. Daraus sind in der obigen Angabe „*Plantae Prussianae*“ „eine Flora von Preussen“ geworden.

d) (Zu S. 6.) Etwas über Standorte und Blüthezeit der in den Fürstenthümern Hohenlohe und Mergentheim bis jetzt entdeckten wild wachsenden Pflanzen. Ein patriotischer Aufruf an alle diejenigen, welche sich mit Beiträgen zu einer Vaterländischen Flora befassen wollen. Herausgegeben von einigen Freunden der Naturgeschichte zu Mergentheim.

Mergentheim, gedruckt bei J. G. Thomm 1816. 96. S. kl. 8°.

Das Büchlein ist in *Pritzels* Thesaurus (2. Aufl. p. 491) unvollständig im Titel und ohne Verfasser aufgeführt, darum ziehe ich das liebenswürdige Ding hier ans Licht.

Als Verfasser nennen sich sieben Pflanzenfreunde, darunter Oberamtsarzt *Bauer*, Oberforstmeister von *Oettingen*, Apotheker *Franz Rhodius* usw. Im Blütenkalender (S. 72 u. 76) sind 8 Rosenarten genannt. Sehr hübsch ist der I. Abschnitt, die sehr flüssige Gruppierung der Mergentheimer Pflanzen nach allgemeinen Stand- (Fund-) Orten, wenn man will Formationen. Das ist doch etwas ganz anderes, als die verwaschene Einleitung der Flora von *Heller*!

•) (Zu S. 7.) Dem Zwecke entsprechend sind natürlich in *Schenks* Flora die *Rauschen* Arten alle nur unter die allgemein adoptierten Hauptarten gestellt (S. 55—56). —

Die Standortsangaben der *Schenkschen* Flora überhaupt sind nur eine Auswahl aus den überaus reichen Exkursionsprotokollen, die ich handschriftlich bei *Schenk* gesehen habe, und die, wie es scheint, auch *Schnitzlein* (Flora v. Bayern, Vorrede S. VII) gesehen hat. Es ist sehr zu bedauern, dass diese wertvollen Notizen verschollen sind. Nichts würde mehr beweisen, welche Mühe ein Mann, der doch wirklich Wichtigeres in Würzburg durchzusetzen hatte, in zeitraubenden und in jener Zeit beschwerlichen Exkursionen sich gegeben hat, um einen korrekten „Beitrag zur Flora von Bayern“ herzustellen.

2. Besprechung der noch in Würzburg vorhandenen *Rauschen* Originale.

Crépin gebührt das Verdienst, *Rausche* Originalpflanzen zuerst aufgefunden zu haben. In einer kleinen Mitteilung in den Sitzungsberichten der belgischen Akademie¹⁾ erzählt derselbe, wie er nach

¹⁾ „Les Roses de l'herbier de Rau“ 6 pp. — Compte rendu de la séance du 14 avril 1883 de la société royale de Botanique de Belgique. — Bul'etin, tome XXI, deuxième partie.

langem vergeblichen Bemühen in Würzburg und zwar, wie er glaubt, im Besitze des ehemaligen botanischen Gärtners *Wolff* Reste eines *Rauschen* Rosenherbars ermittelt habe. Als ich seiner Zeit der Sache nachging, konnte ich leicht beweisen, dass *Crépin* zwar *Rausche* Originale gefunden hatte, doch erwies sich die Angabe, dass diese Reste eines der Hauptsache nach zugrunde gegangenen Rosenherbars von *Rau* sei, als unrichtig. Die Pflanzen, die *Crépin* vorgelegen haben und die derselbe revidiert und etikettiert hat, sind und waren schon damals Teile des Würzburger Universitätsherbars, in welches sie im Jahre 1842 durch Ankauf des *Panzerschen* Generalherbars gekommen sind. (Vgl. *A. F. Ringelmann*, Beitrag zur Geschichte der Universität Würzburg., 1835. S. 42). Der bekannte Nürnberg-Hersbrucker Arzt *Dr. G. M. Panzer* hatte, wie er selber auf den Etiketten („Donum *Dr. Rau*“) bezeugt, Rosen von *Rau* als Geschenk erhalten. In meiner Mitteilung „*Ambrosius Rau* und sein Rosenherbar“ (Aus der Pflanzenwelt Unterfrankens. XI, 4¹). 1910.) habe ich das unwiderleglich sicher gestellt.

In der oben genannten Notiz hat *Crépin* die *Rauschen* Originale besprochen. Später (1894) hat er dieselben eigenhändig etikettiert. Die von ihm zu den *Rauschen* Pflanzen gemachten Notizen machen den Eindruck von raschen Bemerkungen, wie sie ein Mann von der Erfahrung *Crépins* auf den ersten Blick abgeben kann. Schon aus diesem Grunde lohnt es sich seine „Revision“ einer Superrevision zu unterziehen.

Neben diesen bisher einzig bekannt gewordenen Originalen *Rauscher* Rosen habe ich weitere Originale *Raus* aufgefunden und zwar in dem von mir seiner Zeit gekauften Herbarium *Hellers*, das ich jetzt dem botanischen Institut unserer Universität geschenkt habe. Unter diesen findet sich als kostbarstes Relikt ein prächtiges Exemplar der *Rosa aciphylla* *Rau*.

Für die Erkennung der Echtheit ist bei den *Crépinschen* Pflanzen wesentlich das Zeugnis *Panzers* massgebend gewesen. Bei den von mir gefundenen Originalen kommt besonders die Handschrift *Raus* in Frage. Sichergestellt konnte die Handschrift *Raus* werden, als es mir nach langem Suchen gelang auf antiquarischem Wege *Raus* Handexemplar seiner *Enumeratio* zu erwerben. Der einfache schwarze Pappband ist mit Papier durchschossen und trägt mancherlei Nachträge, Korrekturen und Bemerkungen von *Raus* Hand. In seiner kleinen sauberen Schrift ist gerade der Buchstabe *R* so eigentümlich,

¹) Erschienen in diesen Verhandlungen Bd. 40.

dass er allein genügt, seinen Namenszug zu charakterisieren. Alle Rosen, die sich im Herbarium *Panzer*s wie in dem *Hellers* auf die eben erwähnte Art als sicher durch die Hände *Raus* gegangen, also als wirkliche Originale von ihm erweisen lassen, habe ich in vorliegendem Abschnitt in der Reihenfolge seiner *Enumeratio* kritisch behandelt. Ich habe nicht bloss selbst die Pflanzen genau untersucht und darnach beurteilt, sondern auch die Beurteilung derselben durch einen erfahrenen Rosenkenner veranlasst. Für die Mühewaltung, der sich Herr Professor Dr. *Sagorski* (Almerich bei Naumburg) unterzogen, sage ich demselben herzlichen Dank.

1. *Rosa repens* p. 40¹⁾. — Ein von *Panzer* als „Dn. Dr. *Rau*“ bezeichnetes Spezimen, bestehend aus einer bewurzelten etwa 0,4 m langen Ranke und ein Paar kleinen Blütenzweigen ist die normale *R. repens* Scop. Fundort nicht angegeben; wie auch *Rau* in der *Enumeratio* p. 45 nur allgemein sagt: „In sylvis praesertim ad sylvarum marginalia dumetosa, frequens“.

4. *Rosa spinosissima* p. 58. — Ein Original *Raus*, zu dem er selbst die Etikette geschrieben: „Veitshöchheimer Wald Kalksteinklippen“ und *Panzer* noch bezeugt: „Dn. Dr. *Rau*“. Leider ohne Blüte oder Frucht. Die niedrige Pflanze (an einem Rhizomstück Stengel von 15 und 18 cm Höhe) also die *typica* Christ; *foliola* uniserrata.

6. *Rosa canina* p. 71. — Scheidet *Rau* in 4 Formen: *α)* *vulgaris*, *β)* *ramosissima*, *γ)* *glandulosa*, *δ)* *squarrosa*.

Aber nur von der *ramosissima* (p. 74) finden sich Originale *Raus* von seiner Hand etikettiert im Herbarium *Heller*; dass kein Fundort angegeben ist, schadet weiter nichts; es kann nur der am Wege nach Zell sein, den ersten und einzigen damals bekannten: „Invenit hanc varietatem D. *Georgius Heller* medicinae studiosus, ad viam qua itur versus Zell.“

Ihren Namen hat diese Varietät von ihrem augenfälligsten habituellen Merkmal, es sind die *ramuli floriferi confectissimi brevissimi inermes*. Das Original zeigt diese Verzweigungsart auf das prägnanteste: der etwa 30 cm lange Stengel hat 5 fast wagerecht abgehende gleiche fingerlange Zweige (6—7 cm lang), die stachellos sind.

In der Einzelbildung stimmt das Exemplar genau mit *Raus* Beschreibung.

Rau sagt nun weiter: „Per hanc varietatem rosae *aciphyllae*,

¹⁾ Die Nummerierung der Rosen und die Seitenangaben beziehen sich auf *Raus* *Enumeratio*.

excepto calycis tubo oviformi, simillimam, rosa canina transire videtur in rosam aciphyllam.“ (p. 75).

Verwandtschaft und Verschiedenheit der beiden Formen werden schlagend bewiesen, wenn wir ihre Diagnosen einander gegenüber stellen:

ramosissima (p. 74)	aciphylla (p. 69)
Ramuli confertissimi brevissimi inermes	Ramuli confertissimi breves
Petioli ad basin pube rarissima	Petioli pagina superiori pubescentes, inferiore glabri
Foliola utrinque glaberrima basi apiceque acuta	Foliola utrinque glaberrima apices foliolorum in cuspides protensae
Serratura mucronata	Serratura subcuspidata
Pedunculi 3	Pedunculi 1
Fructus oviformis glaber	Fructus globosus glaber parvus.

Der greifbarste und eigentlich einzige Unterschied: Die Fruchtform; im übrigen Gleichheit oder nur relative Unterschiede gleicher Merkmale. Eins und zwar das allerangefälligste, was die beiden Formen scheidet, tritt freilich in dieser Tabelle nicht hervor: die ganz verschiedene Grösse der vegetativen Organe, durch den ihr total verschiedener Habitus entsteht: aciphylla der ramosissima gegenüber ein Zwerg, diese der ersteren gegenüber eine vergrößerte und vergrößerte, man möchte sagen erwachsene Form.

7. *Rosa affinis* R. p. 79. — *Crépin* sagt, von *affinis* *Rau* gebe es kein Original. Er hat aber ein Exemplar aus dem *Panzerschen* Herbar vor sich gehabt, auf dessen Etikette *Panzer* eigenhändig geschrieben hat: „Donum *Rau*“ und welches *Crépin* selber etikettierte: „*Rosa canina* varietas du groupe *R. dumetorum* . . .“

Der handgrosse Zweig ist steril und hat keine Fundortsangabe. Es bleibt also unentschieden, ob er von *Retzbach* oder *Würzburg* stammt. (*Rau* p. 81 und 169).

Der Bau der vegetativen Organe stimmt auf das genaueste mit *Raus* Angaben in der *Enumeratio*; so insbesondere die petioli undique villosi und die eigentümliche Serratur (p. 80), so dass wir zweifellos seine Pflanze vor uns haben.

Heute steht die *R. affinis* *Rau* gewöhnlich als Form bei *tomentella* *Léman* (*Christ* p. 129), wohin sie meines Erachtens wegen ihrer Doppelzahnung auch gehört.

9. *Rosa dumetorum* p. 85. — Ein kurzer, blühender Zweig, von

Panzer als *Dn. Rau* gezeichnet, von *Raus* Hand selber mit dem Fundort „am Fusspfad nach Gerbrunn“ versehen, wird von *Crépin* signiert: „*R. canina* L. var. *du groupe dumetorum Thuill.*“

Das Exemplar stimmt, besonders auch was die Serratur anlangt (p. 87), genau mit *Raus* Angaben und wird auch heute als eine Form der *dumetorum Thuill.* zu gelten haben; nach der Behaarung auf der Unterseite und der allgemeinen Form der Blätter wohl am ehesten als die *forma Thuilleri* zu bezeichnen, wie auch *Sagorski* meint.

Interessant ist die handschriftliche Bemerkung *Raus* in seinen Nachträgen des Handexemplars: „*Rosa dumetorum Thuill.* ist eine Übergangsform der *Rosa platyphylla* zu *R. sepium*“, wie neuere Beobachtungen mich belehrt haben.“

Was diese Form mit *lutetiana* gemein haben soll, auf welche *Crépin* hinweist, ist mir unverständlich.

Sagorski, dem unser Exemplar vorgelegen, schreibt dazu:

„Wegen des behaarten Blattstiels und auch hier und da behaarten Mittelnerven könnte die Form zu *R. dumetorum Thuill.* gehören. Dem widerspricht aber die etwas zusammengesetzte Zahnung, welche auch zum Teil drüsig ist. Die Form gehört infolgedessen zu den Mittelformen zwischen *R. dumetorum Thuill.* und *R. tomentella* Lem. Diese Zwischenformen bilden aber gerade die *R. affinis Rau*, welche von Rhodologen bald zur *R. tomentella*, bald zur *R. dumetorum* gestellt wird. Ich würde mich zu der letzteren Stellung entscheiden. Der *R. Lutetiana* Lem. steht sie fern sowohl wegen der Behaarung, als auch der zusammengesetzten Blattzahnung.“

12. *Rosa geminata* p. 98. — Das *Panzersche* Original trägt die Bezeichnung „*ab ipso*“ und ist ein handgrosses Spezimen mit einer Blüte. Von *Crépin* als *R. gallica* × *arvensis* bezeichnet, was es auch offensichtlich ist (so auch *Keller* S. 364). Unter diesen Verhältnissen sind die handschriftlichen Bemerkungen *Raus* ausserordentlich interessant. Er schreibt zu p. 100 seiner *Enumeratio*:

„*Rosa geminata promiscue cum R. gallica, R. arvensi et R. canina* crescit et media quasi est inter has. *Habitus fere R. caninae sed humilior, flores etiam pallide incarnati, figura foliorum R. arvensis, rami quoque tenues elongati sed non scandentes. Differt a Rosa gallica, cui maxime accedit, propter pubescentiam et aculeorum formam, stylis longioribus basi parum pilosis, ceterum glabris, nec hirsutissimis brevibus in capitulum rotundatum collectis. Vide Koch, Catal. p. 21.*“

„Rosam geminatam hac aestate (1816) non solum in monte Schwabenberg (wo sie Nees entdeckte) vivam observavi, sed etiam in caeduo prope Zell frequentissimam detexi.“ p. 169.

13. *Rosa psilophylla* Rau p. 101. — Ein Original von dieser Rose habe ich nicht aufgefunden. Dagegen ist von grossem Interesse, dass *Rau* diese „Art“ nach späteren Erfahrungen aufgegeben hat. Er sagt handschriftlich zu p. 101: „*Rosa psilophylla* ist eine Abänderung der *R. trachyphylla*“. Bei *Keller* (p. 279) steht sie unter *gallica* × *canina*.

17. *Rosa sempervirens* p. 120. — Ein Exemplar des Herbarium *Panzer* hat diesen als „Donum Dr. *Rau*“, „prope Würzburg“ bezeichnet und *Crépin* als „*canina* var. *andegavensis* Rap.“ erkannt.

Das Exemplar ist etwa 30 cm lang, mit kurzen, blühenden Seitenästen versehen, und stimmt in allem Markanten mit der *Rauschen* Darstellung. Durch seine einfache Zahnung und Kahlheit eine *canina*, wird es durch Stieldrüsen auf Blütenstiel, Hypanthium und Kelchblattrücken zur typischen *andegavensis* *Rapin*.

Die letztgenannten Merkmale waren es gewiss auch, die *Rau* veranlassten, nach der Lage der damaligen Kenntnisse diese Form zur *Rosa sempervirens* L. zu machen, eine südlichere in Deutschland gar nicht vorkommende Art, von der sie bei genauer Untersuchung total verschieden ist.

Sagorski bemerkt mit Recht:

„Ist zweifellos überhaupt keine *R. sempervirens* L., die ganz anders gestaltete, in einer lange Spitze zusammengezogene Blätter hat. Es scheint mir völlig ausgeschlossen, dass die Blätter vorliegender Rose überwintern, wie *Rau* p. 123 angibt. *Rosa sempervirens* hat auch viel längere Blütenstiele, die Griffel bilden, ferner eine Säule, kein halbkugeliges Köpfchen. *Rau* hat sich offenbar durch die drüsigen Blütenstiele und drüsigen Fruchtkelch täuschen lassen.

R. canina L. var. *Andegavensis* Bast. ist also eine *canina* mit einfachem Blattgehänge und stieldrüsenigen Blütenstielen.“

Einem Manne gegenüber, wie *Rau*, der Auge und Feder so gewissenhaft zu führen gewohnt ist, muss man nach einer Erklärung suchen, wie er zu den „*foliola perennantia*“ gekommen ist, die er so bestimmt ausspricht.

Da mag gestattet sein, darauf hinzuweisen, dass die hiesigen Winterverhältnisse mancherlei Pflanzen gestatten, ihre Blätter lange durchzuhalten; nicht überall, aber in geschützten Lagen und guter Exposition z. B. *Ligustrum*, *Rubus* und *Rosen*. Wundernehmen kann

das um so weniger, als unter gleichen Verhältnissen hier auch *Evonymus japonicus*, *Aucuba*, *Prunus Laurocerasus* und ähnliches im freien Land stehen. Möglich, dass *Rau* solche Vorkommnisse bei *Rosa*, speziell *andegavensis* bemerkt hat.

18. *Rosa trachyphylla* *Rau* p. 124. — Der von *Panzer* als „Dn. *Rau*“ bezeichnete Zweig ist klein, ganz inerm, mit einer Blüte versehen, für eine eingehende Bestimmung unzulänglich. *Crépin*, der ihn vor sich hatte „dans l'herbier du *Rau*“ (1883), bezeichnet ihn auf der Etikette seiner „Revision“ als „*R. Jundzilli* var.“, *Sagorski*, der ihn sah, als *trachyphylla* f. *typica* *Christ*.

19. *Rosa flexuosa* *Rau* p. 127. — Wiederum ein Geschenk *Raus* mit eigenhändiger Etikette an *Panzer*, vom Hexenbruch stammend. Ein handlanger Zweig mit krummen Stacheln, eine Blüte. *Crépin*, der „une bonne douzaine d'échantillons“ vor sich hatte, lässt in seiner Besprechung die Frage offen, ob es sich um eine *R. Jundzilli* oder um eine Hybride von *canina* × *gallica* handle, auf der Etikette schreibt er „*Jundzilli* var.“ Auch *Keller* (p. 55) und *Sagorski* stellen sie so.

20. *Rosa rubiginosa* *L.* p. 130. — Von den 5 Formen, die *Rau* unterscheidet, sind Originale nur von γ) *parvifolia* und ϵ) *glabra* vorhanden.

Ein Exemplar *Panzers*, das dieser γ) *glabra* und Dn. *Rau* bezeichnet hat, handgross, mit einer Blüte, ist von *Crépin* einfach als *R. graveolens* *Grén.* bezeichnet; in seiner Besprechung aber, wo es als „échantillon conservé de l'herbier de l'auteur“ (sc. *Rau*) figuriert, steht: „une forme du *R. graveolens* *Grén.*, à petioles densément pubescents et à receptacles florifères ovoïdes-arrondis.“

Es ist die *R. graveolens* var. *calcareà* in allerausgeprägtester Form.

Unverkennbar von *Raus* eigener Hand gekennzeichnet liegt ein kleiner mehrblütiger Zweig im Herbar *Hellers* „*R. rubiginosa* γ) *parviflora*. Übergangsform zur „*umbellata ramulis sub floribus densius hispido-aculeatis*.“ „Gegen Gerbrunn“.

Die Stellung, die *Christ* (p. 106) dieser *Rauschen* Varietät als eine Form der *umbellata* (mit ihrer *Heteracanthie*) gegeben, ist genau dieselbe! — Diese Varietät ist nach *Raus* Erfahrungen (p. 136) die weitaus häufigste Form der *rubiginosa*.

Die Merkmale, durch welche er seine var. δ) *rotundifolia* (p. 136) abgrenzt, Grösse und Form der *foliola*, Form und Stärke der *aculei*, mögen sie auch manchmal eine „*jam procul diagnoscenda*“ Pflanze schaffen — sind nach meinen Erfahrungen so wechselnd und unsicher,

oft an demselben Exemplar, dass sie zur Begründung einer besonderen Varietät nicht ausreichend erscheinen.

22. *Rosa farinosa* p. 147. — *Crépin* vermisst diese Pflanze im „*Rauschen Herbar*“; sie liegt aber mit *Raus* eigener Handschrift und noch dazu von *Panzer* als „*Donum Dr. Rau*“ bezeichnet im Universitätsherbar. *Crépin* hat sie in Händen gehabt und kurzweg als „*tomentosa var.*“ bezeichnet. Es ist die typische *tomentosa* Sm. var. *farinosa* Christ. (p. 99). — Ein kleiner mit Blüte versehener Zweig vom Michelfelder Wäldchen bei Mainbernheim.

23. *Rosa villosa* p. 150. — Nur von der var. *minuta* R. p. 156 findet sich ein Original. Es trägt von *Raus* Hand die Bezeichnung „*R. hispida* Borkhausen. *R. villosa minuta* mihi. Wald Himmelstadt.“

Die drei Exemplare erscheinen habituell sofort als *R. farinosa* Bechst., heute *R. tomentosa* Sm. var. *farinosa* Chr. Bei näherer Betrachtung aber zeigt *Pedunculus* und *Hypanthium* Besonderheit: Stieldrüsen.

„Sie stimmt völlig mit *R. farinosa* Bechst. überein (s. auch *Rau*, Enum. p. 149!), nur sind Blütenstiele und Fruchtkelche mit Stieldrüsen bedeckt: „*R. tomentosa* Sm. var. *farinosa* Bechst. f. *setulosa, nova-forma!*“ Also eine Abänderung von *farinosa* *Rau*. Sehr nahe steht diese Pflanze offenbar der *R. umbelliflora* Sw. aus Dänemark, die fast in allen Eigenschaften mit ihr übereinstimmt. Es scheint aber, nach dem Namen zu schliessen, der Blütenstand ein anderer zu sein.“

„*Keller* stellt (bei *Aschers.* und *Graebner*, Synops. Bd. VI p. 70) die *Rausche* Pflanze zur *pomifera*; er hat aber keine Originale gesehen, da er schreibt „ist wahrscheinlich“. (*Sagorski*).

Rosa collina Jacq. p. 163. — Ein kleiner Zweig mit Blüte — „*Dn. Rau*“ bezeichnet — wird von *Crépin* als *R. gallica* × *canina* bezeichnet. Mit Recht fügt *Sagorski* bei: „dass nicht *canina* selbst, sondern eine behaarte Form, also *dumetorum* Thuill. beteiligt ist, beweist die stärkere Behaarung der Blattstiele und Rückseite der Blätter.“

3. Einige Bemerkungen über *Rosa aciphylla* *Rau* und ihre Verwandten.

Von diesem Abschnitt liegen nur einige unzusammenhängende Notizen vor, die sich nicht zur Veröffentlichung eignen. Der Herausgeber.

4. Die von mir bis jetzt festgestellten Rosenformen und ihre Standorte¹⁾.

Bei meinen Studien auf dem Würzburger Wellenkalk, die ausschliesslich dem Boden galten, konnte ich oft nicht widerstehen, die schöne und durch *Ambrosius Rau* berühmt gewordene Rosenflora Frankens, soweit es meine Zeit erlaubte, kennen zu lernen, zumal da der Wellenkalk, wenn er auch kaum der bevorzugte Sitz unserer Muschelkalkrosen ist, doch gerade sehr charakteristische xerophytisch-anastomatische Formen erzeugt. Im Laufe der Jahre ist mir auf diese Weise unvermerkt ein grösseres Material in die Hand gewachsen, das ich meist selbst bestimmte, dessen Untersuchung und Revision sich ein vortrefflicher und bewährter Kenner der Rosenflora, Herr Prof. Dr. *Sagorski* (Schul-Pforta), zu meiner grossen Freude unterzog. Auf diese Weise ist es möglich geworden, auf dem Beobachtungsfeld, auf dem vor 100 Jahren *Ambrosius Rau* seine klassische „Enumeratio“ geschaffen hat, wieder einmal einen bescheidenen Beitrag zur modernen Rosenkunde zu liefern, in welcher in den letzten Jahrzehnten überall und auch in unserer nächsten Nachbarschaft (Thüringen, Münnernstadt, Eichstätt usw.)²⁾ überaus lebhaft gearbeitet worden ist. Genau kennen gelernt habe ich das Wellenkalkgebiet vom Rande des Spessart (Gambach bei Karlstadt a. M.) bis an unseren Marienberg. Doch habe ich auch, wie aus den unten folgenden Standortangaben hervorgeht, auf dem Keupergebiet in der nächsten Nähe Würzburgs (Ochsenfurt) sowie auf dem Buntsandstein des Spessarts von Gambach bis Wernfeld (bei Gemünden) mancherlei Beobachtungen gemacht.

Im nachstehenden sind verzeichnet 58 Formen, zu 16 Arten gehörig, ferner 6 Bastarde. Alle diese Rosen sind von mir gesammelt in den Jahren 1899—1914. Von der Aufstellung neuer Formen habe ich abgesehen. Bei der grossen Zahl von Formen, die schon unterschieden sind, erscheint das verständlich. Es war mein Bestreben,

¹⁾ Ein alphabetisches Verzeichnis der im Text vorkommenden Standorte findet sich im Anhang dieses Teils.

²⁾ Siehe *Sagorski, E.*: Die Rosen der Flora von Naumburg. Naumburg 1885. Beilage zum Jahresbericht der Kgl. Landesschule Pforta. *Schnetz, J.*: Die Rosenflora von Münnernstadt. Mitteilungen der bayer. bot. Ges. Bd. II 1907 J.-Nr. 3, 4, 6, 7, 8. *Schulze, Max*: Jenas wilde Rosen. Mitt. d. geogr. Ges. Jena Bd. 5. 1887. *Schwertschläger, J.*: Die Rosenflora von Eichstätt. Ber. der bayer. bot. Ges. Bd. IV. 1896. Derselbe: Die Rosen des südlichen und mittleren Frankens. München 1910.

die gefundenen Rosen auf bereits in der Literatur beschriebene Formen zurückzuführen. Dabei habe ich mich an *Christ*¹⁾ und *Sagorski*²⁾ angeschlossen. Zu einer weiteren Aufteilung konnte ich mich nicht entschliessen. Das Verfahren von *Christ* ist meiner Überzeugung nach zur Zeit das richtige, solange nicht die Konstanz oder Variabilität der zahlreichen kleinen Merkmale von *Rosa* experimentell durch Kultur geprüft sind. Diese Untersuchung ist eine langwierige Arbeit der Zukunft. Meine eigenen kleinen Erfahrungen, die ich auf diesem Gebiete gemacht habe, teile ich unten mit³⁾. Sie haben mich nur darin bestärkt, keine weiteren Aufteilungen vorzunehmen.

Dass ich *Christ-Sagorski* folge, hat auch den Vorteil, dass die Würzburger Rosen verglichen werden können mit denen verwandter Gebiete, insbesondere mit den Thüringer Rosen⁴⁾. Deshalb ist es auch so ausserordentlich wichtig, dass *Sagorski* meine Rosen revidiert hat. *Sagorski* hat seine Thüringer Rosenformen *Christ* vorgelegt. Somit sind die Würzburger Rosen auch auf *Christ* zurückversichert.

Meine Rosenkenntnisse (wenn ich als Nichtspezialist im Fache von solchen reden darf) stammen übrigens ursprünglich aus Thüringen und sind an der Hand von *Sagorskis* „Rosen der Flora von Naumburg“ erworben worden.

Es soll jetzt die Aufzählung der Rosen mit Standortangaben folgen. Die rund eingeklammerten, einfachen Seitenzitate beziehen sich auf *Christ*, Die Rosen der Schweiz. Basel 1873. Steht vor der Seitenangabe die Bezeichnung „Kell.“, so bezieht sich das Zitat auf *R. Kellers* Bearbeitung der Gattung *Rosa* in *Ascherson-Graebners* Synopsis der mitteleuropäischen Flora Bd. VI (1900—1905).

1. *Rosa pimpinellifolia* L.⁵⁾

typica *Christ* (S. 62). — Schenkenturm, Halsberg bei Thüningersheim, Rosstalberg bei Karlstadt, Hammersteige, Rosenholz, Krainberghöhe, Weinbergspfad zum Krainberg, Leite und Schadberg bei Gambach.

¹⁾ *Christ, H.*: Die Rosen der Schweiz. Basel 1873.

²⁾ s. Anm. 2 auf S. 18.

³⁾ In Abhandlung 5, die leider unvollendet geblieben ist.

⁴⁾ Es kann mein Gebiet genau parallelisiert werden mit Jena und Naumburg, welche gleichfalls Wellenkalkgebiete sind.

⁵⁾ Ich habe die Pflanze stets mit einfacher Zähnung und mit kahlen Blütenstielen gefunden, wie ja auch *Rau* (Enumeratio S. 63) sagt: „inveni . . . semper pedunculis glabris“. Eine einzige, sehr interessante Ausnahme machte ein Strauch, den ich auf der Vorderseite des Volkenbergs, an der Grenze zwischen Wellendolomit und Röt, gefunden habe. Er hatte pedunculi glabri und hispidi zugleich. Das ist dieselbe Erscheinung, die *Rau* (Enum. S. 65) vor 100 Jahren im Herbar

2. *R. cinnamomea* L.

Ochsenfurt. In *Hellers* Herbarium vom Hexenbruch.

3. *R. tomentosa* Sm.

1. *subglobosa* Bak. (S. 95). — Partenstein im Spessart (Buntsandstein).
2. *scabriuscula* Bak. (S. 97). — Veitshöchheim im Tal.
3. *farinosa* Christ (S. 98). — Schenkenturm.
4. *subvillosa* Christ (S. 100). — Steinbachtal, Estenfelder Steige.
5. *cuspidatoides* Crép. (Kell. S. 88). — Steinberg, Veitshöchheim, Sommerhausen.
6. *cristata* Christ (S. 100). — Bad Orb, wiederholt auf Leberschiefer und Buntsandstein. Vgl. *Gregor Kraus*, Die Pflanzen des Orbtals in: Bericht der Wetterauischen Ges. f. Naturkunde, Hanau 1910, S. 32 des Separatabdrucks.

4. *R. rubiginosa* L.

1. *umbellata* Christ (S. 104). — Steinberg, Sommerhausen, Bad Orb.
2. *comosa* Christ. (S. 106). — Steinberg, Veitshöchheim (im Tal), Benediktushöhe bei Retzbach, Adelsberg, Sommerhausen (Plateau), Ochsenfurt, Brückenau.
3. *Gremlii* Christ (S. 107). — Steinbachtal (Eingang in den Guttenberger Wald).
4. *apricorum* Rip. (Kell. S. 97): — Rimpärer Steige, Estenfelder Steige, Rossberg, Veitshöchheim, Volkenberg, Heuweg (Karlstadt), Neuberger (III) bei Karlstadt, Maingestell, Kalbenstein, Kalmut (Wellenkalk).
5. *echinocarpa* Rip. (Kell. S. 93). — Laudenbach bei Karlstadt, Kalmut (Röt).

5. *R. micrantha* Sm.

typica Christ (S. 110). — Brückenau.

6. *R. agrestis* Sav. (*R. sepium* Thuill.).

1. *arvatica* Christ. (S. 116). — Veitshöchheim, Thüngersheim, Hoher Kalbenstein.
2. *pubescens* Christ (S. 117). — Wittelsbacher-Höhe, Volkenberg.

von *Nees* gesehen hat. — Im Herbar *Hellers* (in Würzburg) liegt eine prachtvolle Rute mit ein Dutzend Blüten („copiose in montibus Thüngersheim et Veitshöchheim“ bezeichnet), welche dieselbe Eigentümlichkeit hat. Auf Grund solcher Wahrnehmungen bemerkte s. Zt. schon *Christ* (S. 63), dass es unmöglich sei, *R. pimpinellifolia* und *spinosissima* als Arten voneinander zu trennen.

7. *R. graveolens* Grén.

1. *typica* Christ (S. 117). — Steinberg, Estenfelder Steige, Talberg bei Veitshöchheim, Neuberg (III).
2. *Jordani* Déségl. (S. 119). — Rimpärer Steige.
3. *calcareo* Christ (S. 120). — Stein, Rossbergaufstieg, Schenkenturm, Veitshöchheim, Volkenberg, Rosstalsberg, Hammersteige, Neuberg I, Gipfel des Rehnütz, Maingestellgraben, Kalbenstein, Krainbergaufstieg (auf Röt), Kalmut.

8. *R. tomentella* Lém.

1. *typica* Christ (S. 127). — Steinberg, Estenfelder Steige, Volkenberg, Benediktushöhe, Maingestell, Felssturz am Kalbenstein, Hoher Kalbenstein, Krainberghöhe, unter Adelsberg (Buntsandstein), Sommerhausen, Brückenau (Buntsandstein), Bad Orb (Buntsandstein).
typica versus *sinuatidens*. — Neuberg I und Hoher Kalbenstein.
2. *affinis* Rau (S. 129). — Estenfelder Steige, Wittelsbacher Höhe, Ravensberg, Wernfeld, Kalmut, Sommerhausen.
3. *sinuatidens* Christ (S. 129). — Steinberg, Nikolausberg bei Karlstadt, Hammersteige, Neuberg (I und III), Rehnütz, Kalbenstein.
4. *obtusifolia* Desv. (Kell. S. 142). — Hammersteige, Landstrasse unter dem Kalbenstein, Falkengraben, unter Adelsberg, Wernfeld.
5. *sepioides* R. Keller (Kell. S. 146). — Hammersteige, Maingestell.

9. *R. trachyphylla* Rau.

1. *typica* Christ (S. 145). — Stein, Estenfelder Steige, Ravensberg, Thüngersheim, Karlsburg, Sommerhausen.
2. *hampeana* Griseb. (Kell. S. 56). — Krainberg, Kalmut.
3. *latifolia* Christ. (S. 147). — Steinberg.
4. *flexuosa* Rau (Kell. S. 55). — Steinberg, Sommerhausen.
5. *Jundzilliana* Besser (S. 142). — Steinberg.
6. *scabrata* Crép. (Kell. S. 171 bei *canina*). — Hammersteige, Neuberg (III), Ochsenfurt.

10. *R. canina* L.a) *Lutetianae*.

1. *lutetiana* Lém. (S. 156). — Nikolaushalden, Steinberg, Ravensberg, Rosstalsberg, Heuweg, Hoher Kalbenstein, Krainberghöhe, Gambacher Tal, Wernfeld, Gemünden, Kalmut, Bad Orb.
f. glaucescens Desv. — Krainberg Aufstieg.
2. *andegavensis* Rap. (S. 160). — Nikolausberg bei Würzburg, Johannishof, Zell, Benediktushöhe.

3. *hirtella* Rip. (S. 161). — Talberg bei Veitshöchheim, Neuberg (III).
4. *verticillacantha* Bak. (S. 162). — Veitshöchheim, Volkenberg, Roter Berg (Gambach).

b) *Transitoriae*.

1. *aciphylla* Rau (Kell. S. 159). — Nikolausberg bei Karlstadt, Neuberg (III), Steilweg am Maingestell, Krainberg-Aufstieg.
2. *ramosissima* Rau (Kell. S. 160). — Steinberg (öfter).
3. *spuria* Puget (Kell. S. 160). — Leite bei Gambach (Röt), Kalmut (Röt), Sommerhausen (Keuper).
4. *frondosa* Braun (Kell. S. 160). — Felssturz am Kalbenstein.

c) *Dumales*.

1. *dumalis* Christ (S. 158). — Würzburg: Wittelsbacherhöhe, Neue Mühle, Estenfelder Steige, Rimparer Steige; Veitshöchheim, Volkenberg, Thüngersheim, Steigbild, Rehnütz, Maingestellgraben, Neuberg, Kalbenstein, Krainberg, Sommerhausen.
2. *firmula* God. (S. 162). — Felssturz Hoher Kalbenstein.
3. *squarrosa* Rau (Kell. S. 163). — Neuberg (III), Maingestellgraben, Veitshöchheim.
4. *sarmentoides* H. Br. (Kell. S. 164). — Spessart.
5. *latifolia* (Kell. S. 164). — Talberg bei Veitshöchheim.
6. *rubelliflora* Déségl. (Kell. S. 164). — Rosstalsberg, Maingestellgraben.
7. *Hispidula* Rip. (Christ, Flora 1874). — Hoher Kalbenstein, Bad Orb.

11. *R. glauca* Vill.

1. *typica* Christ (S. 165). — Nikolaushalden, Heuweg (Karlstadt, Sand), Aufstieg zur Leite b. Gambach (Röt), Bad Orb (Buntsandstein).
2. *complicata* Chr. (S. 166). — Steinberg, Aufstieg zum Krainberg, Roter Berg am Steinbruch, Sommerhausen, Ochsenfurt, Kalmut (Röt), Bad Orb.
3. *myriodonta* Chr. (S. 167). — Rosenholz bei Gambach, Steinberg (wiederholt).
4. *subcanina* Chr. (S. 169). — Ravensberg, Kreuzberg (Rhön).

12. *R. rubrifolia* Vill.

typica Christ. (S. 173). — Krainberg.

13. *R. dumetorum* Thuill.

1. *urbica* Lém. (*platyphylla* Rau) (S. 184). — Hammersteige, Maingestell, Weinbergspfad zum Krainberg, Hoher Kalbenstein, Bad Orb.
- f. *sphaerocarpa* Puget. — Bahnhof Gambach (auf Röt).

2. *trichoneura* Christ (S. 185). — Thüngersheim, Wernfeld.
3. *Thuilleri* Christ (S. 185). — Steinberg.
4. *hispidula* Rip. (Kell. S. 170). — Rosstalsberg (Irisfelsen), Ruine Karlsburg, Kalbensteinhöhe, Bad Orb.
5. *hemitricha* Rip. (Kell. 180). — Maingestell.

14. *R. coriifolia* Fries.

typica Chr. (Flora 1875). — Wittelsbacher-Höhe, Estenfelder Steige, Unkenmühle bei Grettstadt (b. Schweinfurt), Wernfeld.

15. *R. repens* Scop.

Steinbachtal, Zeller Waldspitze, Margetshöchheimer Wald, Gambacher Leite, Schwanberg, Bad Orb.

16. *R. pumisa* Lf. fil.

Edelmannswald, Thüngersheim, Krainberg, Schadberg bei Gambach. In *Hellers* Herbar: Waldskugel und Rimplarer Steige.

Hybride.

1. *gallica* × *dumalis*. — Veitshöchheim.
2. *gallica* × *tomentella*. — Steinberg.
3. *gallica* × *coriifolia*. — Krainberghöhe.
4. *gallica* × *arvensis*. — Steinberg, Unterdürnbach.
5. *gallica* × *lutetiana*. — Maingestellgraben.
6. *arvensis* × *canina*. — Rosenholz am Hang gegen den Main.

Anm. *Vollmann* (Flora von Bayern, Stuttgart 1914) führt von im Würzburger Gebiet vorkommenden Bastarden noch an: *gallica* × *Jundzillii* Würzburg, Veitshöchheim (S. 346) und *rubiginosa* × *tomentosa* (?) Würzburg (S. 348).

Anhang zu Teil 4.

Alphabetisches Verzeichnis und nähere Bezeichnung der Rosenfundorte¹⁾.
 rm bedeutet rechtsmainisch, lm linksmainisch.

- a) Wellenkalkgebiet, erstreckt sich mainabwärts von Würzburg bis Gambach bei Karlstadt, wo das Buntsandsteingebiet des Spessart beginnt.
Benediktushöhe rm unmittelbar östl. von Retzbach a. M.
Edelmannswald rm zwischen Veitshöchheim und Thüngersheim.
Estenfelder Steige rm bei Dorf Estenfeld, in Luftlinie 5,8 km nordöstl. von Würzburg.
Halsberg rm nördl. von Thüngersheim, zwischen Thüngersh. und Retzbach.
Hammersteige rm nördl. von Himmelstadt, etwa in der Mitte zwischen Himmelstadt und Karlstadt.

¹⁾ Zusammengestellt vom Herausgeber.

- Heuweg rm am Breitholz zwischen Gambach und Eussenheim.
 Hexenbruch lm an der Wittelsbacher Höhe westl. von Würzburg.
 Johannishof lm am Nikolausberg bei Würzburg.
 Kalbenstein rm Bergrücken zwischen Gambach und Karlstadt.
 Kalmut lm, Berg bei Homburg zwischen Heidenfeld und Wertheim a. M. Unten Röt, oben Wellenkalk; liegt ausserhalb des eigentlichen Würzburger Wellenkalkgebiets.
 Karlsburg lm Ruine bei Karlstadt.
 Krainberg (auch Grainberg geschrieben) rm 0,6 km südl. des Dorfes Gambach.
 Laudenschalk lm Dorf südl. von Karlstadt.
 Maingestell rm Graben gegenüber dem Dorf Karlsburg a. M.
 Margetshöchheimer Wald lm südwestl. des Dorfes Margetshöchheim.
 Neuberg rm gegenüber dem Dorf Karlsburg a. M. 3 Bergvorsprünge zwischen Hammersteige und Maingestellgraben. Die Bezeichnungen Neuberg I, II, III beziehen sich auf die 3 Vorsprünge, vermutlich ist mit Neuberg I der Karlstadt am nächsten liegende gemeint.
 Neue Mühle vermutl. = Neumühle rm auf dem Wege von Würzburg nach Versbach.
 Nikolausberg und Nikolaushalden lm zwischen Würzburg und Höchberg; ein Nikolausberg liegt ferner rm südöstl. von Karlstadt.
 Ravensberg rm gegenüber Bahnhof Erlabrunn.
 Rehnütz rm Bergrücken zwischen Karlstadt und Gambach.
 Rimpärer Steige rm bei Rimpär (Markt nordöstl. von Würzburg).
 Rosenholz (= Rosenrain) rm nördl. von Karlstadt.
 Rossberg rm zwischen Zell und Veitshöchheim.
 Rosstalsberg rm nördl. von Himmelstadt, etwa in der Mitte zwischen Himmelstadt und Karlstadt.
 Schadberg rm nördl. des Breitholzes bei Gambach.
 Schenkenturm rm nördl. vom Steinberg bei Würzburg.
 Steigbild rm 2 km nordöstl. von Karlstadt.
 Steinbachtal lm bei Würzburg (Guttenberger Wald).
 Steinberg rm bei Würzburg.
 Talberg rm 1,5 km nördl. von Veitshöchheim.
 Thüngersheim rm Dorf mainabwärts von Würzburg.
 Unterdürnbach rm Dorf, nordöstl. vom Steinberg bei Würzburg.
 Veitshöchheim rm Dorf, 5 km nordwestlich von Würzburg.
 Volkenberg lm bei Erlabrunn a. M.
 Waldkugel lm im Guttenberger Wald bei Würzburg, am Steinbachtal (ein anderer, mit Waldkugel bezeichneter Teil des Guttenberger Waldes, der aber vermutlich nicht gemeint ist, liegt bei dem Dorf Reichenberg).
 Wittelsbacher Höhe lm westl. von Würzburg.
 Zeller Waldspitze lm zwischen Würzburg und Zell.
- b) Buntsandsteingebiet des Spessart, mainabwärts von Gambach.
 Adelsberg rm zwischen Wernfeld und Gemünden.
 Falkengraben vermutl. rm bei Wernfeld.
 Gambacher Leite rm zwischen Bahnhof und Dorf Gambach.
 Gemünden a. M.

Orb, Badeort bei Wächtersbach (Strecke Frankfurt a. M.—Bebra).
Partenstein nordwestl. Lohr, an der Bahn Würzburg—Aschaffenburg.
Roter Berg rm bei Gambach.

c) Keupergebiet, mainaufwärts von Würzburg.

Ochsenfurt rm an der Bahn Würzburg—Ansbach.
Sommerhausen rm bei Ochsenfurt.

d) Andere Fundorte.

Brückenau im Sinnatal (Rhön).
Kreuzberg (Rhön).
Schwanberg (Steigerwald).

5. Wilde Rosen in Kultur.

Eine zusammenhängende Darstellung dieses Abschnitts lag nicht vor. Das Folgende wurde auf Grund der vorgefundenen Protokolle und Notizen zusammengestellt. Der Herausgeber.

Um zu unterscheiden, ob die für die vielen Rosenformen angegebenen charakteristischen Merkmale erblich sind, inwieweit die von den Floristen unterschiedenen, zu Sammelarten vereinten Varianten konstant oder nur Standortmodifikationen sind, ist das Kulturexperiment unerlässlich. Kraus hat, soweit sich aus den vorgefundenen Angaben ersehen lässt, drei Formen im botanischen Garten zu Würzburg aus Samen gezogen und näher untersucht. Es sind dies: *Rosa graveolens* f. *calcareae*, *R. rubiginosa* f. *apricorum* und *R. canina* f. *hirtella*. Alle drei Formen nehmen in Kultur veränderte Gestalt an, was wohl in erster Linie eine Folge der schwächeren Beleuchtung und der reichlicheren Zufuhr von Bodensalzen ist. So ist vor allem die Grösse der Blätter bei den kultivierten Rosen weit erheblicher als bei den wildwachsenden. Hierüber hat Kraus eine Reihe von Messungen angestellt, die unten mitgeteilt werden sollen. Zur rechten Beurteilung der Zahlen und zur Gewinnung brauchbarer Vergleichswerte ist zu berücksichtigen, dass die Blattgrösse bei ein und derselben Pflanze gewisse Verschiedenheiten aufweist. Es ist seit langem bekannt, — ohne dass man über die Ursachen der Erscheinung genauer unterrichtet wäre — dass bei verschiedenen Teilen eines Individuums die Blattgrössen ungleich sind. So weichen die Blätter normaler Laubtriebe von denen der blüten- bzw. fruchtrtragenden Sprosse und von denen der sog. Schösslinge in der Grösse oft stark voneinander ab. Um diese Verhältnisse zu erläutern, mögen einige Messungen, die am 22. September 1911 an einem im botanischen

Garten kultivierten Exemplar von *Rosa rubiginosa apricorum* vorgenommen worden sind, hier mitgeteilt werden.

Ganzes Blatt	Schössling	Laubzweig	Fruchtzweig
Länge in mm	93—98	Mitte: 55—60	52—63
(gemessen von der Stielbasis bis zur Spitze des Endblättchens)		Basis: 32	
Endblättchen			
Länge in mm	23—33	14—20	22
Breite in mm	21—30	8—12	15

Auch an ein und demselben Triebe, der aus einer Knospe stammt, sind bekanntlich an Spitze, Mitte und Basis die Blattgrößen verschieden, und zwar gewöhnlich so, dass in der Mitte die grössten Dimensionen herrschen. So beträgt z. B. bei oben genannter *Rosa rubig. apricorum* an demselben Laubtrieb die Länge der Blätter in der Mitte 55—60 mm, an der Basis 32 mm. Die Endfiedern sind bei den Blättern in der Mitte des Triebes durchschnittlich 20 mm lang und 14 mm breit, an der Basis nur 12 mm lang und 8 mm breit. Endlich ist bei einem Rosenblatt die Grösse der Fiederpaare bzw. der einzelnen Fiederblättchen von der Spitze zur Basis ungleich. Während diese relativen Grössenverhältnisse, auf inneren Ursachen beruhend, durch äussere Faktoren gewöhnlich nicht verändert werden, ist die absolute Grösse der Blätter und Blatteile durch Ausserbedingungen umänderbar. Für uns kommt hier nur der Einfluss der „Kultur“ in Frage.

Die Zunahme der Blattgrösse in der Kultur hat *Kraus* bei den drei Formen (*apricorum*, *hirtella* und *calcareia*) näher untersucht. Seine Messungen sind unten wiedergegeben.

Die am Standort gesammelten Früchte der Wildrosen wurden grösstenteils 1904 im Garten ausgesät. Einige keimten schon im Frühjahr 1905, andere erst 1906. 1907 waren bereits reich blühende Sträucher entwickelt, von denen zum ersten Male Blüten gesammelt wurden. Die Kultur geschah teils im Coniferetum, im Schatten der Bäume und an heller beleuchteten Stellen, teils im Versuchsgärtchen. Die Schattenpflanzen entwickelten sich nur zu kümmerlichen Sträuchern, die nicht zur Blüte kamen. Die im Halbschatten des Coniferetums aufwachsenden Pflanzen gediehen und blühten dagegen ebenso üppig wie die im Versuchsgärtchen.

Über die Kulturergebnisse im einzelnen lässt sich aus den vorliegenden Notizen folgendes entnehmen:

1. *Rosa rubiginosa apricorum*. Keller S. 97.

(Rosa apricorum Ripart.)

Was zunächst die Blattgrösse anlangt, so gibt folgende Zusammenstellung einen Überblick über die Veränderungen, die durch Kultur hervorgerufen werden. Die Zahlen bezeichnen die Länge bezw. Breite in mm und sind Mittelwerte aus einer nicht näher angegebenen Zahl von Messungen.

Ganzes Blatt	Wildwachsende Pflanze	Pflanze in Kultur
Länge	37,5	76
Endblättchen		
Länge	16,0	27,2
Breite	11,2	20,5

Es geht aus diesen Angaben hervor, dass sowohl die Länge des Gesamtblatts als Länge und Breite des Endblättchens bei den kultivierten Pflanzen auffallend grösser sind, die Werte haben sich ungefähr verdoppelt. Die Blattgrösse der Kulturpflanzen entspricht ungefähr der der *Rosa rubiginosa Gremlii* (vgl. *Christ* S. 107). Trotz der starken quantitativen Änderung behält *R. rubig. apricorum* in der Kultur ihre typischen Eigenschaften bei. Die Bestachelung der Pflanze, Behaarung und Bezählung der Blätter, die an den Blättern vorhandenen Drüsen blieben konstant. Ebenso erhielten sich in der Kultur die rundliche Form der Blätter, die tiefroten, kleinen Blüten, der wollig behaarte Griffel. Die Früchte waren bei den kultivierten Exemplaren eiförmig bis kugelig, die Kelchblätter bei der reifen Frucht ausgebreitet. Somit darf geschlossen werden, dass die Veränderungen, die *Rosa rubig. apricorum* in der Kultur erfährt, nur als Standortmodifikationen aufzufassen sind.

2. *Rosa canina hirtella*. *Christ* S. 161, *Keller* S. 162.

(Rosa hirtella Ripart.)

Die von *Kraus* als *hirtella* bezeichnete Form (die bei Karlstadt am Neuberg III und am Talberg bei Veitshöchheim gefunden wurde) stimmt in ihren Merkmalen nicht vollständig mit den Beschreibungen von *Christ* und *Keller* überein. Doch ergab die Untersuchung, dass sie zum mindesten *hirtella* am nächsten steht und jedenfalls zu keiner anderen der von *Christ* und *Keller* beschriebenen *canina*-Formen gehört. Die wichtigsten Merkmale sind folgende: Blätter klein, sehr reich. Zähne derselben tief, geschlängelt, ungleich, auseinanderfahrend. Doppelzählung vorhanden, doch recht oft, besonders oben

an den Blättchen einfache Zähne. Blattstiele und Nebenblätter drüsig. Rücken der Kelchblätter nicht drüsig, Kelchbecher nicht drüsig, Blütenstiele dagegen drüsig. Scheinfrucht oval, Griffel schwach behaart.

Aus dieser Beschreibung ist ersichtlich, dass ausser dem Fehlen der Drüsen am Rücken der Kelchblätter und am Kelchbecher alle Merkmale sehr gut mit *hirtella* übereinstimmen.

In der Kultur ergaben sich wie bei *R. apricorum* quantitative, aber keine qualitativen Änderungen. Die kultivierten Exemplare hatten, wie aus untenstehender Zusammenstellung ersichtlich ist, erheblich grössere Blätter als die „natürlichen“.

Ganzes Blatt	Wildwachsende Pflanze	Pflanze in Kultur
Länge . . .	60	86,2
Endblättchen		
Länge . . .	25,5	38

Auch die Scheinfrüchte zeichnen sich bei den kultivierten Pflanzen durch erheblichere Grösse aus, ihre im reifen Zustande ovale Form bleibt jedoch bestehen. Die Verzweigung ist bei der „natürlichen“ Form reicher, ebenso die Bekleidung mit Drüsen an Nebenblättern und Blattstielen, vor allem an den Blütenstielen. Die kleinen gekrümmten Stacheln an den Zweigen finden sich unverändert bei den Kulturpflanzen. Ebenso bleibt bei letzteren die charakteristische Form der Bezahnung erhalten. Es darf daher wohl auch für *R. canina hirtella* geschlossen werden, dass sie in der Kultur ihre spezifischen Eigenschaften beibehält.

3. *Rosa graveolens calcarea*, *Christ* S. 120, *Keller* S. 109, verhält sich dagegen anders. Zwar treten auch hier die quantitativen Änderungen in der Kultur auf, so vor allem die Zunahme der Blattgrösse. Beispiel:

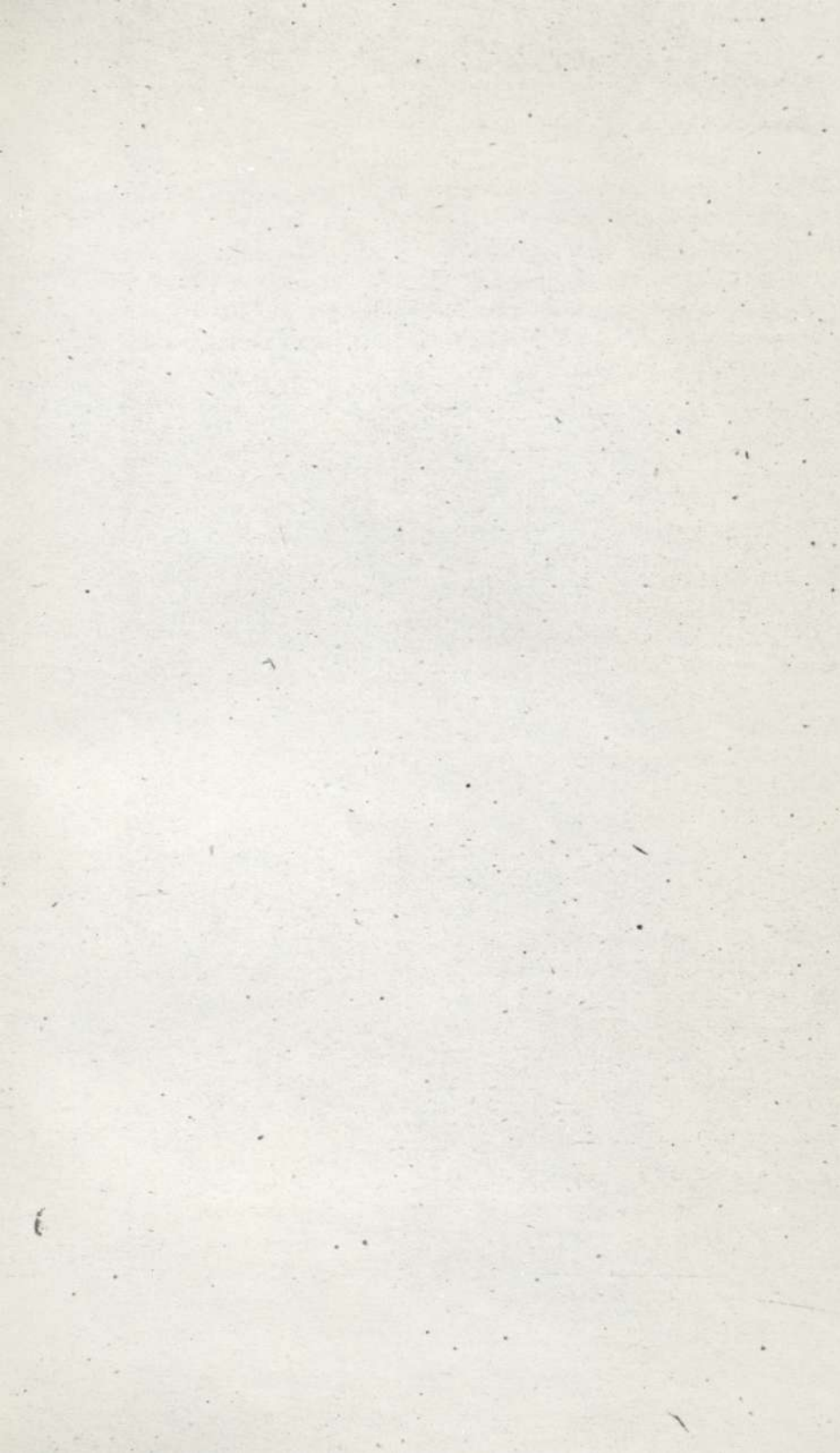
Ganzes Blatt	Wildwachsende Pflanze	Pflanze in Kultur
Länge . . .	55	103
Endblättchen		
Länge . . .	19	31,5
Breite . . .	9,7	18,7

An kultivierten *calcarea* wurde gefunden:

1. Behaarung und Bedrüsung wie bei der wildwachsenden Form, jedoch nicht so dicht wegen der grösseren Blattentfaltung,
2. Zähnung der Blätter wie bei der wildwachsenden Form,
3. kein gedrungener Wuchs,

4. Blätter nicht starr, dick, klein und hellgraugrün,
5. wollig behaarter Griffel wie bei der natürlichen Form.

Von diesen Merkmalen sind nur für *calcareo* charakteristisch der gedrungene Wuchs und die starren, dicken, kleinen und hellgraugrünen Blätter. Die übrigen Merkmale finden sich auch bei der typischen *R. graveolens* (*R. grav. f. typica* Christ S. 117). Da somit gerade die charakteristischen Merkmale in der Kultur wegfallen, muss die (wildwachsende) *R. grav. calcarea* als eine Standortsmodifikation der *R. graveolens* angesehen werden.



VERHANDLUNGEN
DER
PHYSIKALISCH-MEDICINISCHEN GESELLSCHAFT
ZU
WÜRZBURG.

N. F. BAND 45.

N^o 2.



UNTERSUCHUNGEN
ÜBER DIE ASSIMILATION UND ATMUNG
VON WASSERPFLANZEN.

VON
HILDA PLAETZER.

MIT 18 FIGUREN IM TEXT.

WÜRZBURG.
CURT KABITZSCH VERLAG.
1917.

Jede Nummer ist als Separatabdruck auch einzeln käuflich.



Botanische Arbeiten

aus den

„Verhandl.“ u. „Sitzungsberichten“ der Physik.-med. Gesellschaft

Die Flora des Rhöngebirges.

Von M. Goldschmidt-Geisa.

- I. Folge. 2. Aufl. Preis M. 1.—.
II. Folge. Preis M. —.60. III. Folge. Preis M. 1.—.
IV. Folge. Preis M. 1.—. V. Folge. Preis M. —.80.
VI. Folge. Preis M. 1.20. VII. Folge. Preis M. 1.—.
VIII. Folge. Preis M. 1.—.

Beiträge

zur

Kenntnis der Kallus- und Wundholzbildung geringelter Zweige und deren histologischen Veränderungen.

Von Dr. phil. Aug. Krieg.

Mit 25 Tafeln. — Preis M. 12.—.

Aus der

Pflanzenwelt Unterfrankens.

Herausgegeben von

Prof. Dr. Gregor Kraus.

- Heft 1: Johann Michael Fehr und die Grettstadter Wiesen. Von
Gr. Kraus. Preis M. 1.50
2: Über den Bau der Schlehkrüppel. Von Fr. Bott. Preis M. 1.—
3: Anpassung der Zwergpflanzen des Würzburger Wellenkalkes
nach Blattgröße und Spaltöffnungen. Von E. Lippold. Preis M. 1.50
4: Anemometrisches vom Krainberg bei Gambach. Mit 4 Tafeln.
— Schlussworte zu Fehrs „Tempe“. Von Gr. Kraus. Preis M. 2.—
5: Über Alter und Dickenwachstum von Würzburger Wellen-
kalkpflanzen. Von Fr. Kanngieser. Preis M. 1.20
6: Über den Nanismus unserer Wellenkalkpflanzen. Von Gregor
Kraus. Mit 1 Tafel. Preis M. 1.50
7: *Vicia Orobus* DC. und ihre Heterotrichie. Von Gregor Kraus. Mit
2 Tafeln. Preis M. 1.—
8: Die *Sesleria*-Halde. Von Gregor Kraus. Mit 2 Tafeln. Preis M. 1.—
9: Die Anatomie einiger Gramineenwurzeln des Würzburger
Wellenkalkes. Von Franz Contzen. Preis M. 2.40
10: Erfahrungen über Boden und Klima auf dem Wellenkalk.
Preis M. —.80
11: Die Fels- und Geröllehne. — Wellenkalkwälder. — *Lactuca*
quercina L. — *Ambrosius* Rau und sein Rosenherbar. Preis M. 1.30

Aristoteles und Plinius.

Studien zur Geschichte der Zoologie

von Dr. August Steier.

Preis broschiert M. 4.—.

INHALT: Die Einteilung der Tiere in der *Naturalis Historia* des Plinius. — Die
Tierformen des Plinius. — Zoologische Probleme bei Aristoteles und Plinius.

Eine der besten Arbeiten zur antiken Zoologie, welche seit Jahren erschienen ist,
„Mitteilungen zur Geschichte der Medizin“.

Einleitung.

Trotz der zahlreichen Arbeiten über die Kohlensäureassimilation der grünen Pflanzen fehlen in der Literatur — abgesehen von ganz gelegentlichen Bemerkungen — zahlenmässige Angaben über die minimale Lichtintensität, die gerade den Beginn der Kohlensäureassimilation hervorruft. Ebensovienig sind wir unterrichtet über die Lichtintensität, welche die Assimilationsgrösse hervorruft, die nötig ist, um die jeweils vorhandene Atmung gerade zu kompensieren. In der vorliegenden Arbeit ist hauptsächlich diese letztere Grösse untersucht worden. Der Einfachheit halber ist im folgenden der Ausdruck „Kompensationspunkt“ verwendet worden. Darunter soll der Punkt verstanden sein, in welchem Atmung und Assimilation gleichen absoluten Wert haben, so dass also der Gasaustausch gleich Null ist.

Als Versuchsobjekte dienten nur submerse Wasserpflanzen, und zwar solche mit Interzellularsystem (z. B. *Helodea canadensis* und *Cabomba caroliniana*) und ohne Interzellularen (Algen und einige Wassermoose). Je nach dem Vorhandensein von Interzellularen wurden verschiedene Versuchsmethoden angewandt.

Da es von vorneherein klar ist, dass der Kompensationspunkt von den Aussenbedingungen abhängt, vor allem von der Temperatur, so wurde auch der Temperatureinfluss auf den Kompensationspunkt näher untersucht.

Da die Lage des Kompensationspunktes in engstem Zusammenhang mit der Stärke der Atmung steht, ergaben sich zum Schluss einige Untersuchungen über die Atmung, und zwar über ihren Verlauf innerhalb längerer Zeiten. Literaturangaben darüber liegen verschiedene vor. Es seien hier von neuerer Literatur nur die Arbeiten von *Matthaei* (1904), *Meyer* und *Deleano* (1911 u. 1913) und *Kylin* (1911) erwähnt, in bezug auf die ältere auf Zusammenstellungen bei *Pfeffer* (Pflanzenphysiologie) und *Jost* (Vorlesungen über Pflanzenphysiologie) verwiesen. Meine Versuche hierüber beziehen sich fast ausschliesslich auf Algen, und zwar

Cladophora und Spirogyra, von denen die letztere infolge besonderer Atmungsverhältnisse, die im Zusammenhang mit der Kernteilung zu stehen scheinen, eingehender untersucht wurde.

Erläuterungen über die Methodik sind in den jeweiligen Kapiteln zu finden.

I. Teil.

1. Bestimmung des Kompensationspunktes bei untergetauchten Wasserpflanzen mit Interzellularsystem.

Methodik.

Wasserpflanzen mit Interzellularsystem bieten eine sehr bequeme Handhabe zur Beobachtung der Assimilation nach der allbekanntesten Blasenählmethode. Sie ist auch zu quantitativen Versuchen häufig herangezogen worden. Dass sie dabei mit Vorsicht zu gebrauchen ist, weist *Kniep* in seiner „Kritik der Blasenählmethode“ (1915) nach. Zu gleicher Zeit leitet er jedoch aus seinen Überlegungen eine Möglichkeit ab, auf dem Wege über die Blasenählmethode den Kompensationspunkt festzustellen.

Die Grundzüge seiner Folgerungen seien hier angegeben. (Näheres, sowie einschlägige Literatur sind in der betreffenden Arbeit zu finden.) Ein untergetauchter, abgeschnittener Spross einer Wasserpflanze, z. B. *Helodea canadensis*, scheidet bekanntlich infolge von Assimilation bei Beleuchtung einen Blasenstrom an der Schnittfläche aus, der — falls er reiner Assimilationsstrom ist — bei plötzlicher Verdunklung sofort aufhört. Beleuchtet man nach einiger Zeit wieder, so setzt der Blasenstrom nicht sofort wieder ein, sondern erst dann, wenn der Gasüberdruck in den Interzellularen durch die Assimilation stark genug geworden ist, um eine Blasenabgabe zu bewirken. Wenn man nun den Spross, statt ihn eine bestimmte Zeitlang zu verdunkeln, ebensolange mit einer geringen Intensität beleuchtet, so hört der Blasenstrom zwar auch sofort auf, aber es dauert nach Wiederbeginn der vollen Beleuchtung — sofern die Intensität nicht gar zu gering war — nicht so lange wie im ersten Fall, bis er wieder auftritt. Das ist aber ein Zeichen, dass während der Einwirkung der schwachen Lichtintensität der Gasdruck in den Interzellularen nicht auf dasselbe, tiefe Niveau gesunken ist, wie bei völliger Dunkelheit — mit andern Worten: Der

Spross hat bei der schwachen Beleuchtung Sauerstoff produziert — er hat assimiliert. Je geringer die Intensität, um so länger dauert es bis zum Wiederbeginn des Blasenstroms, schliesslich verzögert er sich genau so lange, als wenn der Spross völlig verdunkelt worden wäre.

Es handelt sich also darum, diejenige Lichtstärke zu finden, bei der die Zeit bis zum Wiedereinsetzen des Blasenstroms gerade etwas kürzer ist als nach Verdunklung; diese Intensität liegt augenscheinlich ganz nahe derjenigen, bei der Sauerstoffabgabe und -Aufnahme — also Assimilation und Atmung — sich die Waagschale halten, was im Kompensationspunkt der Fall ist.

Die Versuchsanordnung war folgende: Das Versuchsobjekt, eine höchstens 5—6 cm lange Sprossspitze, oder auch nur ein Einzelblatt, befand sich, an einen Glasstab gebunden, in einer schmalen, offenen Glasküvette (1 l Inhalt) in einer 1%igen Lösung von KHCO_3 in abgestandenem, destilliertem Wasser. Die kleine Küvette stand in einer grossen (ca. 25 l Inhalt) mit Leitungswasser, das durch fortwährend durchströmendes Kühlwasser auf konstanter Temperatur gehalten wurde. Auf der einen Seite der grossen Küvette war eine 500kerzige Metalldrahtlampe ¹⁾ in etwa 25 cm Entfernung angebracht, auf der andern Seite, ihr genau gegenüber, eine schwächere Lichtquelle (bei fast allen Versuchen eine auf 95 Meterkerzen geeichte Nitalampe), mit einer Vorrichtung zur beliebigen Variation der von ihr ausgehenden Lichtintensität. Die Entfernung der schwächeren Lampe von der Küvette (und infolgedessen auch von der Versuchspflanze) war nicht immer dieselbe. Sie bewegte sich zwischen 50—80 cm. Sie ist bei jedem Versuch angegeben. Die Pflanze wurde stets so orientiert, dass sie sich auf der Verbindungslinie zwischen beiden Lichtquellen befand.

Um die von der Nitalampe ausstrahlende Lichtstärke auf jeden beliebigen Bruchteil herabmindern zu können, war folgende Einrichtung getroffen: Zwischen Lampe und Küvette befand sich eine Kreisscheibe mit Gradeinteilung und zwei verstellbaren, sich gegenüberliegenden, sektorförmigen Spalten, die jeder für sich höchstens 90° Öffnungsweite haben konnten, aber auch völlig verschliessbar waren. Die Scheibe konnte durch einen Motor so schnell gedreht werden (etwa 930 Umdrehungen in der Minute), dass das durch die Spalten fallende Licht dem Auge nur ganz leise zitternd erschien. Der Motor, die Scheibe und die Nitalampe waren von einem lichtdicht anschliessenden, schwarzen Pappkasten überdeckt, der vor der Scheibe eine genau abgepasste Öffnung hatte, hinter der sie rotierte. Geschah also das

¹⁾ Osram „Azo“-Lampe.

Rotieren beispielsweise mit 2 Sektorenspalten von je 90° Öffnungsweite — also Gesamtpaltweite = 180° —, so wurde die durchgehende, in der Zeiteinheit wirkende Lichtmenge im Vergleich zur Vollbeleuchtung auf die Hälfte reduziert.

Voraussetzung ist bei dieser ganzen Versuchsanordnung, dass das *Talbotsche* Gesetz von der Summation intermittierender Reize auch für die Assimilation zutrifft. Doch ist das mit höchster Wahrscheinlichkeit anzunehmen, da es sich erstens als sehr allgemein gültig erwiesen hat (*Marbe* 1903), und zwar auch für photochemische Reaktionen, und zweitens auch in der pflanzlichen Reizphysiologie für eine andere Art von Lichtwirkung, den Heliotropismus, exakt bestätigt worden ist (*Nathansohn* und *Pringsheim* 1908). Ausserdem spricht für die Richtigkeit der Annahme die Tatsache, dass *Kniep* (1915) mit einer anderen Verdunklungsmethode (Rauchgläser) ähnliche Werte bekam wie ich.

Der Motor, die Nitalampe und die 500kerzige Lampe konnten gleichzeitig, unabhängig voneinander ein- und ausgeschaltet werden.

Die Versuche wurden in einem Dunkelzimmer ausgeführt, und zwar zum grössten Teil im physikalischen Institut, dessen Hausbatterie ich benutzen durfte¹⁾, da im botanischen Institut nur Strom vom städtischen Elektrizitätswerk zur Verfügung stand, der so stark schwankte, dass oft tagelang kein Versuchsergebnis zu erzielen war.

Alle von *Kniep* in der oben erwähnten Arbeit angegebenen Anweisungen wurden bei den Versuchen beobachtet: Die Temperatur des Versuchswassers war stets auf $\frac{1}{10}^\circ$ konstant. (Vorsichtshalber war dicht vor die 500kerzige Lampe noch eine kleine Küvette mit oft ersetzttem Kühlwasser geschaltet.) — Bewegungen des Versuchswassers wurden peinlich vermieden. — Vor Beginn der Versuche wurde die Pflanze $1\frac{1}{2}$ — $2\frac{1}{2}$ Stunden in Versuchsanordnung vorbeleuchtet, um sich „einzublase“. — Es wurde dauernd kontrolliert, ob der Blasenstrom bei Verdunklung sofort aufhörte. Auf jede Verdunklung oder schwächere Beleuchtung innerhalb des Versuchs folgte eine mindestens $3\frac{1}{2}$ Minuten, meist $4\frac{1}{2}$ Minuten und länger währende Zwischenbeleuchtung mit der 500kerzigen Lampe. Die Zeitablesungen geschahen an einer Stoppuhr, die $\frac{1}{10}$ Sekunde zu unterscheiden gestattete.

Da die Versuche fast sämtlich im Winter gemacht wurden, war

¹⁾ Dem Direktor des physikal. Instituts der Universität, Herrn Geheimrat *Wien*, möchte ich auch an dieser Stelle für die Bereitwilligkeit danken, mit der er mir Mittel und Räume seines Instituts zur Verfügung stellte.

die Zahl der Versuchsobjekte beschränkt. Es kamen nur solche Pflanzen in Betracht, die sich vom Sommer her unter den bestmöglichen winterlichen Beleuchtungsverhältnissen kultivieren liessen: *Helodea canadensis*, *Cabomba caroliniana* und *Myriophyllum spicatum*. — *Ceratophyllum*, das sich während des ganzen Jahres sehr gut kultivieren lässt, war leider zu Versüchen mit der Glasblasenmethode nicht zu gebrauchen, da es bei Verdunklung nicht zu blasen aufhört. Woher dieser „physikalische“ Blasenstrom im Dunkeln rührt, ist schwer zu erklären. Vielleicht steht er im Zusammenhang mit dem Reichtum der Pflanze an kohlenurem Kalk.

Zum Verständnis der Versuchsprotokolle sei noch folgendes bemerkt: Unter Vollicht ist ungeschwächte Beleuchtung durch die 95kerzige Nitralampe verstanden. Dabei rotiert die Sektorenscheibe nicht, sondern lässt das Licht der hinter ihr befindlichen Nitralampe durch einen ruhenden Spalt, der breiter ist als die Lampe, voll auf die Pflanze fallen. Bruchteile des Vollichtes (z. B. $\frac{1}{4}$ Vollicht) werden durch Rotieren der Scheibe mit verschiedenen weiten Sektoren erzielt. Derartig abgeschwächte Beleuchtung ist kurz als Beschattung bezeichnet.

Zwischen zwei Ablesungen erfolgte stets eine mindestens 4 Min. dauernde Zwischenbeleuchtung mit der 500kerzigen Lampe; sie bleibt in den Protokollen unerwähnt.

Ein Versuch verläuft also folgendermassen: 1—2 Std. Vorbeleuchtung mit der 500kerzigen Osram-Azo-Lampe; dabei dauerndes Prüfen, ob das Versuchsexemplar konstanten Blasenstrom gibt und ob nach gleichlanger Verdunklung immer gleiche Zeit beleuchtet werden muss, bis der Blasenstrom wieder einsetzt. Ist das längere Zeit der Fall, so lässt man, anstatt eine bestimmte Zeit zu verdunkeln, ebensolange „Vollicht“ wirken und erhält z. B.:

Wiederbeginn nach Vollicht in 8,1 Sek.,

während man bei Verdunklung vielleicht erhalten hatte:

Wiederbeginn nach Verdunklung in 8,5 Sek.

Es hat also das Vollicht schon Assimilation hervorgerufen. Man wählt darum durch Verengung des Scheibenspaltes eine geringere Lichtintensität, z. B. $\frac{1}{2}$ Vollicht und erhält nun vielleicht:

Wiederbeginn nach $\frac{1}{2}$ Vollicht in 8,4 Sok.

und so fort, bis man nach weiterer Herabminderung des Vollichtes die Intensität erhält, die gerade so wirkt, als wenn statt ihrer völlig verdunkelt worden wäre.

Versuchsprotokolle.

Myriophyllum spicatum.

15. Dez. 1915; 11 $\frac{1}{2}$ —1 $\frac{1}{2}$ Uhr vorm.

3 cm lange Sprossspitze (im Gewächshaus kultiviert) 1 $\frac{1}{2}$ Std. vor Beginn in Versuchsanordnung beleuchtet ¹⁾. Verdunklung, Beschattung und Vollicht je 15 Sek.; Vollicht = 143 Kerzen (81,5 cm von 95 Kerzenlampe). 10 Blasen in 23,4 Sek.; Temp. + 19,1° C.

Wiederbeginn nach Verdunklung. in 10,8 Sek.

„ „ Vollicht „ 10,5 „

„ „ Verdunklung. „ 10,8 „

„ „ Vollicht „ 10,4 „

„ „ Verdunklung. „ 10,7 „

„ „ $\frac{1}{2}$ Vollicht = 71,5 K. „ 10,8 „

„ „ Verdunklung. „ 10,8 „

„ „ $\frac{1}{2}$ Vollicht „ 10,8 „

Der Kompensationspunkt liegt also zwischen 143 Kerzen und 71,5 Kerzen.

Myriophyllum spicatum.

17. Dez. 1915; 11 $\frac{1}{2}$ —2 $\frac{1}{4}$ Uhr vorm.

4 cm lange Sprossspitze (mehrere Tage vor Versuch im physiolog. Laboratorium an einem Südsüdostfenster kultiviert, Wetter hell und sonnig). 1 $\frac{1}{2}$ Std. vor Beginn in Versuchsanordnung beleuchtet. Verdunklung, Beschattung und Vollicht je 15 Sek. Vollicht = 146,5 Kerzen (80,5 cm von 95 Kerzenlampe), 10 Blasen in 40,6 Sek.; Temp. + 19,5° C.

Wiederbeginn nach Verdunklung. in 8,7 Sek.

„ „ Verdunklung. „ 8,8 „

„ „ Verdunklung. „ 8,8 „

„ „ Verdunklung. „ 8,7 „

10 Min. Unterbrechung — darauf

Wiederbeginn nach Vollicht in 8,1 Sek.

„ „ Vollicht „ 8,15 „

„ „ Verdunklung. „ 8,2 „

¹⁾ Diese Vorbeleuchtung erfolgt — ebenso wie die obenerwähnte Zwischenbeleuchtung — mit der 500kerzigen Osram „Azo“-Lampe.

Wiederbeginn nach Vollicht	in 8,0	Sek.
„ „ Verdunklung.	„ 8,3	„
„ „ Vollicht	„ 8,3	„
„ „ Verdunklung.	„ 8,6	„

Die Pflanze (oder das Licht) arbeitet unregelmässig; nach ca. 25 Min. konstant 5 Blasen in 17,55 Sek. Darauf

Wiederbeginn nach Verdunklung.	in 6,3	Sek.
„ „ Verdunklung.	„ 6,3	„
„ „ $\frac{3}{8}$ Vollicht = 110,1 K.	„ 6,3	„
„ „ Verdunklung.	„ 6,25	„
„ „ $\frac{3}{8}$ Vollicht	„ 6,3	„
„ „ $\frac{3}{8}$ Vollicht	„ 6,3	„
„ „ Verdunklung.	„ 6,3	„
„ „ Verdunklung.	„ 6,25	„
„ „ Verdunklung.	„ 6,2	„
„ „ Verdunklung.	„ 6,2	„
„ „ $\frac{7}{16}$ Vollicht = 128,4 K.	„ 6,2	„
„ „ $\frac{7}{16}$ Vollicht	„ 6,15	„
„ „ $\frac{7}{16}$ Vollicht	„ 6,15	„
„ „ Verdunklung.	„ 6,2	„
„ „ Verdunklung.	„ 6,2	„

Der Kompensationspunkt liegt wahrscheinlich ganz nahe bei 128,4 Kerzen.

Myriophyllum spicatum.

10. Jan. 1916; cr. 10 $\frac{1}{2}$ Uhr vorm. bis 6 $\frac{1}{2}$ Uhr nachm.

6 cm lange, sehr üppig entwickelte Sprossspitze (im Gewächshaus kultiviert). 2 Std. vor Beginn in Versuchsanordnung beleuchtet. Verdunklung, Beschattung und Vollicht je 30 Sek.; Vollicht = 314 Kerzen (55 cm von 95 Kerzenlampe); 10 Blasen in 7,4 Sek.; Temp. + 20,3° C.

Wiederbeginn nach Verdunklung.	in 7,0	Sek.
„ „ Verdunklung.	„ 7,0	„
„ „ Vollicht	„ 5,7	„
„ „ Verdunklung.	„ 7,05	„
„ „ Vollicht	„ 5,75	„
„ „ Verdunklung.	„ 7,0	„
„ „ $\frac{1}{2}$ Vollicht = 157 K.	„ 6,85	„
„ „ Verdunklung.	„ 7,0	„
„ „ $\frac{1}{2}$ Vollicht	„ 6,65	„
„ „ $\frac{1}{2}$ Vollicht	„ 6,9	„
„ „ Verdunklung.	„ 7,15	„

Wiederbeginn nach $\frac{1}{2}$ Vollicht	in 7,0	Sek.
„ „ Verdunklung.	„ 7,15	„
Blasenzahl sehr unregelmässig, nach einiger Zeit wieder wie vorher:		
Wiederbeginn nach Verdunklung.	in 7,9	Sek.
„ „ Verdunklung.	„ 7,95	„
„ „ $\frac{3}{8}$ Vollicht = 118 K.	„ 7,95	„
„ „ Verdunklung.	„ 7,95	„
Blasenzahl wieder unregelmässig, nach cr. $\frac{1}{2}$ Std.:		
Wiederbeginn nach Verdunklung.	in 9,0	Sek.
„ „ Verdunklung.	„ 8,8	„
„ „ Verdunklung.	„ 8,35	„
„ „ Verdunklung.	„ 8,35	„
„ „ $\frac{3}{8}$ Vollicht	„ 8,35	„
„ „ Verdunklung.	„ 8,35	„
„ „ $\frac{3}{8}$ Vollicht	„ 8,4	„
„ „ Verdunklung.	„ 8,4	„
„ „ $\frac{3}{8}$ Vollicht	„ 8,4	„

Der Kompensationspunkt liegt zwischen 157 Kerzen und 118 Kerzen.

Myriophyllum spicatum.

11. Dez. 1915; $3\frac{1}{2}$ — $5\frac{1}{2}$ Uhr nachm.

2—3 cm lange Sprossspitze. $2\frac{1}{2}$ Std. vor Beginn in Versuchsanordnung beleuchtet. Verdunklung, Beschattung und Vollicht je 15 Sek.; Vollicht = 150,6 Kerzen (79 cm von 95 Kerzenlampe). 20 Blasen in 9,3 Sek.; Temperatur + 19° C.

Wiederbeginn nach Verdunklung. in 7,85 Sek.

„ „ $\frac{19}{360}$ Vollicht = 7,9 K. 7,3 „

„ „ Verdunklung. 7,8 „

„ „ $\frac{19}{360}$ Vollicht 7,25 „

$\frac{1}{2}$ Std. später 20 Blasen in 8,3 Sek.

Wiederbeginn nach Verdunklung. in 5 Sek.

„ „ $\frac{5}{360}$ Vollicht = 2,1 K. 5 „

„ „ Verdunklung. 5 „

„ „ $\frac{5}{360}$ Vollicht 5 „

Der Kompensationspunkt liegt zwischen 7,94 Kerzen und 2,09 Kerzen.

Cabomba caroliniana.

15. Dez. 1915; cr. $10\frac{1}{2}$ — $12\frac{1}{4}$ Uhr vorm.

Ein Blatt (im Gewächshaus kultiviert). Etwa $1\frac{1}{4}$ Std. vor Be-

ginn der Versuchsanordnung beleuchtet. Verdunklung, Beschattung und Volllicht je 15 Sek. Volllicht = 145 Kerzen (81 cm von 95 Kerzenlampe). 10 Blasen in 11,2 Sek.; Temperatur + 19,1° C.

Wiederbeginn nach Verdunklung.	in 6,8 Sek.
„ „ 1/2 Volllicht = 72,5 K.	„ 5,8 „
„ „ Verdunklung.	„ 6,8 „
„ „ 1/2 Volllicht	„ 5,8 „

Die Blasenanzahl variiert; nach 22 Min. konstant 10 Blasen in 11,3 Sek.; darauf:

Wiederbeginn nach Verdunklung.	in 5,2 Sek.
„ „ Verdunklung.	„ 5,2 „
„ „ 1/4 Volllicht = 36,2 K.	„ 5,1 „
„ „ Verdunklung.	„ 5,2 „
„ „ Verdunklung.	„ 5,2 „
„ „ 1/4 Volllicht	„ 5,15 „

Der Kompensationspunkt liegt etwas über 36,25 Kerzen.

Cabomba caroliniana.

7. Jan. 1916; cr. 11—1 Uhr vorm.

Ein Blatt (Pflanze seit etwa 3 Wochen an Südsüdostfenster im physiolog. Laboratorium kultiviert). 2 Std. vor Beginn in Versuchsanordnung beleuchtet. Verdunklung, Beschattung und Volllicht je 15 Sek.; Volllicht = 292 Kerzen (57 cm von 95 Kerzenlampe). 20 Blasen in 9,5 Sek., Temperatur + 19° C.

Wiederbeginn nach Verdunklung.	in 3,45 Sek.
„ „ Verdunklung.	„ 3,45 „
„ „ Verdunklung.	„ 3,5 „
„ „ Volllicht	„ 2,6 „
„ „ Verdunklung.	„ 3,5 „
„ „ 1/4 Volllicht = 73 K.	„ 3,25 „
„ „ Verdunklung.	„ 3,5 „
„ „ 1/4 Volllicht	„ 3,25 „
„ „ 1/4 Volllicht	„ 3,25 „
„ „ Verdunklung.	„ 3,45 „
„ „ Verdunklung.	„ 3,45 „
„ „ 1/8 Volllicht = 36,5 K.	„ 3,5 „
„ „ Verdunklung.	„ 3,5 „
„ „ 1/8 Volllicht	„ 3,5 „
„ „ Verdunklung.	„ 3,5 „
„ „ 1/8 Volllicht	„ 3,5 „

Etwa 25 Min. Blasenzahl unregelmässig, dann 20 Blasen in 9,8 Sek.

— Darauf:

Wiederbeginn nach	$\frac{3}{16}$ Vollicht = 54,7 K.	in 3,55 Sek.
„	„ Verdunklung.	„ 3,5 „
„	„ $\frac{3}{16}$ Vollicht	„ 3,5 „
„	„ Verdunklung.	„ 3,55 „
„	„ $\frac{3}{16}$ Vollicht	„ 3,55 „

Der Kompensationspunkt liegt zwischen 73 Kerzen und 51,7 Kerzen.

Cabomba caroliniana.

Am Nachmittag desselben Tages wie voriger Versuch. Ein Blatt, das seit dem Morgen in Versuchsanordnung beleuchtet worden ist; es ist kleiner als das vorige und nicht so hervorragend frisch grün wie dieses. Verdunklung, Beschattung und Vollicht je 30 Sek.; Vollicht = 303 Kerzen (56 cm von 95 Kerzenlampe). 10 Blasen in 7,1 Sek.; Temperatur 19° C.

Wiederbeginn nach	Verdunklung.	in 3,0 Sek.
„	„ Verdunklung.	„ 3,05 „
„	„ Verdunklung.	„ 3,05 „
„	„ Verdunklung.	„ 3,0 „
„	„ $\frac{1}{2}$ Vollicht = 151,5 K.	„ 2,65 „
„	„ Verdunklung.	„ 3,0 „
„	„ $\frac{1}{2}$ Vollicht	„ 2,6 „
„	„ Verdunklung.	„ 3,05 „
„	„ $\frac{1}{2}$ Vollicht	„ 2,6 „
„	„ Verdunklung.	„ 3,0 „

20—25 Min. Unterbrechung, da die Blasenzahl schwankt. —

Darauf:

Wiederbeginn nach	$\frac{3}{8}$ Vollicht = 111 K.	in 3,05 Sek.
„	„ Verdunklung.	„ 3,05 „
„	„ $\frac{3}{8}$ Vollicht	„ 3,00 „
„	„ Verdunklung.	„ 3,05 „
„	„ $\frac{3}{8}$ Vollicht	„ 2,95 „
„	„ Verdunklung.	„ 3,05 „
„	„ $\frac{3}{8}$ Vollicht	„ 3,0 „
„	„ $\frac{1}{4}$ Vollicht = 75,7 K.	„ 3,0 „
„	„ Verdunklung.	„ 3,0 „
„	„ Verdunklung.	„ 3,0 „
„	„ $\frac{1}{4}$ Vollicht	„ 3,0 „

Der Kompensationspunkt liegt wahrscheinlich dicht bei 111 Kerzen. Dieser relativ hohe Wert steht wohl damit in Zusammenhang, dass das Objekt nicht mehr ganz frisch war.

Cabomba caroliniana.

17. Jan. 1916; cr. 11 $\frac{1}{2}$ Uhr vorm. bis 5 Uhr nachm.

Ein Blatt. (Kulturbedingungen der Pflanze wie in den beiden letzten Versuchen.) 1 $\frac{3}{4}$ Std. vor Beginn in Versuchsanordnung beleuchtet. Verdunklung, Beschattung und Vollicht je 30 Sek.; Vollicht = 365,5 Kerzen (51 cm von 95 Kerzenlampe). 10 Blasen in 9 Sek.; Temperatur + 20,2° C.

Wiederbeginn nach Verdunklung.	in 6,7 Sek.
„ „ Verdunklung.	„ 6,3 „
„ „ Verdunklung.	„ 6,6 „
„ „ Verdunklung.	„ 6,6 „
„ „ Vollicht	„ 5,2 „
„ „ Vollicht	„ 5,2 „
„ „ Verdunklung.	„ 6,6 „
„ „ $\frac{1}{2}$ Vollicht = 182,7 K.	„ 5,9 „
„ „ Verdunklung.	„ 6,6 „
„ „ $\frac{1}{2}$ Vollicht	„ 5,8 „
„ „ $\frac{1}{4}$ Vollicht = 91,4 K.	„ 6,2 „
„ „ Verdunklung.	„ 6,6 „
„ „ $\frac{1}{4}$ Vollicht	„ 6,1 „

Die Blasen Zahl wird unregelmässig; zuerst 10 Blasen in 8,7 Sek.; nach langer Zeit konstant 10 Blasen in 10,3 Sek. — Darauf:

Wiederbeginn nach Verdunklung.	in 6,2 Sek.
„ „ Verdunklung.	„ 6,2 „
„ „ $\frac{1}{4}$ Vollicht	„ 5,75 „
„ „ $\frac{1}{4}$ Vollicht	„ 5,6 „
„ „ Verdunklung.	„ 6,2 „
„ „ $\frac{1}{4}$ Vollicht	„ 5,6 „

Blasenzahl wieder inkonstant; nach etwa $\frac{1}{2}$ Std. 10 Blasen in 10,6 Sek. — Darauf:

Wiederbeginn nach Verdunklung.	in 5,4 Sek.
„ „ Verdunklung.	„ 5,5 „
„ „ Verdunklung.	„ 5,4 „
„ „ $\frac{1}{12}$ Vollicht = 30,5 K.	„ 5,4 „
„ „ $\frac{1}{12}$ Vollicht	„ 5,45 „

Wiederbeginn nach Verdunklung.	in 5,5	Sek.
„ „ $\frac{1}{12}$ Vollicht	„ 5,5	„
„ „ Verdunklung.	„ 5,45	„

Blasenzahl unregelmässig; 11 Min. Unterbrechung, dann wieder die frühere Blasenzahl konstant:

Wiederbeginn nach Verdunklung.	in 5,3	Sek.
„ „ $\frac{1}{6}$ Vollicht = 70,0 K.	„ 4,95	„
„ „ Verdunklung.	„ 5,2	„
„ „ $\frac{1}{6}$ Vollicht	„ 4,9	„
„ „ Verdunklung.	„ 5,1	„
„ „ $\frac{1}{6}$ Vollicht	„ 4,9	„

Der Kompensationspunkt liegt zwischen 30,5 Kerzen und 70,0 Kerzen.

Helodea canadensis.

28. Jan. 1916; $1\frac{1}{4}$ — $6\frac{1}{4}$ Uhr nachm.

3—4 cm lange Sprossspitze (mehrere Monate im physiolog. Laboratorium an Südsüdostfenster kultiviert). Mehrere Stunden vor Beginn in Versuchsordnung beleuchtet. Verdunklung, Beschattung und Vollicht je 30 Sek.; Vollicht = 344,7 Kerzen (52,5 cm von 95 Kerzenlampe). 5 Blasen in 11,3 Sek.; Temperatur + 19,3° C.

Wiederbeginn nach Verdunklung.	in 8,3	Sek.
„ „ Verdunklung.	„ 8,3	„
„ „ $\frac{1}{2}$ Vollicht = 172,35 K.	„ 6,7	„
„ „ Verdunklung.	„ 8,3	„
„ „ $\frac{1}{2}$ Vollicht	„ 6,8	„
„ „ Verdunklung.	„ 8,3	„
„ „ $\frac{1}{4}$ Vollicht = 86,17 K.	„ 7,6	„
„ „ $\frac{1}{4}$ Vollicht	„ 7,6	„
„ „ Verdunklung.	„ 8,3	„

Blasenzahl unregelmässig, zuletzt konstant 5 Blasen in 8,3 Sek. —

Darauf:

Wiederbeginn nach Verdunklung.	in 6,3	Sek.
„ „ $\frac{1}{8}$ Vollicht = 43,08 K.	„ 8,85	„
„ „ Verdunklung.	„ 6,4	„
„ „ $\frac{1}{8}$ Vollicht	„ 5,95	„

Blasenzahl unregelmässig; nach langer Zeit (cr. $1\frac{1}{2}$ Std.) regelmässig 5 Blasen in 9,1 Sek. — Darauf:

Wiederbeginn nach $\frac{1}{8}$ Vollicht	in 6,4	Sek.
„ „ Verdunklung.	„ 6,8	„
„ „ Verdunklung.	„ 7,1	„

Wiederbeginn nach	$\frac{1}{8}$ Vollicht	in 6,75 Sek.
„	„ Verdunklung.	„ 7,0 „
„	„ Verdunklung.	„ 6,4 „
„	„ $\frac{1}{16}$ Vollicht = 21,5 K.	„ 6,25 „
„	„ Verdunklung.	„ 6,4 „
„	„ $\frac{1}{16}$ Vollicht	„ 6,3 „
„	„ $\frac{1}{16}$ Vollicht	„ 6,35 „
„	„ Verdunklung.	„ 6,45 „

Lage des Kompensationspunktes bei weniger als 21,5 Kerzen.
(Wahrscheinlich jedoch nicht viel weniger.)

Helodea canadensis.

28. Nov. 1916; cr. 12— $\frac{1}{2}$ $\frac{5}{5}$ Uhr nachm.

Sprossspitze mehrere Zentimeter lang (kultiviert wie im vorigen Versuch). Mehrere Stunden vor Beginn in Versuchsanordnung beleuchtet. Verdunklung, Beschattung und Vollicht je 30 Sek.; Vollicht = 134 Kerzen (55 cm von 95 Kerzenlampe). 6 Blasen in 27,4 Sek.; Temperatur + 19,8° C.

Wiederbeginn nach	Verdunklung.	in 10,7 Sek.
„	„ $\frac{1}{8}$ Vollicht = 39,2 K.	„ 10,35 „
„	„ Verdunklung.	„ 10,7 „
„	„ $\frac{1}{16}$ Vollicht = 19,6 K.	„ 10,5 „
„	„ Verdunklung.	„ 10,65 „
„	„ $\frac{1}{16}$ Vollicht	„ 10,5 „
„	„ Verdunklung.	„ 10,65 „
„	„ $\frac{1}{16}$ Vollicht	„ 10,55 „
„	„ $\frac{1}{32}$ Vollicht = 9,8 K.	„ 10,65 „
„	„ $\frac{1}{32}$ Vollicht	„ 10,7 „
„	„ Verdunklung.	„ 10,65 „
„	„ $\frac{1}{32}$ Vollicht	„ 10,65 „

Lage des Kompensationspunktes zwischen 19,62 Kerzen und 9,81 Kerzen.

Helodea canadensis.

31. Jan. 1916; cr. 11 Uhr vorm. bis 2 Uhr nachm.

6 cm lange Sprossspitze (kultiviert wie bei den beiden vorigen Versuchen). Mehrere Stunden vor Beginn in Versuchsanordnung vorbeleuchtet. Verdunklung, Beschattung und Vollicht je 30 Sek. Vollicht = 365,2 Kerzen (51 cm von 95 Kerzenlampe). 10 Blasen in 14,4 Sek.; Temperatur + 19,1° C.

Wiederbeginn nach Verdunklung.	in 6,3	Sek.
„ „ Verdunklung.	„ 6,3	„
„ „ Verdunklung.	„ 6,25	„
„ „ Verdunklung.	„ 6,25	„
„ „ $\frac{1}{16}$ Vollicht = 22,9 K.	„ 6,1	„
„ „ Verdunklung.	„ 6,25	„
„ „ $\frac{1}{16}$ Vollicht	„ 6,05	„
„ „ Verdunklung.	„ 6,2	„
„ „ Verdunklung.	„ 6,2	„
„ „ $\frac{1}{16}$ Vollicht	„ 6,0	„
„ „ $\frac{1}{16}$ Vollicht	„ 6,0	„
„ „ Verdunklung.	„ 6,2	„
„ „ $\frac{1}{32}$ Vollicht = 11,4 K.	„ 6,2	„
„ „ $\frac{1}{32}$ Vollicht	„ 6,25	„
„ „ Verdunklung.	„ 6,25	„
„ „ $\frac{1}{32}$ Vollicht	„ 6,25	„
„ „ Verdunklung.	„ 6,2	„

Der Kompensationspunkt liegt zwischen 22,9 Kerzen und 11,4 Kerzen.

Helodea canadensis.

17.—18. August 1915; nachts cr. $2\frac{1}{2}$ — $4\frac{1}{2}$ Uhr.

Spross von 1 Uhr nachts an in Versuchsordnung beleuchtet. Verdunklung, Beschattung und Vollicht je 30 Sek.; Vollicht = 80 Kerzen (100 cm von 80 Kerzenlampe); Zimmertemperatur.

Wiederbeginn nach Verdunklung.	in 6,7	Sek.
„ „ Verdunklung.	„ 6,7	„
„ „ Verdunklung.	„ 6,7	„
„ „ $\frac{1}{55}$ Vollicht = 1,4 K.	„ 6,7	„
„ „ $\frac{1}{55}$ Vollicht	„ 6,7	„
„ „ Verdunklung.	„ 6,7	„
„ „ Verdunklung.	„ 6,6	„
„ „ Verdunklung.	„ 6,65	„
„ „ $\frac{7}{90}$ Vollicht = 4,6 K.	„ 6,45	„
„ „ $\frac{7}{10}$ Vollicht	„ 6,6	„
„ „ Verdunklung.	„ 6,6	„

Lage des Kompensationspunkts zwischen 1,4 Kerzen und 4,6 Kerzen.

Helodea canadensis.

15. August 1915; Verdunklung, Beschattung und Vollicht je 30 Sek.; Vollicht = 80 Kerzen (100 cm von 80 K.); Temperatur $20,3^{\circ}$ C.

Wiederbeginn nach Verdunklung.	in 7,1	Sek.
„ „ Verdunklung.	„ 7,1	„
„ „ Verdunklung.	„ 7,1	„
„ „ $\frac{1}{34}$ Vollicht = 2,3 K.	„ 6,4	„
„ „ $\frac{1}{34}$ Vollicht	„ 6,45	„
„ „ $\frac{1}{34}$ Vollicht	„ 6,5	„
„ „ Verdunklung.	„ 7,3	„
„ „ Verdunklung.	„ 7,4	„

Lage des Kompensationspunktes bei weniger als 2,3 Kerzen.

Helodea canadensis.

11. August 1915; Verdunklung, Beschattung und Vollicht je 30 Sek.; Vollicht = 80 Kerzen (100 cm von 80 Kerzenlampe). Temperatur + 22° C.

Wiederbeginn nach Verdunklung.	in 6,8	Sek.
„ „ Verdunklung.	„ 6,8	„
„ „ Verdunklung.	„ 6,8	„
„ „ $\frac{1}{150}$ Vollicht = 0,53 K.	„ 6,8	„
„ „ $\frac{1}{150}$ Vollicht	„ 6,8	„
„ „ $\frac{1}{150}$ Vollicht	„ 6,9	„
„ „ Verdunklung.	„ 6,9	„

Der Kompensationspunkt liegt bei mehr als 0,53 Kerzen.

Ergebnisse.

Aus den verschiedenen Versuchsergebnissen lassen sich für die Lage des Kompensationspunktes folgende Durchschnittswerte berechnen ¹⁾.

		Schätzungsweise Durchschnittswerte:
Myriophyllum spicat. ²⁾	1. zwischen 71,5 u. 143 K.	} 128 Kerzen
	2. zwischen 73,2 u. 146,5 K.	
	3. nahe 128,45 K.	
	4. zwischen 117 u. 157 K.	

¹⁾ Genaue Mittelwerte sind natürlich nicht anzugeben, da bei grösseren Lichtintensitäten die Unterschiede, die durch 20—30 Kerzen mehr oder weniger hervorgebracht werden, so gering sind, dass die genaue Lage des Kompensationspunktes nur durch sehr langes Suchen festzustellen ist. Doch gelingt das nur in besonders glücklichen Fällen, da fast stets inzwischen die Versuchspflanze irgendwelche Veränderungen (Schnittfläche) erleidet, oder das Licht eine kleine Schwankung durchgemacht hat.

²⁾ Ein Versuch mit Myriophyllum ist nicht berücksichtigt, da er einen abnorm niedrigen Wert ergab. Siehe darüber weiter unten.

		Schätzungsweise Durchschnittswerte:	
Cabomba caroliniana	1. nahe 36,25 K.	bei 19,1 ^o	55 Kerzen
	2. zwischen 54,75 u. 73 K.	„ 19,0 ^o	
	3. zwischen 30,49 u. 60,98	„ 19,0 ^o	
	4. nahe 111 K.	„ 20,0 ^o	
Sommer Helodea canadensis	1. weniger als 2 $\frac{1}{3}$ K.	bei 20,3 ^o	etwa 2 Kerzen
	2. mehr als 0,6 K.	„ 22 ^o	
	3. zwischen 1 $\frac{2}{3}$ u. 4 $\frac{2}{3}$ K.	„ —	
Winter	1. etwa weniger als 21,5 K.	bei 19,3 ^o	18 Kerzen
	2. zwischen 9,81 u. 19,62 K.	„ 19,8 ^o	
	3. zwischen 11,45 u. 22,9 K.	„ 19,1 ^o	

Die erhaltenen Resultate weisen im allgemeinen jeder Pflanzenart einen bestimmten Lichtbezirk zu, jedoch kann sich das Einzelindividuum mehr oder weniger weit vom Durchschnittswert des Lichtanspruchs seiner Spezies entfernen.

Sicherlich hängt das mit den Ernährungsverhältnissen und dem Entwicklungszustand zusammen. Das zeigte sich z. B. ganz deutlich an einem Cabombablättchen, das im Gegensatz zu den andern den hohen Lichtwert von 111 Kerzen verlangte. Es unterschied sich von diesen durch eine weniger frischgrüne, schwachgelbliche Farbe, war also sicher über das Optimum der Entwicklung hinaus. — Helodea verlangte im August weniger Licht als im Januar, und es ist leicht vorzustellen, dass die schlechten Ernährungsverhältnisse der Wintermonate einen die Assimilation schwächenden (oder die Atmung steigern- den) Einfluss auf die Pflanzen ausüben. Zwar bekam *Kniep* noch im November bei Helodea etwa dieselben Lichtwerte (cr. 2 Kerzen), die ich im Sommer bekam. Doch handelte es sich bei ihm um sehr schöne frische Exemplare, die von den dunkelsten Monaten — Dezember und Januar — noch nicht beeinflusst waren.

Nicht zu erklären ist es hingegen, dass *Myriophyllum* einmal bei einem tadellosen Exemplar mit 7,94—2,04 Kerzen gänzlich aus dem Rahmen fällt. Allerdings handelt es sich bei dem Versuch nur um 4 Ablesungen, und es ist nicht ausgeschlossen, dass zufällige Lichtschwankungen zu einer Täuschung Veranlassung gegeben haben.

Abgesehen von diesem Fall bleiben jedoch die individuellen Schwankungen der Einzelpflanze innerhalb eines Lichtbereichs, der für die betreffende Spezies charakteristisch ist.

2. Bestimmung des Kompensationspunktes bei untergetauchten Wasserpflanzen ohne Interzellularsystem.

(Algen und submerse Moose.)

Wasserpflanzen ohne Interzellularsystem gestatten eine genaue Kontrolle der Assimilations- und Atmungsvorgänge durch Feststellung des jeweiligen CO_2 - beziehungsweise O_2 -Gehaltes des Versuchswassers.

Das kann nach verschiedenen Methoden geschehen. Handelt es sich um Atmungsversuche, oder solche Assimilationsversuche, bei denen nur so wenig Sauerstoff produziert wird, dass keine Gasblasen ausgehoben werden, so ist die Bestimmung der O_2 -Zunahme oder Abnahme nach *L. W. Winkler*¹⁾ eine sehr bequeme Methode. Sie wurde auch von *Richter* (1912), *Kniep* (1914) und *Harder* (1915) bei ähnlichen Versuchen benutzt und kam bei meinen Versuchen ausschliesslich zur Verwendung.

Genauere Angaben darüber finden sich z. B. in *Treadwell*, Lehrbuch der analytischen Chemie (Bd. 2, 4. Aufl., 1907, S. 565). Die Bestimmung des Sauerstoffs geschieht dabei auf jodometrischem Wege durch Titration mit $\frac{n}{100}$ Natriumthiosulfatlösung.

Bei meinen Versuchen wurden stets 200 ccm des Versuchswassers zum Titrieren benutzt, der Titer jedoch, da es sich bei allen Versuchen nur um Vergleichswerte handelt, nicht ausgerechnet, sondern einfach in ccm Natriumthiosulfat angegeben.

Als Versuchsgefässe dienten anfangs gewöhnliche weisse Glasflaschen von etwas über 2 l Inhalt, später jedoch besonders angefertigte Flachkolben²⁾ von etwa 1,75 l Inhalt, die in liegender Stellung benutzt wurden, so dass die Flüssigkeitsschicht in ihnen nur etwa 5 cm hoch war. — Für Beleuchtungsversuche war diese Form ausserordentlich günstig, da die Versuchspflanzen sich leicht sehr gleichmässig im Versuchswasser verteilen liessen, sich deshalb nur wenig gegenseitig beschatteten und infolge der flachen Anordnung alle ziemlich die gleiche Entfernung von der Lichtquelle hatten, was bei dicken Flüssigkeitsschichten schwer zu erreichen ist. Aber auch zu den Atmungsversuchen wurden die Flachkolben infolge der günstigen Verteilung des Versuchsmaterials verwendet, da es bei ihnen selten oder nie nötig war, durch kräftiges Umschütteln während des Versuchs dichtere Anhäufungen der Pflanzen zu zerteilen. Das war besonders für

¹⁾ Berichte der deutschen chem. Gesellsch. 1888, S. 2843.

²⁾ Von *Karl Kramer* in Freiburg i. Br.

Spirogyra, mit der ein sehr grosser Teil der Versuche angestellt wurde, wichtig, da sich diese Alge — zumal bei langdauernden Versuchen — als ein gegen Verletzungen ausserordentlich empfindliches Objekt erwies.

Als Versuchswasser wurde anfangs Leitungswasser benutzt, später fast ausschliesslich Wasser aus dem Stammteich der Spirogyren in Veitshöchheim. Es wurde mit Glasgefässen geschöpft und in Glasballons aufbewahrt. Leitungswasser hatte sich für Spirogyra als wenig günstig erwiesen, was ja bei der Empfindlichkeit dieser Algen überhaupt, und zumal gegen Spuren von Metallsalzen nicht verwunderlich ist (vgl. z. B. *Nägeli* 1893, *Benecke* 1907, *Hoyt* 1913).

Auch die Versuche mit *Cladophora* wurden im Veitshöchheimer Wasser gemacht (obwohl sie Leitungswasser gut verträgt), die mit *Fontinalis* und *Cinclidotus* jedoch in Leitungswasser. Übrigens erwiesen sich für Spirogyra Mainwasser und solches aus einem andern Teich nur als wenig günstig.

Als Versuchspflanzen dienten *Spirogyra spec.*, *Cladophora spec.*, *Fontinalis antipyretica* und *Cinclidotus aquaticus*.

Die Spirogyra stammte aus dem grossen Teiche des Schlossparks in Veitshöchheim bei Würzburg, der dieser Alge ganz ausserordentlich günstige Wachstumsbedingungen bietet. Sie gedeiht dort vom März bis tief in den Herbst und entwickelt sich während der ganzen Zeit rein vegetativ in — besonders während der Sommermonate — ungeheuren Mengen. Zygoten wurden nur ein einziges Mal an einem kleinen Fadenstück beobachtet, bei Material, das gerade aus dem Stammteich geholt worden war. Da auch im Herbst Zygoten niemals wieder gefunden wurden und Versuche, nach *Klebs'* (1896, S. 23) Verfahren mit Zuckertlösung künstlich Kopulation zu erzeugen, auch bei variierten Versuchsbedingungen gänzlich ergebnislos waren, konnte die Spezies nicht bestimmt werden. Es handelte sich um eine derbere Form mit 6—8 Chlorophyllbändern, die während des Sommers mehr hervortrat, und eine zarte, mit einfachem Band, die im Frühling und Herbst dominierte. Bei den Versuchen wurde stets eine Mischung von beiden angewandt. — Die Vermehrung der Spirogyra findet im Stammteich wahrscheinlich durch Zerfall der Fäden und Auswachsen der Teilstücke statt. Während des Sommers trat dieser Zerfall stets wenige Tage (manchmal schon einen Tag) nach Übersiedlung der Fäden aus dem Stammteich in Küvetten ein, sodass zu den Versuchen immer Material verwandt werden musste, das möglichst am selben Tag aus dem Stammteich geholt worden war. — Im Herbst und Winter hielten sich hingegen die Algen wochenlang am Fenster eines ungeheizten

Zimmers in Glasküvetten tadellos langfädig und frisch. Freilich war das Wachstum unter diesen Umständen ganz ausserordentlich langsam.

Die *Cladophora spec.* stammte aus einem ziemlich beschatteten Waldbach, in dem sie im Laufe des Sommers mehrere Meter lang wurde. Das Versuchsmaterial wurde vom oberen Drittel der Pflanzen genommen. Diese waren sehr sauber und nur ganz wenig verzweigt. Sie hielten sich im Institut sowohl in Wasser aus Veitshöchheim als auch in Leitungswasser wochenlang wachsend, im Winter sogar monatelang. Allerdings wurde dann allmählich der Habitus ein anderer, indem die vorher fast unverzweigten Fäden begannen, zahlreiche Seitenzweige zu treiben. Übrigens ist derartig lange kultiviertes Material zu Versuchen niemals verwendet worden.

Fontinalis antipyretica erhielt ich aus einem Altwasser des Mains bei Schweinfurt. Es liess sich im Institut an einem Südsüdostfenster in Leitungswasser sehr gut kultivieren.

Cinclidotus aquaticus stammte aus einem Bach bei Warstein in Westfalen. Es hielt sich im Institut in Leitungswasser wochenlang frisch.

Als Lichtquelle für die Assimilationsversuche diente elektrisches Licht, und zwar fast stets eine, respektive zwei Wotanlampen zu je 80 Kerzen. Wenn eine andere Lampe angewandt wurde (z. B. bei *Fontinalis* und *Cinclidotus*), so ist es in den Protokollen besonders vermerkt. — Durch Nähern und Entfernen der Lichtquelle konnte jede gewünschte Lichtintensität hergestellt werden.

Die Versuche wurden in Dunkelzimmern gemacht. Die Versuchsanordnung war fast stets so, dass das Versuchsgefäss auf dem Boden eines mit der Öffnung nach oben gestellten Dunkelsturzes lag und die Lampe darüber schwebte, oder aber die Lampe stand auf dem Boden, und das Versuchsgefäss war über ihr an der nach unten gekehrten Seite eines schwarzen Brettes angebracht, so dass die volle Fläche des Gefässes von unten her beleuchtet wurde. Reflexlicht war stets ausgeschlossen. Fand ein Versuch über oder unter Zimmertemperatur statt, so wurde das Versuchsgefäss zwischen die Wände eines auf dem Fussboden stehenden offenen, schwarzen Eisenkastens genau horizontal eingeklemmt, der soviel Wasser von der gewünschten Temperatur enthielt (etwa 10 l), dass der Versuchskolben gerade völlig überdeckt war; unter ihm befand sich eine 15—20 cm dicke Wasserschicht. Es war dann leicht, durch Zufuhr von heissem oder kaltem Wasser, oder auch Eisstückchen, das Wasser im Kasten auf der gewünschten Temperatur konstant zu halten. Innerhalb einer zusammenhängenden Versuchsserie wurden auch die Versuche bei Zim-

mertemperatur mit untergetauchtem Versuchsgefäss gemacht, damit ein etwaiger Beleuchtungsfehler, der durch die über dem Versuchskolben stehende, $\frac{1}{2}$ —1 cm dicke Wasserschicht entstehen könnte, für alle Teilversuche gleich gross sei. Aus Bequemlichkeitsgründen wurde übrigens auch bei Atmungsversuchen das Versuchsgefäss ganz unter Wasser von der gewünschten, konstanten Temperatur gesenkt.

Die Versuchspflanzen verweilten (mit Ausnahme der ersten Versuche) stets schon mindestens 10—12 Std., oft auch 20—24 Std. vor dem Versuch im offenen Versuchsgefäss, damit ein vielleicht eintretender Wundreiz durch Verletzungen beim Auffüllen in die Gefässe (worauf an anderer Stelle noch eingegangen werden soll) die Atmung während des Versuchs nicht beeinflusse.

Die Menge des Versuchsmaterials (Frischgewicht) ist meist bei den einzelnen Versuchen angegeben. Im allgemeinen handelte es sich um etwa 5—12 g.

Das Wasser, in dem die Pflanzen gestanden hatten, wurde vor Versuchsbeginn sorgfältig abgegossen, dann wurde einige Male mit Versuchswasser aufs vorsichtigste nachgespült, um eventuelle Bakterien wegzuschwemmen, und zuletzt das eigentliche Versuchswasser rasch übergehert.

Um ein Bild von der Grösse einer eventuellen Bakterienatmung zu bekommen, wurde das Wasser, in dem die Pflanzen (in diesem Falle Algen) direkt vor dem Versuch zum letzten Male abgespült worden waren, durch Glaswolle in 250 ccm-Flaschen gehebert und nach Versuchsende (3 Std.) titriert.

Es ergab sich gegen das Versuchswasser, das nicht mit Pflanzen in Berührung gekommen war (Kontrollwasser), nur eine ganz minimale O_2 -Abnahme, die sicherlich auch damit zusammenhing, dass das Versuchsmaterial einen kurzen Augenblick in dem Abgusswasser geatmet hatte. Z. B.:

	Titer des Kontrollwassers	Titer des Abgusswassers nach 3 Std.
Versuch 11:		
Algen vom Tage vorher . .	22,67	22,63
	22,66	
Versuch 12:		
Algen vom Tage vorher . .	22,3	22,29
	22,29	22,27
Versuch 6:		
Algen, 8 Tage alt.	11,56	11,86

War das Versuchswasser in das Versuchsgefäss übergehert, so liessen sich die wenigen Luftblasen, die zwischen den Pflanzen hingen, durch leichtes Schütteln schnell beseitigen, worauf der Glasstöpsel luftdicht aufgesetzt wurde. Zugleich wurden Proben des Versuchswassers in luftdicht schliessende 250 ccm-Flaschen gehert und ihr Sauerstoffgehalt festgestellt (in den Tabellen „Titer vor Versuch“ genannt). Nach Beendigung des Versuchs geschah das Ablassen des Versuchswassers in ebensolche 250 ccm-Flaschen durch einen weiten Glasheber, in dessen Anfang ein Bausch Glaswolle steckte, so dass keine Pflanzenteilchen mit übertreten konnten. Das Ablassen vollzog sich mit möglichster Schnelligkeit und ohne Blasenbildung, damit keine nachträglichen Änderungen im Gasgehalt des Versuchswassers eintreten konnten; aus demselben Grunde liess ich die 250 ccm-Flaschen vor dem Aufsetzen des Glasstopfens noch einen Augenblick reichlich überfließen. — Übrigens wurden sowohl vom Kontrollwasser, als auch vom eigentlichen Versuchswasser stets zwei Parallelproben entnommen und titriert und nur wenn diese gut übereinstimmten, der Versuch als brauchbar angesehen.

Die ersten Versuche mit *Spirogyra* und *Cladophora* wurden im Sommer gemacht. Sie zeigten teilweise schwankende Resultate, die sich bei späteren Versuchen im Herbst aus nicht genügend exakter Behandlung des Versuchsmaterials erklärten. — Es ist z. B. erforderlich, dass die Pflanzen bei Versuchsbeginn immer möglichst dieselbe Menge veratembares Material angehäuft haben, also stets längere Zeit vor Versuch unter dieselben Assimilationsverhältnisse zu bringen sind. Die Bedeutung dieses Faktors geht z. B. aus *Pantanellis* (1914) und *Harders* (1915) Untersuchungen mit Meeresalgen hervor, die verschieden-grosse Mengen plastisches Material gespeichert hatten. Beide Autoren fanden Atmungserhöhung nach starker Assimilationstätigkeit. Damit hängt nun auch zusammen, dass man mit demselben Material zwei Versuche — ausgenommen, wenn beim ersten der Kompensationspunkt genau getroffen worden ist — nicht hintereinander machen darf, da die Menge plastischen Materials sich verschiebt. Es wurden daher die Versuche an aufeinanderfolgenden Tagen gemacht, und zwar mussten sie alle um dieselbe Tageszeit beginnen, wobei natürlich gleichmässiges Wetter und gleiche Jahreszeit vorauszusetzen sind.

Ausserdem erwies es sich als ratsam, recht wenig Versuchsmaterial zu verwenden, um gegenseitige Beschattung der Pflanzen möglichst zu vermeiden (was die erforderliche Lichtintensität stark in die Höhe schrauben kann). Durch längere Ausdehnung der Versuche ($2\frac{3}{4}$ bis

3 Std.) kamen die Unterschiede im Gasaustausch trotzdem genügend stark heraus.

Die zahlreichen Versuche, an denen derartige Erfahrungen gemacht wurden, dürfen also nicht Anspruch auf grosse Genauigkeit erheben. Trotzdem können sie als allgemeine Orientierungsversuche über die Lage der Kompensationspunkte gelten, so dass es mit ihrer Hilfe möglich war, bei den endgültigen, exakten Versuchen die richtige Lichtintensität ziemlich schnell zu treffen.

Von den vielen Orientierungsversuchen führe ich hier nur wenige Beispiele an.

Die ersten beziehen sich auf *Cladophora*. Die Versuchsbedingungen und die Materialbehandlung waren dieselben wie bei den endgültigen Versuchen. (Siehe diese!) Jedoch nahm ich damals noch zu viel Material und begann die Versuche nicht alle um dieselbe Tageszeit. Die Resultate stimmen also nur ungefähr überein:

	Dauer	Beleuchtungsstärke in H-Kerzen	Temp. des Versuchswassers	Titer vor Versuch	Titernach Versuch	Veränderung im O ₂ -Gehalt	Frischgewicht des Versuchsmat.
Vers. 68 4. 11. 15	9 ⁴⁵ bis 11 ⁴⁵ Uhr	200,2 K.	20 bis 19,85°	23,35 23,34	21,05 21,05	-2,30	8,5 g
Vers. 69 4. 11. 15	2 ²⁵ bis 4 ²⁵ Uhr	267,2 K.	20 bis 19,9°	23,42 23,44	22,42 22,44	-1,00	dasselbe Material
Vers. 70 5. 11. 15	9 ⁵⁰ bis 11 ⁵⁰ Uhr	317,2 K.	20 bis 20,5°	23,35 23,32	23,85	+0,51	
Vers. 71 5. 11. 15	1—3 Uhr	294 K.	19,8 bis 20,8°	23,58 23,6	23,35	-0,24	

Zu gleicher Zeit ergab eine genau ebenso behandelte *Cladophora*-menge, die sich bedeutend besser im Versuchsgefäss verteilte und nur 6,5 g wog, bei denselben Lichtstärken folgende Werte:

	Dauer	Beleuchtungsstärke in H-Kerzen	Temp. des Versuchswassers	Titer vor Versuch	Titernach Versuch	Veränderung im O ₂ -Gehalt	Frischgewicht des Versuchsmat.
Vers. 68a 4. 11. 15	9 ⁵⁵ bis 11 ⁵⁵ Uhr	200,2 K.	20 bis 19,85°	23,35 23,34	21,45 21,46	-1,9	6,5 g
Vers. 69a 4. 11. 15	2 ³⁰ bis 4 ³⁰ Uhr	267,2 K.	20 bis 20,9°	23,42 23,44	22,68 22,65	-0,76	dasselbe Material
Vers. 70a 5. 11. 15	9 ⁵⁵ bis 11 ⁵⁵ Uhr	317,2 K.	20 bis 20,5°	23,35 23,32	24,35 24,36	+1,02	
Vers. 71a 5. 11. 15	1 ⁰⁷ bis 3 ⁰⁷ Uhr	294 K.	19,8 bis 20,8°	23,50 23,6	23,88 23,89	+0,3	

Diese Resultate mit weniger Material sind — wie sich später bei exakten Versuchen erwies — genauer als die ersten, aber doch noch nicht brauchbar, da für die Nachmittagsversuche im allgemeinen eine etwas höhere Lichtintensität beansprucht wird. Dieser Lichtanspruch würde noch höher ausfallen, wenn das Versuchsmaterial während des ganzen Morgens mit voller Kraft assimiliert hätte und nicht — wie hier — schon zu einem Morgenversuch benutzt worden wäre.

Immerhin ergibt sich eine ungefähre Lage des Kompensationspunktes für *Cladophora* zwischen 250—300 Kerzen. Das stimmt mit dem Ergebnis der exakten Versuche überein (253 Kerzen).

Auch für *Spirogyra* seien hier einige Versuche als Beispiel angeführt. Das Material ist bei allen vieren dasselbe, jedoch ist die Tageszeit stets verschieden.

	Dauer	Beleuchtungsstärke in H-Kerzen	Temp. des Versuchswassers	Titer vor Versuch	Titer nach Versuch	Veränderung im O ₂ -Gehalt
Vers. 55 27. 10. 15	12 ¹⁵ bis 2 ⁰⁵ Uhr	284,4 K.	20 bis 22°	28,46 28,44	30,65	+ 2,2
Vers. 56 28. 10. 15	12 ⁵⁵ bis 2 ⁵⁵ Uhr	195,3 K.	20,5 bis 21,6°	25,31	25,7 25,67	+ 0,37
Vers. 62 1. 11. 15	10 ²⁵ bis 12 ²⁵ Uhr	183,8 K.	20°	24,26 24,27	24,22 24,23	—0,04
Vers. 64 2. 11. 15	1 ¹⁵ bis 3 ¹⁵ Uhr	201,5 K.	20 bis 19,85°	24,60 24,58	24,54 24,56	—0,04

Das Ergebnis der vier Versuche stimmt nur insofern überein, als im allgemeinen der Kompensationspunkt etwas unter 200 Kerzen vermutet werden darf (nach exakten Versuchen liegt er bei 174 Kerzen).

Die ausschlaggebenden Versuche mit *Spirogyra* und *Cladophora* fanden im November und Anfang Dezember statt. Beide Algen hielten sich während dieser Zeit im ungeheizten Zimmer tadellos frisch. Sie standen dort seit ihrer Entnahme vom Standort schon einige Tage vor Beginn der Versuche in den Versuchsgefäßen an einem Südsüdostfenster, wo sie mittags einige Stunden direkte Sonne bekamen. Die Temperatur des Zimmers sank nachts auf wenige Grad über Null. War nachts Frost zu erwarten, so wurden die Gefäße etwa 1 m vom Fenster weg ins Zimmer gerückt. Vor Versuchsbeginn setzte ich die Algen etwa 1¹/₂ Std. in ein geheiztes Zimmer (18—20° C) an ein Südsüdostfenster. Dadurch wurde wohl eine etwaige Schockwirkung durch Temperaturerhöhung vermieden. Ein Kontrollversuch ergab nämlich für Algen, die seit dem Abend vorher im geheizten Zimmer standen,

bei gleicher Beleuchtung denselben Sauerstoffwert wie bei solchen, die erst in den letzten 2 Std. vor Versuchsbeginn allmählich die Temperatur des geheizten Zimmers annahmen:

	Dauer	Beleuchtungsstärke in H-Kerzen	Temp. des Versuchswassers	Titer vor Versuch	Titer nach Versuch	Veränderung im O ₂ -Gehalt
Vers. 65 3. 11. 15	9 ⁴⁵ bis 11 ⁴⁵ Uhr	267,5 K.	25 bis 24,5°	21,98 22,00	22,15 22,17	+0,17
Vers. 66 3. 11. 15	9 ⁰⁰ bis 11 ⁵⁰ Uhr	267,5 K.	25 bis 24,5°	21,98 22,00	22,21 22,18	+0,21

Die Algen überhaupt dauernd im geheizten Zimmer zu halten, war erstens im Interesse der Haltbarkeit nicht anzuraten, ausserdem wäre die Abweichung von den in der Natur herrschenden Verhältnissen zu gross gewesen.

Die Versuche begannen morgens kurz nach 10 Uhr (mit wenigen Minuten Differenz) und dauerten 2³/₄ Std. Das Wetter war während der Zeit (vom 13. November bis 6. Dezember) konstant und klar. Alle Versuche wurden in Veitshöchheimer Wasser gemacht.

Spirogyra¹⁾ (ca. 6 g Frischgewicht):

	Dauer	Beleuchtungsstärke in H-Kerzen	Temp. des Versuchswassers	Titer vor Versuch	Titer nach Versuch	Veränderung im O ₂ -Gehalt
Vers. 95 24. 11. 15	10 ²⁰ bis 1 ⁰⁵ Uhr	183,6 K.	20 bis 20,3°	21,8 21,8	21,92 21,93	+0,13
Vers. 107 5. 12. 15	10 ²⁸ bis 1 ¹³ Uhr	174 K.	20 bis 20,1°	19,16 19,18	19,14 19,16	-0,02

Bei 174 Kerzen ist also der Gasaustausch fast gleich Null; hier liegt also für Spirogyra bei 20° der Kompensationspunkt.

Cladophora (ca. 6,5 g Frischgewicht):

Etwa 14 Tage vorher aus dem natürlichen Standort (Waldbach) geholt.

	Dauer	Beleuchtungsstärke in H-Kerzen	Temp. des Versuchswassers	Titer vor Versuch	Titer nach Versuch	Veränderung im O ₂ -Gehalt
Vers. 83 14. 11. 15	10 bis 12 ⁴⁵ Uhr	269 K.	20°	21,2 21,2	21,39 21,37	+0,18
Vers. 85 16. 11. 15	10 bis 12 ⁴⁵ Uhr	253,3 K.	20 bis 20,4°	20,48 20,47	20,5 20,52	+0,63

Der Kompensationspunkt liegt für Cladophora also bei 253,3 K. für +20°.

¹⁾ Das Material wurde vom Grunde des Teiches in Veitshöchheim geholt; es bestand mehr als zur Hälfte aus der feineren Spezies.

Fontinalis antipyretica.

Die Versuche wurden Anfang Februar gemacht. Die Pflanzen waren 8 Tage vor dem ersten Versuch aus einem Altwasser des Mains bei Schweinfurt geholt worden und wurden in einer grossen Glaswanne in einer Mischung von Veitshöchheimer- und Leitungswasser gehalten (an demselben Südsüdostfenster wie *Spirogyra* und *Cadophora*). 4 Tage vor dem Versuch wurden die äussersten, etwa $3\frac{1}{2}$ cm langen, ganz grünen Spitzen abgeschnitten, in Leitungswasser völlig gesäubert und ins Versuchsgefäss gebracht. In diesem blieben sie an demselben Fenster wie vorher. Bei Versuchen mit $+20^{\circ}$ wurden sie abends vorher ins geheizte Zimmer an ein Südsüdostfenster gestellt. — Die Versuche fanden in Leitungswasser statt, in dem die Pflanzen sich später wochenlang weiterentwickelten. Alle Versuche wurden mit denselben Pflanzenexemplaren gemacht (12,5 g); an den Versuchstagen gleichartiges Wetter.

	Dauer	Beleuchtungsstärke in H-Kerzen	Temp. des Versuchswassers	Titer vor Versuch	Titer nach Versuch	Veränderung im O_2 -Gehalt
1. 2. 16	11 ¹⁵ bis 2 ¹⁵ Uhr	200 K. ¹⁾	20 bis 19,7°	22,26 22,28	22,48 22,48	+0,20
3. 2. 16	11 ¹⁵ bis 2 ¹⁵ Uhr	150 K.	20 bis 20,05°	21,72 21,71	21,73 21,74	+0,02

Der Kompensationspunkt liegt also für *Fontinalis antip.* bei 150 Kerzen für $+20^{\circ}$.

Cinclidotus aquatilis (ca. 10,5 g Frischgewicht).

Pflanzen seit 8 Tg. im Institut in Leitungswasser an Südsüdostfenster kultiviert. Seit 4 Tg. waren die äussersten, grünen Spitzen (2—3 cm lang) abgeschnitten; diese wurden zum Versuch verwandt. Die Versuche begannen der fortgeschrittenen Jahreszeit wegen etwa 1 Std. früher.

	Dauer	Beleuchtungsstärke in H-Kerzen	Temp. des Versuchswassers	Titer vor Versuch	Titer nach Versuch	Veränderung im O_2 -Gehalt
23. 3. 16	9 ²⁰ bis 12 ⁰⁶ Uhr	200 K. ¹⁾	20,2 bis 19,6°	21,54 21,51	20,01 20,08	-1,44
24. 3. 16	9 ²⁰ bis 12 ⁰⁶ Uhr	300 K.	20 bis 20,2°	20,51 20,54	19,72 19,79	-0,77
25. 3. 16	9 ¹⁰ bis 11 ⁵⁵ Uhr	400 K.	20,2 bis 20,35°	21,2 21,21	21,24 21,23	+0,03

Der Kompensationspunkt liegt also bei 400 K. ($+20^{\circ}$).

¹⁾ Als Lichtquelle diente in diesem Falle eine 95kerzige Nitalampe.

Es ergibt sich also für die 4 untersuchten Pflanzen bei ca. + 20° folgende Lage des Kompensationspunktes:

<i>Spirogyra spec.</i>	bei ca. 174 H-Kerzen
<i>Cladophora spec.</i>	bei ca. 253 H-Kerzen
<i>Fontinalis antipyretica</i> . .	bei ca. 150 H-Kerzen
<i>Cinclidotus aquaticus</i> . . .	bei ca. 400 H-Kerzen.

Wenn man die Ergebnisse sämtlicher Versuche zur Bestimmung des Kompensationspunktes miteinander vergleicht, so findet man, dass sich jede Pflanze anders verhält. Die Lichtansprüche der einzelnen liegen ausserordentlich weit voneinander entfernt. *Helodea*, als die anspruchsloseste, verlangt bei ca. 20° nur etwa 17 Kerzen (im Sommer sogar nur 2), während *Cladophora* bei derselben Temperatur 253, *Cinclidotus* gar 400 Kerzen gebraucht. Die anderen Pflanzen gruppieren sich in allen möglichen Abständen dazwischen. Wenn sich überhaupt eine Gesetzmässigkeit erkennen lässt, dann ist es die, dass die höheren Wasserpflanzen im allgemeinen geringere Lichtansprüche machen, wobei *Myriophyllum* jedoch schon fast in die Sphäre des einen Mooses (*Fontinalis*) reicht. Das andere Moos, *Cinclidotus*, übertrifft sogar noch die beiden Algen an Lichtbedürfnis.

Fragt man sich nach der Ursache dieses so sehr verschiedenen Verhaltens, so liegt der Gedanke nahe, die individuelle Atmungsgrösse der einzelnen Pflanzenspezies dafür verantwortlich zu machen und anzunehmen, dass stark atmende Pflanzen viel Licht gebrauchen, um den Kompensationspunkt zu erreichen.

Tatsächlich sind ja auch Erfahrungen gemacht worden, die für die Richtigkeit einer solchen Annahme sprechen. So weist Mayer (1892) nach, dass die Lichtgenügsamkeit gewisser Zimmerpflanzen, wie *Clivia* und *Aspidistra*, nicht etwa darauf beruht, dass sie ein niedrigeres Beleuchtungsminimum als andere Pflanzen haben, sondern dass ihre Atmung, und darum ihr Verbrauch an organischer Substanz, gering ist.

Bei meinen Pflanzen trifft dies jedoch nicht zu. Ganz allgemein hatte sich schon während gewisser Atmungsversuche herausgestellt, dass *Spirogyra* stärker atmet als *Cladophora*, während doch ihre Lichtansprüche geringer sind. Zum Vergleich untersuchte ich dann nebeneinander die Atmung von *Spirogyra*, *Cladophora*, *Fontinalis* und *Cinclidotus*. Ich verwandte von allen vier Pflanzen Mengen, deren Frischgewicht nach dem Versuch nach kräftigem, möglichst gleich-



mässigem Ausdrücken zwischen Filtrierpapier festgestellt wurde. Die Ergebnisse wurden auf 10 g umgerechnet.

		Dauer	Temp. des Versuchswassers	Titer vor Versuch	Titer nach Versuch	O ₂ -Verbrauch	O ₂ -Verbrauch auf 10g bezogen	Frischgewicht
4. 4. 16	Spirogyra	10 ¹⁰ bis 11 ⁴⁰ Uhr	23,5°	21,7	0,85	20,85	10,9	19 g
	Fontinalis	10 ⁰³ bis 11 ²³ Uhr			13,79	7,91	7,1	11 g
	Cladophora	10 ⁰⁴ bis 11 ²⁴ Uhr			12,4	9,3	6,4	14,5 g
	Cinclidotus	10 bis 11 ^{1/2} Uhr			12,1	9,6	5,8	16,5 g
	Spirogyra	3 ⁴⁰ bis 5 ¹⁰ Uhr			8,9	12,55	10,5	12 g
	Fontinalis	3 ³² bis 5 ⁰² Uhr			14,38	7,07	6,4	11 g
	Cladophora	3 ³⁵ bis 5 ⁰⁵ Uhr			13,42	8,03	5,5	14,5 g
	Cinclidotus	3 ³⁰ bis 5 Uhr			12,83	8,62	5,2	16,5 g

Man erhält also nach der Stärke der Atmung die Gruppierung:

Spirogyra¹⁾

Fontinalis

Cladophora

Cinclidotus,

während man nach der Grösse des Lichtanspruchs die Reihe erhält:

Cinclidotus

Cladophora

Spirogyra

Fontinalis,

also eine Reihenfolge, die man fast als umgekehrt bezeichnen kann. Das zeigt aber ganz deutlich, dass die zur Erreichung des Kom-

¹⁾ Der Wert für Spirogyra ist im Vergleich zu den anderen Pflanzen ungewöhnlich hoch, wenn auch Spirogyra tatsächlich stets eine ausserordentlich starke Atmung hat. Das mag damit zusammenhängen, dass die Spirogyra erst seit einem Tag im Institut verweilte, während die anderen Pflanzen dort schon etwas länger (2—4 Wochen) kultiviert worden waren.

pensationspunktes nötige Lichtstärke jedenfalls nicht ausschliesslich eine Funktion der Atmungsgrösse ist.

Bei den Wasserpflanzen mit Interzellularsystem lässt sich die Atmung schlecht prüfen. Ich habe deshalb die Frage für sie nicht untersuchen können.

Wenn die Lichtansprüche, die die Pflanzen im Kompensationspunkt machen, nicht durch die Atmung reguliert werden, dann muss man annehmen, dass sie verschieden grosse spezifische Assimilationsenergie besitzen. Eine solche hat *Weber* (1879) für einige Phanerogamen (*Tropaeolum*, *Phaseolus*, *Ricinus*, *Helianthus*) nachgewiesen. Sie steht nach *Lubimenko* (1909) im geraden Verhältnis zur Menge des Chlorophylls. Doch ist dabei zu berücksichtigen, dass es für die Assimilation auch sehr darauf ankommt, wie die Chloroplasten in dem untersuchten Pflanzenteil verteilt sind. Bei *Spirogyra* z. B. ist die spiralige Anordnung des abgeplatteten Chlorophyllbandes für die Ausnützung des Lichtes so günstig, dass sich die Alge eine ausserordentlich starke Atmung gestatten kann und dabei doch bei relativ geringem Licht schon Assimilate anhäuft. Für die drei anderen Pflanzen ist eine ähnliche Überlegung schwer zu führen. *Cladophora* z. B. hat eine sehr grosse Menge von Chlorophyll, könnte also nach *Lubimenko* auch wenig Licht gut ausnützen, andererseits aber ist ihr Netzhloroplast zylindrisch gebaut, so dass nur die eine Hälfte des Chlorophylls vom Licht unmittelbar getroffen wird, während die andere bedeutend vermindertes und qualitativ verändertes Licht erhält.

Ausserdem kommt für die Assimilationsenergie noch ein anderer Faktor in Betracht. Es ist nämlich höchst wahrscheinlich, dass das Plasma, zumal das Chloroplastenstroma, am Assimilationsprozess beteiligt ist. Das ist von *Engelmann* (1888), *Pfeffer* (1897) und *Ewart* (1896) schon vermutet und in neuester Zeit von *Willstätter* und *Stoll* (1915) wahrscheinlich gemacht worden. Wie gross die Wirkung dieses Faktors bei der einzelnen Pflanzenspezies ist, entzieht sich natürlich der Beobachtung.

Man sieht also, dass die Frage, warum die verschiedenen Pflanzen so sehr verschiedene Lichtansprüche stellen, nicht ganz einfach zu beantworten ist.

Eine Erfahrung, die *Klebs* (1914) mit dem Lichtbedürfnis der Buche machte, gibt ebenfalls ein Beispiel dafür, wie weit die Lichtansprüche der Pflanzen auseinandergehen können. Er fand bei Dauerbeleuchtung von Buchenzweigen etwa 40 cm von einer 1000kerzigen Lichtquelle (= 6250 K.) noch CO₂-Produktion. Die Atmung war also

noch stärker als die Assimilation. Allerdings hatten diese Pflanzen infolge besonderer Beleuchtungsverhältnisse eine abnorme Vorbehandlung hinter sich. Es bleibt zu untersuchen, inwiefern vorausgehende verschieden lange und verschieden starke Beleuchtung das Assimilationsminimum beeinflussen.

Auch das Vorkommen der untersuchten Pflanzen in der Natur gibt wenig Aufschluss über die Ursache ihres verschiedenen Lichtbedürfnisses. Die meisten von ihnen wachsen etwa $\frac{1}{2}$ m unter der Wasseroberfläche, nur die *Cladophora*, die ich verwandte, stammte aus einem sehr seichten, allerdings ziemlich stark beschatteten Waldbach, so dass sie den Vorteil der geringen Wassertiefe zum Teil wieder einbüsste. Tiefenunterschiede, wie sie für Meeresalgen stark in Betracht kommen können, kamen jedenfalls bei meinen Pflanzen nicht vor.

Schliesslich läge es noch nahe, eine Beziehung zwischen grösserer und geringerer Dauer der jährlichen Vegetationsperiode und dem Lichtbedürfnis zu suchen. Den besten Beweis dafür, wie gering das Ergebnis eines solchen Vergleichs ist, bietet *Helodea*. Sie zeichnet sich durch geradezu verblüffend niedrigen Lichtanspruch aus und gehört trotzdem von allen untersuchten Pflanzen mit zu denjenigen, die die kürzeste sommerliche Vegetationsperiode haben. Doch ist ja ein solches Resultat nicht allzu verwunderlich, da Lichtmangel durchaus nicht immer der hauptsächliche Grund des Abnehmens der Vegetation zu sein braucht. Man vergleiche z. B. die Erfahrungen *Beneckes* (1908), nach denen Stickstoffmangel das vegetative Wachstum von *Spirogyra* hemmt, die Zygotenbildung fördert.

Vielleicht wäre dann noch zu berücksichtigen, ob das Vorkommen in fliessendem oder stehendem Wasser Unterschiede in den Lichtansprüchen hervorbringt. Doch würde ein solcher Zusammenhang wohl mindestens zum Teil auf einem Einfluss der Wasserbewegung auf die Atmung beruhen. Dass aber die Atmung für das Lichtbedürfnis nicht verantwortlich zu machen ist, wurde oben nachgewiesen. Der Ausfall der Versuche lässt übrigens auch keinen Einfluss fliessenden Wassers erkennen: *Cinclidotus* und *Fontinalis* z. B. stammen beide aus fliessendem Wasser und sind sehr verschieden in ihrem Lichtbedürfnis. (150 K. und 400 K.)

Die Frage nach den Ursachen und der ökologischen Bedeutung des verschiedenen Lichtanspruchs der untersuchten Pflanzen ist also durchaus noch offen. Vielleicht werden sich Gesetzmässigkeiten erst bei Untersuchung sehr zahlreicher Pflanzenspezies ergeben. — Im übrigen ist

es sehr gut möglich, ja wahrscheinlich, dass nicht ein einzelner Faktor, sondern eine Kombination von Faktoren das Lichtbedürfnis der Pflanzen bestimmt.

3. Der Einfluss der Temperatur auf den Kompensationspunkt.

Ein Einfluss der Temperatur auf den Kompensationspunkt ist leicht denkbar, da die beiden Lebensvorgänge, aus deren Verhältnis zueinander sich die Lage des Kompensationspunktes ergibt — Assimilation und Atmung — bekanntlich in hohem Masse von der Temperatur abhängig sind.

Versuche darüber wurden mit *Cladophora*, *Spirogyra*, *Fontinalis* und *Cinclidotus* gemacht. Bei allen herrschten genau dieselben Bedingungen, wie sie oben für die Versuche bei Zimmertemperatur angegeben sind. Mit *Spirogyra* und *Cladophora* wurden nach zahlreichen, allgemeinen Orientierungsversuchen, die ich hier nicht anführen will, Versuchsserien von $+5^{\circ}$ C bis $+25^{\circ}$ C (in Intervallen von 5°) mit demselben Material angestellt. Wie schon erwähnt, hielt sich dieses im November und Anfang Dezember wochenlang sehr gut. Einen Beweis dafür liefern zwei gleiche Versuche mit denselben *Cladophora*-exemplaren, von denen der eine am 17. November, der andere am 6. Dezember, also 18 Tage später, gemacht wurde. Sie stimmen gut überein:

	Dauer	Beleuchtungsstärke in H-Kerzen	Temp. des Versuchswassers	Titer vor Versuch	Titer nach Versuch	Veränderung im O_2 -Gehalt
Vers. 86 17. 11. 15	10^{15} bis 1 Uhr	43,6 cm von 160 Kerzen = 420,7 K.	25 bis 24,8°	19,83 19,83	19,79 19,81	-0,03
Vers. 109 6. 12. 15	10^{25} bis 1^{10} Uhr	43,6 cm von 160 Kerzen = 420,7 K.	25 bis 24,7°	17,38 17,38	17,41 17,39	+0,01

Bei Versuchen bei $+5^{\circ}$ wurden die Pflanzen ohne weitere Vorbereitung aus dem ungeheizten Zimmer zum Versuch benutzt; bei $+10^{\circ}$ vorher etwa $\frac{1}{2}$ Std. im geheizten Zimmer ($18-20^{\circ}$ C) an ein Südsüdostfenster gestellt, bei $+15^{\circ}$ und $+20^{\circ}$ 1— $\frac{1}{2}$ Std., bei 25° ungefähr 2 Std. Es ist schon oben gezeigt worden, dass für Versuche bei höherer Temperatur (ca. 25°) diese Vorbereitung genügte, um eine

Beeinflussung der Atmung durch plötzlichen Temperaturwechsel zu verhindern. Danach darf man wohl annehmen, dass die kürzere Vorbehandlung bei niedrigeren Temperaturen ihren Zweck auch erfüllt hat.

In den Protokollen sind die Einzelversuche nach der Temperatur gruppiert. In Wirklichkeit wurde keine bestimmte Reihenfolge innegehalten. Die Versuche, bei denen der Kompensationspunkt genau (oder fast genau) getroffen ist, sind fett gedruckt.

Spirogyra, ca. 6 g Frischgewicht, bei allen Versuchen dasselbe Material.

	Dauer	Beleuchtungsstärke in H-Kerzen	Temp. des Versuchswassers	Titer vor Versuch	Titer nach Versuch	Veränderung im O ₂ -Gehalt
Vers. 91 22. 11. 15	10 ²⁸ bis 1 ¹⁷ Uhr	33,3 K.	5 bis 5,9°	23,7 23,7	24,00 23,98	+ 0,29
Vers. 99 26. 11. 15	10 ²² bis 1 ⁰⁷ Uhr	26,7 K.	5 bis 5,7°	21,5 21,52	21,55 21,54	+ 0,04
Vers. 101 30. 11. 15	10 ²⁰ bis 1 ¹⁰ Uhr	100,1 K.	10 bis 10,5°	25,7	26,59 26,58	+ 1,89
Vers. 103 1. 12. 15	10 ¹⁷ bis 1 ⁰² Uhr	80 K.	10 bis 9,9°	24,95	25,35	+ 0,4
Vers. 106 4. 12. 15	10 ²³ bis 1 ⁰⁸ Uhr	36,8 K.	10 bis 10,3°	21,1 21,08	20,95 20,96	- 0,13
Vers. 108 6. 12. 15	10 ²⁰ bis 1 ⁰⁵ Uhr	55 K.	10 bis 10,2°	22,8 22,79	22,83 22,84	+ 0,04
Vers. 93 23. 11. 15	10 ²⁰ bis 1 ⁰⁵ Uhr	183,6 K.	15 bis 15,7°	23,02 23,00	24,3 24,3	+ 1,29
Vers. 104 2. 12. 15	10 ²⁰ bis 1 ⁰⁵ Uhr	133,2 K.	15 bis 15,2°	20,07 20,09	20,65 26,64	+ 0,57
Vers. 105 3. 12. 15	10 ²² bis 1 ⁰⁷ Uhr	100,1 K.	15 bis 15,25°	19,96 19,95	19,92 19,93	- 0,03
Vers. 95 24. 11. 15	10 ²⁰ bis 1 ⁰⁵ Uhr	183,6 K.	20 bis 20,3°	21,8 21,8	21,92 21,93	+ 0,13
Vers. 107 5. 12. 15	10 ²⁸ bis 1 ¹³ Uhr	174 K.	20 bis 20,1°	19,16 19,18	19,14 19,16	- 0,02
Vers. 97 25. 11. 15	10 ²² bis 1 ⁰⁷ Uhr	250,6 K.	25 bis 25°	19,73 19,75	19,70 19,68	- 0,05

Cladophora, ca. 6 $\frac{1}{2}$ g Frischgewicht, bei allen Versuchen dasselbe Material.

	Dauer	Beleuchtungsstärke in H-Kerzen	Temp. des Versuchswassers	Titer vor Versuch	Titer nach Versuch	Veränderung im O ₂ -Gehalt
Vers. 90 22. 11. 15	10 ²⁵ bis 1 ¹⁰ Uhr	35,5 K.	5—5,8°	23,7 [*] 23,7	23,48 23,47	—0,22
Vers. 110 1. 12. 15	10 ²⁰ bis 1 ⁰⁵ Uhr	50,4 K.	5—5,4°	26,83 26,82	26,67 26,69	—0,15
Vers. 98 26. 11. 15	10 ²⁰ bis 1 ⁰⁵ Uhr	62,9 K.	5—5,6°	21,5 21,52	21,48 21,49	—0,03
Vers. 80 13. 11. 15	10 ⁰⁷ bis 12 ⁵² Uhr	116,7 K.	10—10,5°	21,83 21,87	22,21 22,2	+0,36
Vers. 89 20. 11. 15	10 ²⁵ bis 1 Uhr	136,2 K.	10—10,3°	25,90 25,88	25,92 25,91	+0,03
Vers. 81 14. 11. 15	9 ⁵⁶ bis 12 ⁴¹ Uhr	236,2 K.	15—15,2°	22,08 22,05	22,6 22,65	+0,57
Vers. 87 18. 11. 15	10 ¹⁰ bis 12 ⁵⁵ Uhr	189,9 K.	15—15,4°	20,56 20,57	20,77 20,75	+0,19
Vers. 88 19. 11. 15	10 ¹⁸ bis 1 ⁰³ Uhr	160 K.	15—15,4°	21,25 21,23	21,29 21,3	+0,06
Vers. 83 14. 11. 15	10 bis 12 ⁴⁵ Uhr	269,9 K.	20—20°	21,2 21,2	21,39 21,37	+0,18
Vers. 85 16. 11. 15	10 bis 12 ⁴⁵ Uhr	253,3 K.	20—20,4°	20,48 20,47	20,5 20,52	+0,03
Vers. 86 17. 11. 15	10 ¹⁵ bis 1 Uhr	420,7 K.	25—24,8°	19,83 19,83	19,79 19,81	—0,03
Vers. 109 6. 12. 15	10 ²⁵ bis 1 ¹⁰ Uhr	420,7 K.	25—24,7°	17,38 17,38	17,41 17,39	+0,01

Fontinalis ¹⁾, ca. 12,5 g Frischgewicht, bei allen Versuchen dasselbe Material.

	Dauer	Beleuchtungsstärke in H-Kerzen	Temp. des Versuchswassers	Titer vor Versuch	Titer nach Versuch	Veränderung im O ₂ -Gehalt
1. 2. 16	11 ¹⁵ bis 2 ¹⁵ Uhr	200 K.	20—19,7°	22,28 22,26	22,48 22,48	+0,2
3. 2. 16	11 ¹⁵ bis 2 ¹⁵ Uhr	150 K.	20 bis 20,05°	21,72 21,71	21,73 21,74	+0,02
4. 2. 16	11 ¹⁰ bis 2 ¹⁵ Uhr	10 K.	5—5,1°	23,28 23,26	22,85 22,88	—0,6
5. 2. 16	11 ⁰⁵ bis 2 ⁵⁵ Uhr	40 K.	5,2—5,4°	23,96 23,97	23,98 24,01	+0,03

¹⁾ 95kerzige Nitrallampe.

Cinclidotus ¹⁾, ca. 10,5 g Frischgewicht, bei allen Versuchen dasselbe Material.

	Dauer	Beleuchtungsstärke in H-Kerzen	Temp. des Versuchswassers	Titer vor Versuch	Titer nach Versuch	Veränderung im O ₂ -Gehalt
23. 3. 16	9 ²⁰ bis 12 ⁰⁵ Uhr	200 K.	20,2 bis 19,6°	21,54 21,51	20,1 20,08	-1,44
24. 3. 16	9 ²⁰ bis 12 ⁰⁵ Uhr	300 K.	20—20,2°	20,51 20,54	19,72 19,79	-0,77
25. 3. 16	9 ¹⁰ bis 11 ⁵⁵ Uhr	400 K.	20 bis 20,35°	21,2 21,21	21,24 21,23	+0,03
27. 3. 16	9 ²⁰ bis 12 ¹⁵ Uhr	95 K.	5,4—4,6°	24,06 24,11	24,3 24,28	+0,2
28. 3. 16	9 ²⁰ bis 12 ¹⁵ Uhr	50 K.	5—4,8°	23,2 23,2	22,96 22,98	-0,23
29. 3. 16	9 ²⁵ bis 12 ¹⁰ Uhr	75 K.	5—4,5°	22,72 22,71	22,72 22,73	+0,01

Als allgemeines Ergebnis lässt sich feststellen, dass bei allen vier Pflanzen die zur Erreichung des Kompensationspunktes nötige Lichtstärke mit Abnahme der Temperatur geringer wird. Es sinkt die Lichtintensität bei

Spirogyra	von 174	Kerzen bei ca. 20°	auf 26,7	Kerzen bei ca. 5°
Cladophora	„ 253,3	„ „ „ 20°	„ 62,9	„ „ „ 5°
Fontinalis	„ 150	„ „ „ 20°	„ 40	„ „ „ 5°
Cinclidotus	„ 400	„ „ „ 20°	„ 75	„ „ „ 5°

Die Pflanzen brauchen also bei tiefer Temperatur bedeutend weniger Licht als bei hoher, um den durch die Atmung verursachten Stoffverlust auszugleichen. Sie können deshalb bei tiefer Temperatur schon bei viel geringerer Intensität mit Stoff- und Energiegewinn arbeiten. Es nehmen also bei ein und derselben Lichtintensität (sofern sie eine gewisse Höhe nicht überschreitet) die Assimilate mit fallender Temperatur zu.

Um diesen auf den ersten Blick etwas paradoxen Satz näher zu erläutern, machte ich mit *Cinclidotus* und *Fontinalis* Versuche in der Weise, dass bei 5° die Lichtintensität angewandt wurde, die bei 20° dem Kompensationspunkt entspricht und bei 20° diejenige, die dem Kompensationspunkt bei 5° entspricht.

¹⁾ 95kerzige Nitralampe.

Cinclidotus, 10,5 g Frischgewicht:

	Dauer	Beleuchtungsstärke in H-Kerzen	Temp. des Versuchswassers	Titer vor Versuch	Titer nach Versuch	Veränderung im O ₂ -Gehalt
31. 3. 16	9 ²⁰ bis 12 ¹⁵ Uhr	400 K.	5—5,2°	24,22 24,2	27,1 27,08	+ 2,88

Fontinalis, 11 g Frischgewicht:

	Dauer	Beleuchtungsstärke in H-Kerzen	Temp. des Versuchswassers	Titer vor Versuch	Titer nach Versuch	Veränderung im O ₂ -Gehalt
1. 4. 16	9 ²⁰ bis 12 ⁰⁵ Uhr	150 K.	5—4,5°	23,68 23,72	25,24 25,25	+ 1,55

Die Lichtstärke von 400 Kerzen, die *Cinclidotus* nicht das geringste Überwiegen der Assimilation bringen konnte, produziert also bei 5° schon einen ganz erheblichen Sauerstoffüberschuss (2,88), ebenso die 150 Kerzen bei 5° für *Fontinalis* (1,55).

Umgekehrt genügt die Lichtintensität, die die Pflanzen bei 5° vor Atmungsverlust schützt, bei weitem nicht für 20°:

Cinclidotus, 10,5 g Frischgewicht:

	Dauer	Beleuchtungsstärke in H-Kerzen	Temp. des Versuchswassers	Titer vor Versuch	Titer nach Versuch	Veränderung im O ₂ -Gehalt
3. 4. 16	9 ²⁰ bis 12 ¹⁵ Uhr	75 K.	20—20°	22,28 22,29	19,32 19,31	- 2,97

Der oben aufgestellte Satz gilt nur für geringe Lichtintensitäten, und zwar nur für solche, die bei niedriger Temperatur „begrenzend“ wirken. Der Ausdruck „begrenzend“ ist nach *Blackmann-Matthaei* (siehe *Matthaei* 1904, S. 68) folgendermassen zu verstehen:

Lässt man eine gewisse, ziemlich geringe Lichtintensität bei einer bestimmten Temperatur auf eine Pflanze einwirken, so tritt, falls die Intensität genügt, um den Kompensationspunkt zu überschreiten, Sauerstoffproduktion auf. Steigert man die Lichtstärke, so steigt ebenfalls die Assimilation, steigert man jedoch die Temperatur, so nimmt die Assimilation nicht zu. Das bedeutet: Die angewandte Lichtstärke — nicht aber die Temperatur — bestimmt die Grösse der Assimilation, sie setzt ihre Grenzen fest, wirkt also „begrenzend“. Steigert man die Lichtintensität immer höher, dann tritt schliesslich der Fall ein, dass die Assimilation — selbst beim stärksten Licht —

nicht mehr zunimmt. Es ist also dann das Licht nicht mehr massgebend für die Assimilationsstärke, es „begrenzt“ nicht mehr. Im selben Augenblick jedoch, wo das Licht nicht mehr begrenzend ist, wird es die Temperatur. Denn nun lässt sich durch Steigerung der Temperatur eine Steigerung der Assimilation hervorrufen. Wählt man z. B. eine Lichtintensität, die bei $+10^{\circ}$ nicht mehr begrenzend ist, weil sie nicht voll ausgenutzt wird, so bekommt man bei $+20^{\circ}$ mit derselben Intensität eine stärkere Assimilation.

Es gilt also der erwähnte Satz, dass mit steigender Temperatur die O_2 -Produktion abnimmt, nur für begrenzende Lichtintensitäten. Sobald man diese soweit steigert, dass sie für die tiefere Temperatur nicht mehr begrenzend sind, sondern die Temperatur selbst die Assimilation begrenzt, dann tritt der Fall ein, dass die Pflanze bei höherer Temperatur stärker assimiliert als bei tiefer.

Aus biologischen Gründen ist natürlich die Tatsache, dass bei geringer Lichtintensität die Assimilate mit sinkender Temperatur zunehmen, für die Pflanze ausserordentlich wichtig, da im allgemeinen die Faktoren „schwaches Licht“ und „tiefe Temperatur“ häufig zusammenfallen werden. Obwohl jeder Faktor an sich für die Pflanze durchaus nicht günstig ist, ermöglichen sie doch in Kombination miteinander einen Stoffgewinn.

Übrigens weisen *Kniep* (1914) und *Harder* (1915) schon auf dieselbe Tatsache hin, indem sie darauf aufmerksam machen, dass bei sinkender Temperatur „die Atmung schneller abnimmt als die Assimilation“. Beide Autoren haben meist Lichtintensitäten angewandt, die über den „begrenzenden“ liegen. *Kniep* weist die Eigenschaft für *Fucus* nach, *Harder* dehnt sie ausserdem auf eine Süswasser-alge aus (*Cladophora*). Nach meinen Untersuchungen gilt sie sowohl für einige Süswasser-algen, als auch für gewisse Moose, und es ist danach nicht ausgeschlossen, dass sie überhaupt unter den Pflanzen allgemein verbreitet ist.

Bei den letzterwähnten Untersuchungen tauchte auch die Frage auf, ob die Lichtintensität, die die Atmung bei $+5^{\circ}$ kompensiert, bei $+20^{\circ}$ dieselbe absolute Sauerstoffmenge produziert, wie bei 5° . Nach *Matthaei* (1904) sollte das der Fall sein, da diese Lichtintensität bestimmt so gering ist, dass sie begrenzend wirkt. Durch folgende Überlegung suchte ich das festzustellen:

Man ermittelt a = Atmungsgrösse der Pflanzen bei 20° im Dunkeln, b = Atmung bei 5° im Dunkeln, die im Kompensationspunkt gleich der Assimilation ist (b bedeutet also zugleich eine Atmungs- und eine

Assimilationsgrösse), $c = \text{O}_2$ -Verbrauch bei 20° unter Einwirkung der Beleuchtungsintensität i , die bei 5° den Kompensationspunkt hervorruft. (Siehe das Schema Fig. 1.)

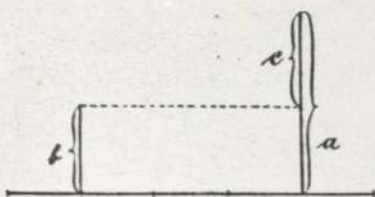


Fig. 1 (Erklärung im Text).

Dann muss $b + c = a$ sein, oder aber die angewandte Lichtintensität i hat bei 5° andere assimilatorische Wirkung (kleinere oder grössere) als bei 20° . Ein Versuch, der daraufhin

mit *Cinclidotus* gemacht wurde, bestätigt die *Matthaeischen* Erfahrungen. Es ergab sich:

$$\begin{aligned} a &= 4,9 \\ b &= 1,98 \\ c &= 2,97 \end{aligned}$$

$$b + c = 4,95,$$

was mit $a = 4,9$ gut übereinstimmt.

Diese Rechnung ist nun allerdings ohne Rücksicht auf die Möglichkeit ausgeführt, dass die Atmung an sich durch das Licht gesteigert werden könnte. *Meyer* und *Deleano* (1911 und 1913) sind bekanntlich auf Grund ihrer Versuche mit Laubblättern zu der Annahme gelangt, dass die Atmung derselben nachts geringer ist als am Tage und haben geschlossen, dass das Licht auf die Atmung einen steigernden Einfluss ausübt.

Wir haben z. B. ohne weiteres angenommen, dass die Atmung bei 5° im Dunkeln ihrem absoluten Wert nach gleich der Assimilation im Kompensationspunkt bei 5° sei. Vielleicht ist aber die Atmung, die im Kompensationspunkt durch die Assimilation kompensiert werden muss, durch das Licht etwas gesteigert, also grösser als die im Dunkeln. Dann wäre b in unsrer Rechnung zu klein gewählt. Nehmen wir eine Vergrösserung von b durch Einfluss des Lichtes auf die Atmung an, dann müssen wir auch für $a = \text{Atmung bei } 20^\circ \text{ im Dunkeln}$, annehmen, dass es grösser wird, wenn die Pflanzen beleuchtet werden. Übt nun die Intensität i auf die Atmung bei 5° dieselbe absolute Steigerung x aus, wie auf die Atmung bei 20° , dann bleibt c unverändert, da $(a + x) - (b + x) = c$. In der Rechnung könnte sich dann also eine Atmungssteigerung nicht bemerkbar machen.

Nun ist es aber — wenn das Licht die Atmung beeinflusst — höchst wahrscheinlich, dass der Einfluss derselben Lichtintensität auf die starke Atmung bei 20° absolut grösser ist, als auf die schwache bei 5° . Dann müsste c mehr zunehmen, als b wettmachen kann und $b + c$

müsste grösser sein als a . Das scheint nach meinen Versuchen nicht der Fall zu sein, doch wäre es nicht unmöglich, dass die Unterschiede, die man bei der relativ schwachen Beleuchtung bekommt, so gering sind, dass sie innerhalb der Fehlergrenzen liegen. Vielleicht deutet aber auch der Unterschied von $a = 4,3$ und $b + c = 4,35$ auf eine kleine Atmungssteigerung hin, doch wird sich darüber erst urteilen lassen, wenn eine grössere Zahl von Versuchen vorliegt.

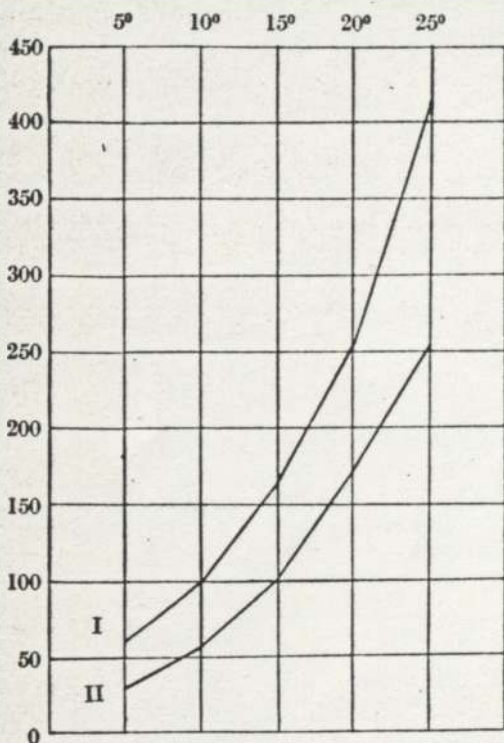


Fig. 2. Zunahme der zur Kompensation der Atmung erforderlichen Lichtintensität mit der Temperatur bei *Cladophora* (I) und *Spirogyra* (II).

Bei *Cladophora* und *Spirogyra* wurden, wie sich aus den Tabellen (S. 31 u. 32) ergibt, die Kompensationspunkte nicht nur für zwei Temperaturgrade festgestellt, sondern in Intervallen von 5° zwischen + 5° und + 25°, so dass sich das schrittweise Zunehmen der zur Kompensation der Atmung erforderlichen Lichtintensität mit der Temperatur in Kurven darstellen lässt (Fig. 2):

Die Abszisse gibt die Temperatur an, auf der Ordinate ist die jeweilige Lichtintensität in H-Kerzen angetragen. Die untere Kurve

ist die von Spirogyra, die obere von Cladophora. Beide Kurven zeigen etwa denselben Steigungsverlauf, der mit zunehmender Temperatur steiler wird. Auf die Steigungsverhältnisse soll unten noch näher eingegangen werden.

Da die Kompensationspunkte dadurch entstehen, dass die Atmung durch die Assimilation wettgemacht wird, geben diese Kurven zugleich ein andeutungsweises Bild von der Steigerung der Atmung durch die Temperatur. Es muss betont werden, ein andeutungsweises Bild, denn es handelt sich ja nicht um Assimilationskurven, sondern um Lichtintensitätskurven, und es ist nicht unbedingt sicher, ob die Assimilation völlig proportional der Lichtstärke ansteigt.

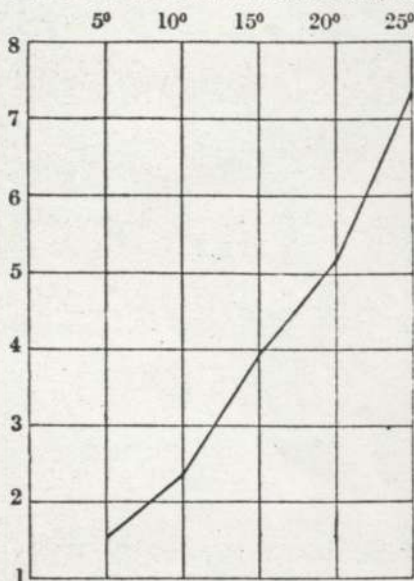


Fig. 3. Atmungssteigerung von Cladophora bei Temperaturerhöhung.

die gewonnene Atmungskurve mit der Lichtintensitätskurve direkt vergleichen kann.

Die entstandene Atmungskurve entspricht, wie das ganz allgemein für die Atmung festgestellt worden ist, dem *van't Hoff'schen* Gesetz, nach welchem sie sich in Temperaturintervallen von 10° ungefähr verdoppeln soll: Die Atmungsgrößen am Anfangs- und Endpunkt der Kurve, die sich über $2 \times 10^{\circ}$ erstreckt, stehen im Verhältnis von 1 : 4,8 zueinander. *Harder* (1915) bekam für Cladophora die Verhältnisse 1 : 4, 1 : 3,8 und 1 : 3,2.

Wenn wir mit diesem Verhältnis dasjenige der entsprechenden

Zum Vergleich wurde mit Cladophora eine entsprechende Atmungskurve (im Dunkeln) von 5° zu 5° aufgestellt (Fig. 3), ebenfalls an aufeinanderfolgenden Tagen. Dazu verwandte ich dasselbe Material wie zu der oben erwähnten Assimilationsserie. Alle Vorsichtsmaßregeln, Vorbereitungen etc. wurden wie bei dieser getroffen, alle Versuchsbedingungen absolut genau innegehalten, besonders auch wieder streng darauf geachtet, dass die Assimilate vor allen Versuchen in gleichen Mengen vorhanden waren (soweit sich das durch gleichmässige Vorbehandlung erreichen lässt), so dass man

Lichtintensitäten vergleichen — und dieser Vergleich ist direkt gestattet, da die Versuchspflanzen und die Versuchsbedingungen genau dieselben waren — so fällt auf, dass dieses ein anderes ist. Die Lichtintensitäten am Anfangs- und Endpunkt der Intensitätenkurve verhalten sich wie 1 : 6,69. Mit anderen Worten: die Lichtintensität, die man anwenden muss, um die Atmung zu kompensieren, nimmt mit steigender Temperatur schneller zu als die (im Dunkeln beobachtete) Atmung.

Das kann verschiedene Ursachen haben: Erstens kann es möglich sein, dass die Assimilation nicht proportional der Lichtintensität ansteigt, sondern langsamer. Wenn ich also auf der nächsthöheren Temperaturstufe die gesteigerte Atmung durch eine gesteigerte Lichtzufuhr kompensiere, so müsste ich eine etwas grössere Lichtintensität anwenden, als der Sauerstoffzunahme entspricht. Auf diese Weise müsste die Lichtintensitätskurve von der Atmungskurve mit steigender Temperatur immer mehr divergieren.

Zweitens kann aber auch das Licht einen steigenden Einfluss auf die Atmung ausüben, der durch grössere Assimilation kompensiert werden muss. Beide Möglichkeiten können in Betracht kommen. Vielleicht treten sie sogar gleichzeitig ein. Jedoch ist es zur Zeit unmöglich, sich darüber zu entscheiden, da die Kenntnisse vom Einfluss des Lichts auf die Atmung und von der Wirkung allmählich steigenden Lichtes auf die Assimilation nur mutmassliche sind, worauf oben schon hingewiesen wurde.

Einen Anhaltspunkt dafür, dass das Licht die Atmung steigert, habe ich bislang nicht gewinnen können (vgl. auch S. 35). Ich liess es vorläufig bei diesen wenigen Versuchsserien bewenden. Für *Spirogyra* wurde keine Atmungskurve aufgestellt. Jedoch lässt sich vermuten, dass sich auch hier der Unterschied zwischen Steigungsverhältnis von Lichtstärke und Atmung zeigen wird, da die Intensitätskurve eine noch grössere Steigung enthält wie diejenige von *Cladophora* (unter genau gleichen Verhältnissen), nämlich 1 : 9,38.

Zum Vergleich kann ich hier auch noch *Cinclidotus* anführen, dessen Atmung zwischen 5° und 20° (also nur 15° Differenz) von 1 auf 3 steigt, während die Lichtstärke unter denselben Bedingungen das Steigungsverhältnis 1 : 5,3 zeigt.

II. Teil.

Der Verlauf der Atmung von Spirogyra und Cladophora während des Tages und der Nacht.

Eine grössere Anzahl meiner Versuche hatte den Zweck, den Verlauf der Atmung in aufeinanderfolgenden Zeiten festzustellen. Das lässt sich nur derartig machen, dass man die Pflanzen eine gewisse Zeit, z. B. 3 Std. atmen lässt, dann den Titer des Versuchswassers feststellt, frisches Versuchswasser auffüllt und wieder ebensolange atmen lässt. Ein Vergleich zwischen dem Titer des zweiten Atmungsversuchs mit dem des ersten gibt an, ob die Atmung gestiegen, gesunken oder gleichgeblieben ist. Durch Aneinanderreihen mehrerer solcher Atmungseinzelversuche (Teilversuche) lässt sich ein zusammenhängendes Bild über den Verlauf der Atmung innerhalb der gesamten Versuchszeit gewinnen und in einer Kurve darstellen¹⁾. Dabei gibt die Abszisse die Zeit an, die Ordinate den O₂-Verbrauch, ausgedrückt in Kubikzentimetern $n/_{100}$ Natriumthiosulfat. Meine Versuche setzten sich aus 2—9 Teilversuchen zusammen und erstreckten sich auf ungefähr 6—36 Std. Über die Methode siehe S. 17 ff. Es ist noch hinzuzufügen, dass nach Schluss eines Teilversuchs der nicht zum Titrieren abgeheberte Teil des Versuchswassers von den Pflanzen durch einfaches Abschütten entfernt wurde, wobei der Hals des Versuchsgefässes mit Glaswolle verstopft war. Auf diese Weise konnte nichts vom Versuchsmaterial wegschwimmen. Alle Manipulationen, die mit dem Versuchsmaterial zwischen zwei Teilversuchen vorgenommen wurden, vollzogen sich möglichst schnell und bei möglichst geringer Beleuchtung, ausserdem waren die Versuchsgefässe dabei stets in Tücher einge-

¹⁾ In den Kurven habe ich die Zeitangaben meist auf volle Stunden, von denen sie in Wirklichkeit um einige Minuten abweichen, abgerundet. Die Berechnungen sind natürlich unter Berücksichtigung der exakten Zeiten ausgeführt.

schlagen. Auch wurde streng vermieden, dass die Pflanzen vorübergehend nicht mit Wasser bedeckt waren.

Versuchsobjekte waren *Cladophora* und *Spirogyra*, letztere am häufigsten, da sie mir während des Sommersemesters in beliebiger Menge und grosser Reinheit zur Verfügung stand.

1. Untersuchung des Atmungsverlaufs am Tage.

Ich begann mit der Untersuchung des Atmungsverlaufs am Tage, und zwar in Hinblick darauf, dass von *Meyer* und *Delcane* für Laubblätter eine Atmungserhöhung während des Tages angenommen worden ist.

Ich nehme gleich vorweg, dass sich eine solche für *Spirogyra* und *Cladophora* nicht nachweisen liess, sondern dass im Gegenteil die Atmung während des Tages dauernd sank.

Beispiele:

Versuch 48, 20. August 1915 (Fig. 4).

Cladophora, die nach der Entnahme aus dem natürlichen Standort 2 Tage im botanischen Institut an einem Nordfenster gestanden und dabei kräftig assimiliert hat. 3 Parallelversuche. Jeder Teilversuch 3 Stunden.

Versuch 11, 1. Mai 1915 (Fig. 5).

Spirogyra, am Abend vorher aus Veitshöchheim geholt, stand bis zum Versuchsbeginn morgens 6³⁰ Uhr dunkel. 2 Parallelversuche. In beiden viel Material (10–13 g Frischgewicht). Jeder Teilversuch 3 Stunden.

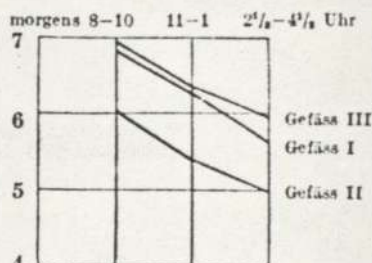


Fig. 4, Versuch 48. (Erkl. im Text.)

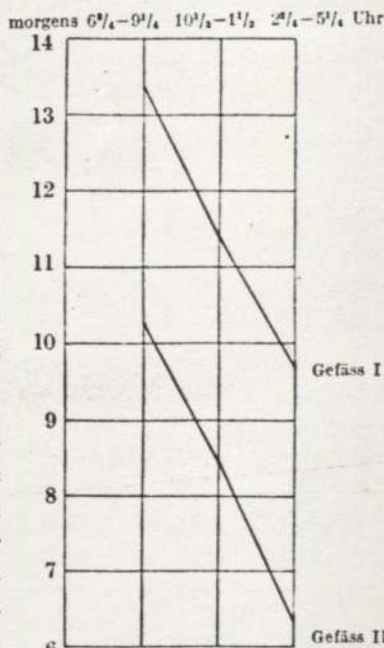


Fig. 5, Versuch 11. (Erkl. im Text.)

Versuch 14, 4. Mai 1915 (Fig. 6).

Spirogyra, in jedem Versuchsgefäß nur ganz wenig Material (wenige Gramm). 3 Parallelversuche. Jeder Teilversuch dauert 8 Stunden.

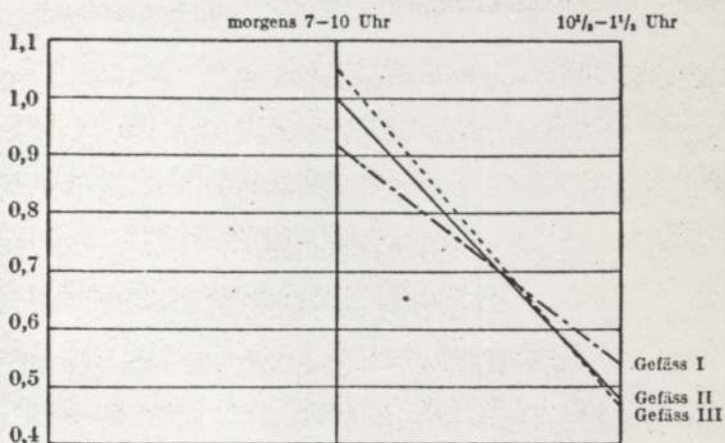


Fig. 6, Versuch 14. (Erklärung im Text.)

Ich vermehre die Zahl der Beispiele nicht weiter, da alle nur dasselbe zeigen: Im Gegensatz zu *Meyer* und *Deleanos* Erfahrungen bei Laubblättern einen dauernden, fast ganz gleichmässigen Abfall der Atmung im Laufe des Tages.

Später machte ich im Zusammenhang mit nächtlichen Atmungsversuchen auch solche, die sich zusammenhängend über Tag und Nacht erstreckten (siehe z. B. Vers. 44, 21, 38). Auch diese zeigen stets am Tage nichts anderes als ein dauerndes Sinken der Atmung. (Über einige besondere Fälle siehe z. B. Versuch 17 u. 20.)

Die Tatsache, dass die Atmung meiner Versuchspflanzen schon innerhalb ganz kurzer Zeiten nicht konstant war, machte es unmöglich, die Lichtintensität zu bestimmen, bei welcher der durch die Atmung verdeckte, absolute Anfangspunkt der Assimilation liegt:

Wenn man Pflanzen eine bestimmte Zeitlang im Dunkeln gleichmässig atmen lässt, darauf den Sauerstoffgehalt des Versuchswassers feststellt, dann mit frischem Versuchswasser versieht und dieselben Pflanzen ebensolange einer bestimmten Lichtstärke aussetzt, so muss, falls die Lichtstärke noch nicht genügt, um Assimilation hervorzurufen, der Sauerstoffverlust am Ende der zweiten Versuchshälfte

mindestens ebensogross sein, wie nach der ersten ¹⁾. Durch Variation der Lichtstärken muss sich dann endlich der Punkt ergeben, bei dem die Sauerstoffabnahme im Lichtversuch um ganz wenig geringer ist, als im Dunkelversuch. An diesem Punkt hat die Assimilation gerade eingesetzt. — Aus obigem-Grunde war die Durchführung solcher Versuche — wie gesagt — nicht möglich.

Höchstwahrscheinlich gibt es Pflanzen, deren Atmung innerhalb mehrerer Stunden praktisch konstant ist, so dass die Methode für sie zu verwenden wäre. *Fontinalis* und *Cinclidotus*, die ich daraufhin prüfte, waren es allerdings ebenfalls nicht. Bei ersterem war in einem Fall die Atmung morgens von 9¹⁰—11⁵⁵ Uhr = 3,14, am Nachmittag von 3—5^{3/4} Uhr nur 2,66. Zwischen beiden Versuchen hatten die Pflanzen dunkel gestanden. *Cinclidotus* ergab in fast denselben Zeitverhältnissen die Zahlen 2,39 und 1,65. Seine Atmung sank also noch stärker. Für *Fucus vesiculosus* und *Taraxacum* konstatiert übrigens *Kylin* (1911) dieselbe Tatsache. Wahrscheinlich ist sie darauf zurückzuführen, dass bei Verdunklung das plastische Material in der Pflanze schnell abnimmt.

Es lag der Gedanke nahe, dass die Atmung bei lange dauernder Verdunklung wenn nicht auf einem konstanten Niveau, so doch auf einer so langsam abfallenden Kurve ankommen müsste, dass sie während der Versuchsdauer als konstant anzusehen wäre.

Solche Versuche wurden auch gemacht und zwar mit *Spirogyra*. Leider mit negativem Erfolg. Der Grund ist folgender: Meine *Spirogyra* neigte ohnehin schon sehr zum Zerfall der Fäden. Nach längerer Verdunklung trat dieser so leicht ein, dass selbst die bestaussehenden Fäden nicht berührt werden durften, selbst nicht das umgebende Wasser stärker bewegt werden durfte, ohne mehr oder minder starkes Zerbrechen der Algen herbeizuführen. Mit solchen zerbrochenen Fäden konnte aber — wie sich wieder und wieder zeigte — kein exakter Atmungsversuch ausgeführt werden, da augenscheinlich der entstehende Verletzungsreiz eine vorübergehende Steigerung der Atmung bewirkt, die ja nur minimal zu sein braucht, um zu stören. Auf diesen Punkt soll später noch eingegangen werden. Jedenfalls erhielt ich ausnahmslos bei 2—8 Tg. verdunkeltem Material dieselbe, abfallende

¹⁾ Selbst wenn man einen steigernden Einfluss des Lichtes auf die Atmung annimmt, darf die Überlegung als annähernd richtig angenommen werden, da es sich um sehr geringe Lichtintensitäten handelt, die sicherlich die Atmung nur sehr wenig, oder gar nicht beeinflussen.

Atmungskurve, die allerdings, dank der an sich sehr reduzierten Atmung nicht sehr steil war:

Versuch 36, 7. Juli 1915.

Spirogyra, 2 Tage verdunkelt, sehr wenig Material. 2 Parallelversuche.

		Dauer	Temp. des Versuchswassers	Titer vor Versuch	Titer nach Versuch	Veränderung im O ₂ -Gehalt
Gefäß I	dunkel	8 ⁴⁵ bis 11 ⁵⁰ Uhr	22,5°	21,70	19,96	-1,74
				21,71	19,97	
"	"	12 ⁰⁰ bis 3 ⁰⁵ Uhr	"	21,6	20,00	-1,60
				21,6	20,00	
Gefäß II	"	8 ⁵⁰ bis 11 ⁵⁵ Uhr	"	21,70	20,03	-1,67
				21,71	20,04	
"	"	12 ⁰⁵ bis 3 ¹⁰ Uhr	"	21,6	20,1	-1,50
				21,6	20,1	

Versuch 35, 6. Juli 1915.

Spirogyra, 7 Tage verdunkelt, sieht bei Entnahme aus den Kulturgefäßen sehr gut aus. 2 Parallelversuche.

		Dauer	Temp. des Versuchswassers	Titer vor Versuch	Titer nach Versuch	Veränderung im O ₂ -Gehalt
Gefäß I	dunkel	8 ⁴⁵ bis 11 ⁰⁵ Uhr	22° C	21,97	20,67	-1,31
				21,98	20,67	
"	"	11 ³⁵ bis 1 ⁵⁵ Uhr	"	22,46	21,29	-1,18
				22,47	21,28	
Gefäß II	"	8 ⁵⁰ bis 11 ¹⁰ Uhr	"	21,97	20,97	-1,01
				21,98	20,96	
"	"	11 ⁴⁰ bis 2 Uhr	"	22,46	21,5	-0,97
				22,47	21,49	

Übrigens fand ein geringes Zerfallen des Materials sogar schon durch das bloße Auffüllen des Versuchswassers in die Versuchsgefäße statt, so dass es nichts nützte, wenn man die Algen im Versuchsgefäß verdunkelt hielt, um später das Umfüllen zu vermeiden.

Nur einmal gelang es, während einer Versuchsdauer von 2 × 3 Std. gleiche Atmung zu erzielen. Es handelte sich um Material, das 3 Tage und 4 Nächte verdunkelt in ziemlich stark fließendem Leitungswasser verweilt hatte. Es hatte also tagelang ständig unter Wundreiz ge-

standen, so dass der Versuchsanfang keinen plötzlichen Reiz mit sich brachte. Ausserdem stellte sich unter dem Mikroskop heraus, dass die Zellen der Fäden nicht gerade in sehr gutem Zustande waren, wohl dank der Wirkung des Leitungswassers. Ich habe daher darauf verzichtet, mit solchem Material Versuche zu machen.

2. Untersuchung des Atmungsverlaufs bei Nacht.

Im Anschluss an die Erfahrung, dass die Atmung von *Spirogyra* und *Cladophora* während des Tages dauernd sinkt, lag der Gedanke nahe, zu untersuchen, ob nachts ähnliche Verhältnisse herrschen. Bei *Cladophora* war diese Frage schnell entschieden. Ihre Atmung erwies sich während der Nacht als nicht anders wie am Tage. *Spirogyra* jedoch zeigte unerwartet interessante Atmungsverhältnisse, die näher untersucht wurden.

Cladophora.

Versuch 47, 17.—18. Aug. 1915, nachts. (Fig. 7.)

Cladophora, morgens um 7 Uhr aus dem natürlichen Standort (Waldbach) geholt, hat bis zum Abend an einem Nordfenster gestanden, dann in die Versuchsgefässe gefüllt. (Dabei Wundreiz wohl ausgeschlossen, da die für die einzelnen Versuchsgefässe bestimmten Algen in je einem besonderen Gefäss verweilt hatten, so dass sie mit einem einzigen Griff ohne jedes Zerreißen übertragen werden konnten.) 3 Parallelversuche.

Die erhaltenen Kurven unterscheiden sich im Prinzip nicht von denen für die Tagesatmung. Sie zeigen wie diese dauernden Abfall, der bei Gefäss I und III gegen Morgen stärker ist, als von 12—3 Uhr nachts. Wahrscheinlich macht sich in der ersten Hälfte der Nacht noch die Wirkung der am Tage stark angehäuften Assimilate geltend und lässt die Atmung nur ziemlich langsam sinken. — Ich begnügte mich bei *Cladophora* mit dieser einen Versuchsreihe und wandte mich der interessanteren *Spirogyra* zu.

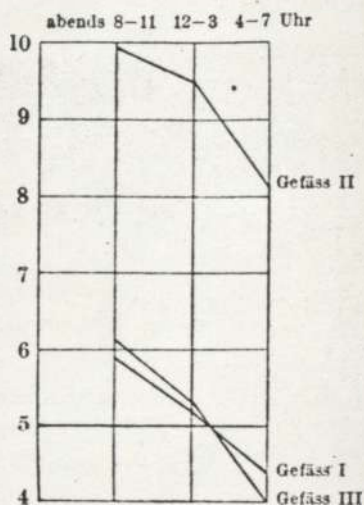


Fig. 7, Versuch 47. (Erkl. im Text).

Liess ich *Spirogyra* nachts in aufeinanderfolgenden Teilversuchen atmen, so zeigten sämtliche Atmungskurven in höherem oder geringerem Masse folgende Eigentümlichkeit:

Lag der erste Atmungsversuch etwa von 8—11 Uhr abends, der zweite von 12—3 Uhr und der dritte von 4—7 Uhr morgens, so fiel die Kurve nicht wie am Tage stetig ab, sondern stieg zwischen 12 und 3 Uhr mehr oder weniger hoch, um von 4—7 Uhr wieder zu sinken.

Einer der Versuche, der mit besonders gutem Material gemacht wurde, möge die Sache näher erläutern. Er dehnt sich bis zum Nachmittage des folgenden Tages aus.

Versuch 38, 10.—11. Juli 1915, nachts. (Fig. 8.)

Spirogyra morgens um 5 Uhr in Veitshöchheim geholt, um $\frac{1}{2}$ 7 Uhr

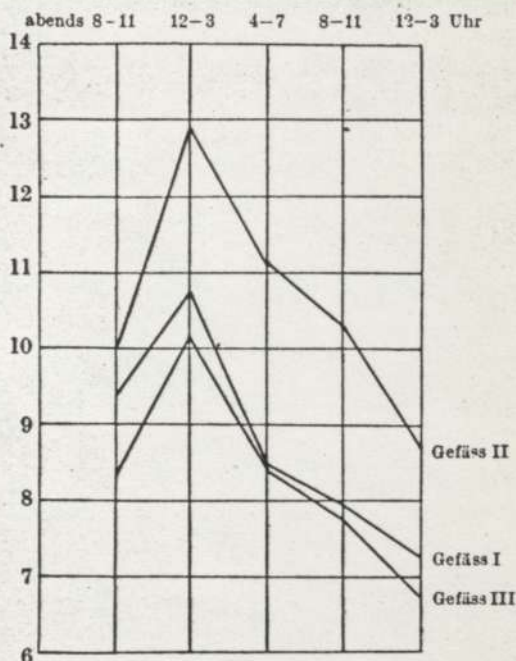


Fig. 8, Versuch 38. (Erklärung im Text.)

im botanischen Institut in die Versuchsgefässe gefüllt, wo sie den ganzen Tag vor einem Nordfenster kräftig assimilierte. Um etwaige Verletzungen vor Versuchsbeginn zu vermeiden, wurden etwa 3 Std. vorher die bei der Assimilation entstandenen Gasblasen durch leichtes Schütteln der Versuchsgefässe entfernt. Die Algen waren in ausgezeichnetem Zustande. Sie waren bei dem heissen Wetter der vorher-

gehenden Tage im Stamnteich ausserordentlich rapide gewachsen. Es wurde ziemlich viel Material zum Versuch benutzt (je 10—14 g), so dass die Atmungsschwankungen sich stark ausprägen konnten. Versuchsflüssigkeit: Veitshöchheimer Wasser. Auch in dieser Kurve sind die Zeitangaben auf volle Stunden, von denen sie in Wirklichkeit um 5—10 Minuten abweichen, abgerundet. 3 Parallelversuche.

Die Kurven zeigen übereinstimmend eine starke Steigerung der Atmung zwischen 12 und 3 Uhr nachts, von da an einen dauernden Abfall bis zum Nachmittag des folgenden Tages. Dieser letzte Teil der Kurve ist schon aus früheren Versuchen bekannt. Er steht jedoch nicht etwa, wie besonders das Verhalten von *Cladophora* zeigt, in ursächlichem Zusammenhang mit der nächtlichen Atmungserhöhung.

Ein ähnlicher Kurvenverlauf fand sich auch bei zahlreichen anderen Nachtversuchen mit *Spirogyra*, auch bei solchen, die in Lei-

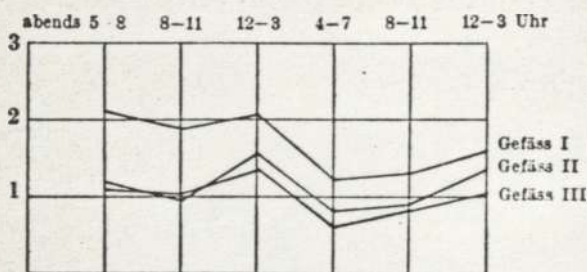


Fig. 9, Versuch 17. (Erklärung im Text.)

tungswasser gemacht wurden. Auf diese möchte ich besonders eingehen, weil sie zugleich eine Frage erledigen, die schon an einer andern Stelle der Untersuchungen in den Vordergrund getreten ist und auch späterhin noch öfter zu Erklärungen herangezogen werden muss: Die Wirkung des Verletzungsreizes auf die Atmung.

Es seien hier einige dieser Kurven zusammengestellt. Die Vorbehandlung ist stets derart, dass die Algen bis zum Versuchsbeginn assimilieren. Die Algenmenge beträgt nur etwa die Hälfte bis ein Drittel der beim obenerwähnten Versuch verwendeten, daher weniger ausgeprägte Schwankungen.

Versuch 17, 13.—14. Mai 1915, nachts bis nachmittags. (Fig. 9.)

Versuch 20, 25.—26. Mai 1915, nachts bis nachmittags. (Fig. 10.)

Der Höhepunkt der Atmung liegt wiederum nachts zwischen 12 und 3 Uhr. Der darauffolgende Abfall setzt sich jedoch am Tage nicht weiter fort, sondern verwandelt sich in einen langsamen Auf-

stieg. Parallel mit diesem Kurvenverlauf ging nun eine deutlich sichtbare Wandlung des Versuchsmaterials vor sich: Die Spirogyra, die während der Nacht schön langfädig geblieben war, zerfiel im Laufe des Tages in kürzere Stücke (ungefähr 3—8 cm lang).

Eine ähnliche Beobachtung war in früheren Versuchen schon mit Material gemacht worden, das mehrere Tage verdunkelt gestanden hatte (Versuch 35 u. 36) und beim Ansetzen zum Versuch zerfiel, was sich in einer kleinen Atmungssteigerung widerspiegelte. Auch bei noch folgenden Versuchen kann ich auf ähnliche Verhältnisse hinweisen.

Es handelt sich dabei wohl nicht eigentlich um eine Art aktiven Zerfalls, wie ihn *Benecke* (1898) für Konjugatenfäden unter besonderen Verhältnissen beschreibt. (Siehe auch *Strasburger* 1876 und *Klebs*

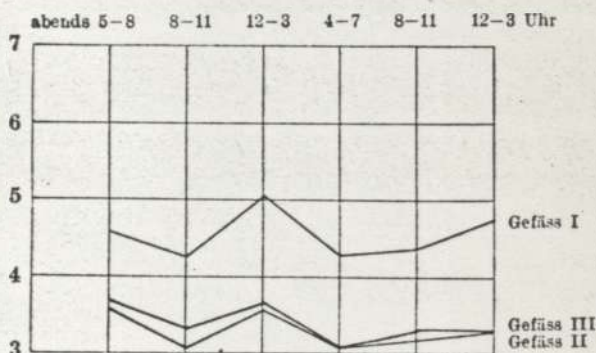


Fig. 10. Versuch 20. (Erklärung im Text.)

1896.) Es trat einfach eine gesteigerte Zerbrechlichkeit der Fäden ein. Vielleicht könnte man den Zustand als eine Art Vorstufe des von *Benecke* beschriebenen Vorgangs bezeichnen. Liess man die Spirogyren unberührt in einem Gefäss stehen, so blieben sie im Dunkeln sowohl in Veitshöchheimer- als in Leitungswasser mehrere Tage langfädig, nur waren sie in Leitungswasser eher im Zustande der Zerbrechlichkeit angelangt. Im Licht zerfielen sie zuweilen auch beim ruhigen Stehen schon am zweiten Tage¹⁾. Auch am natürlichen Standort trat dieser Zerfall sehr schnell ein, und zwar im Sommer, wenn das Wachstum ganz ausserordentlich stark war, am schnellsten. Es scheint, als ob die derbere Spezies, die im Sommer etwas überwiegt, mehr zum Zerfall neigt als die zartere, die im Frühjahr und Herbst vorherrscht.

Wenn man den Zerfall der Fäden als eine „Verwundung“ auf-

¹⁾ Auch andre Beobachter geben an, dass der Zerfall der Fäden durch das Licht begünstigt wird. (*Klebs* 1896.)

fasst, so ist die Atmungserhöhung beim Zerfall ja nichts Aussergewöhnliches, da Atmungssteigerungen durch Verwundung eine durchaus geläufige Tatsache sind.

Zur Kontrolle machte ich einen Versuch mit *Cladophora*, die in etwa 5 cm lange Stücke geschnitten war. Es ergab sich, dass sie stärker atmete, als eine gleichgrosse Menge (17 g) intakter *Cladophora*:

12. November 1915.

	Dauer	Temp. des Versuchswassers	Titer vor Versuch	Titer nach Versuch	Veränderung im O ₂ -Gehalt
Unverletzte <i>Cladophora</i>	12 ³⁰ bis 3 Uhr	20,0—18,5°	20,72 20,71	11,5 11,8	—9,01
Zerschnittene <i>Cladophora</i>	12 ²⁵ bis 2 ⁵⁵ Uhr	"	"	10,32 10,28	—10,41

Schädigung durch Zerfall, wie sie bei Leitungswasser eintrat, liess sich schon dadurch vermeiden, dass man irgend ein Teichwasser (auch wenn darin von Natur keine *Spirogyren* wuchsen), zum Versuch verwendete. Das zeigt

Versuch 21, 30.—31. Mai 1915. (Fig. 11.)

Als Versuchswasser diente solches aus einem kleinen Nebenteich in Veitshöchheim, in dem keine *Spirogyra* vorkommt. Es ergaben sich die Kurven Fig. 11 (3 Parallelversuche).

Dass aber auch bei diesem Wasser schon leise Schädigung durch Zerfall eintrat, zeigt der Vergleich dieser Kurven mit denen von Versuchen in Wasser aus dem Stammteich der *Spirogyra*, wo das Sinken der Kurven am Tage bedeutend steiler erfolgt (vgl. z. B. Versuch 44). In solchem Wasser blieben die Algen ungefähr 24 Std. nach Versuchsbeginn langfädig.

Um das Wesen der nächtlichen Atmungserhöhung näher zu ergründen, wurden die Versuche in verschiedener Weise variiert.

Zunächst begann ich einen Versuch schon mittags um 1 Uhr.

Versuch 40, 20.—21. Juli 1915, nachmittags bis morgens. (Fig. 12.)

Spirogyra am Abend vorher aus Veitshöchheim geholt, (der Tag

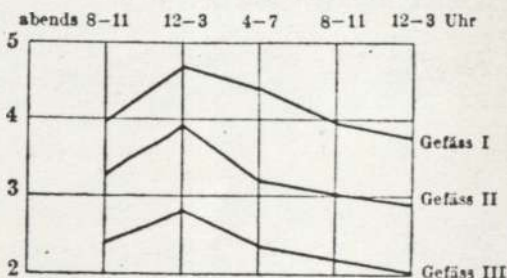


Fig. 11, Versuch 21. (Erklärung im Text.)

war zum grössten Teil sonnig gewesen), am selben Abend in die Versuchsgefässe gebracht und bis zum nächsten Mittag auf dem Dache

des botanischen Hörsaals im Freien untergebracht. Tag sonnig, Material sehr gut. 3 Parallelversuche.

Gefäss I und II ergaben die Atmungskurven Fig. 12.

Die beiden Kurven zeigen ungefähr denselben Verlauf wie diejenigen von Material, das erst bei Sonnenuntergang verdunkelt worden war. Zwar ist die Steigerung zwischen 12 und 3 Uhr nachts gering, besonders wenn man in Betracht zieht, wie stark die Atmung an sich

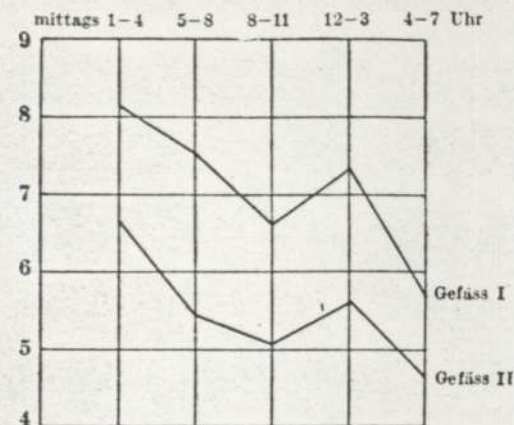


Fig. 12, Versuch 40. (Erkl. im Text.)

gewesen ist. Der Abfall am Nachmittag deckt sich ganz mit den Erfahrungen, die bei Atmungsversuchen am Tage stets gemacht wurden.

Das III. Versuchsgefäss ergab eine etwas andere Kurve, deren Kulminationspunkt schon zwischen 8 und 11 Uhr abends liegt. (Siehe Fig. 13.)

Es ist mir nicht gelungen, für dieses abnorme Ergebnis eine Erklärung zu finden, zumal die Algen während des Versuchs sehr gut aussahen.

Interessant ist der Vergleich von Kurve I und II mit einem Versuch, der ebenfalls mittags um 1 Uhr begann, bei dem jedoch die Algen vom Abend vorher an verdunkelt gestanden hatten:

Versuch 39, 16.—17. Juli 1915, nachmittags bis morgens. (Fig. 14.)

Spirogyra am Abend vorher aus Veitshöchheim geholt (Wetter an den vorhergehenden Tagen trübe) und bis zum andern Mittag in den Versuchsgefässen verdunkelt.

Hier zeigt sich wieder der Absturz am Nachmittag, der sich dieses

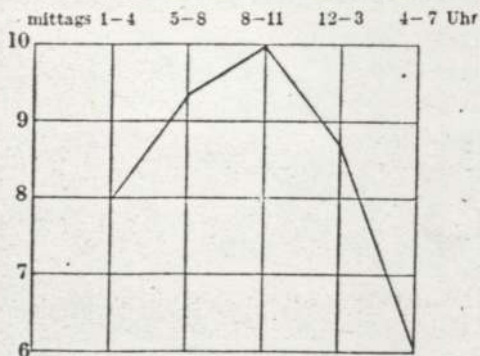


Fig. 13, Versuch 40. (Erkl. im Text.)

Mal jedoch in der Nacht fortsetzt, wenn auch weniger schroff. Es ist hier sehr schwer, zu entscheiden, bei welchem Punkt die Kurven anfangen, ein Schlechterwerden des Versuchsmaterials widerzuspiegeln. Um 7 Uhr morgens, am Ende des Versuchs, tun sie es unbedingt, da sich um die Zeit ohne weiteres ein rapides Zerfallen der Algenfäden erkennen liess. Ob der Punkt von 12—3 Uhr schon unter dem Einfluss des Schlechterwerdens der Algen stand, oder ob der etwas gehemmte Sturz der Kurve aus einem

Nachklingen der Atmungszunahme in der ersten Nacht nach der letzten Assimilation resultiert, ist unsicher. Unmöglich ist es nicht, da das Versuchsmaterial um 3 Uhr nachts noch recht gut aussah.

Aus dem Versuch ergab sich von selbst die Notwendigkeit, einen Dauerversuch mit demselben Material durch zwei aufeinanderfolgende Nächte und den dazwischenliegenden Tag zu machen. Leider war das Ergebnis dieses Versuchs nicht so instruktiv, wie erwartet: Eine Nacht und einen Tag lang ging alles normal, dann trat der bekannte Störenfried wieder dazwischen: Die Algen zerfielen langsam in Stücke, und von dem Moment an stiegen die Kurven.

Versuch 44, 5.—7. Okt. 1915, nachts—tags—nachts. (Fig. 15.)

Spirogyra morgens um 8 Uhr aus Veitshöchheim geholt, sehr schön und langfädig. Den Tag über Assimilation in grossen Kristallschalen (viel Wasser, wenig Algen) bei dunstig verschleierter Sonne. Abends vor Versuchsbeginn Auffüllen in die Versuchsgefässe. Dabei vielleicht kleiner Wundreiz, weshalb der erste Punkt der Kurve wohl etwas erhöht ist.

Die Kurven zeigen in der ersten Nacht ihr bekanntes Maximum von 12—3 Uhr und fallen dann dauernd stark bis zum nächsten Abend.

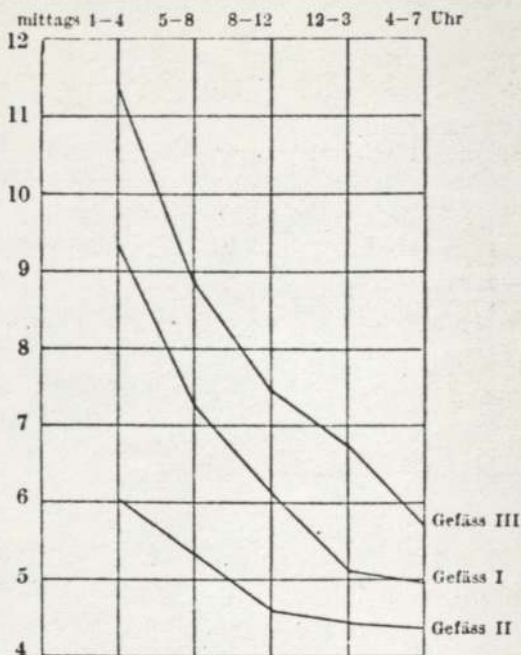


Fig. 14, Versuch 39. (Erkl. im Text.)

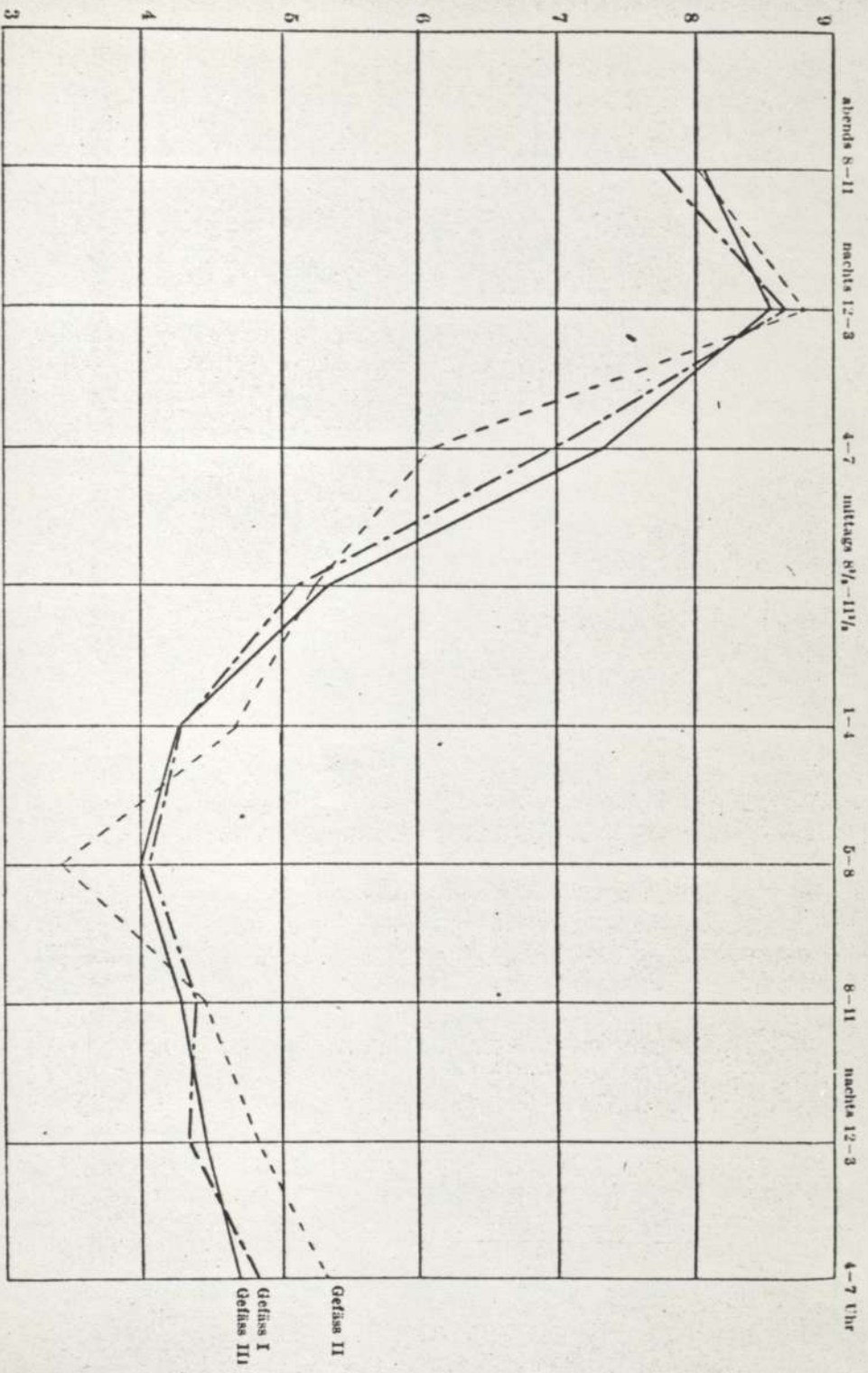


Fig. 15, Versuch 44. (Erklärung im Text.)

Sie zeigen dabei recht eindringlich, wie vorsichtig Assimilationsversuche mit frischem Algenmaterial bewertet werden müssen. — Bis zum zweiten Abend waren die Algen in gutem Zustand, darauf fingen sie an, weniger gut auszusehen und waren morgens um 7 Uhr ziemlich schlecht. Dieses letzte Schlechterwerden geschah rapide (es war um 7 Uhr das Material bedeutend mehr zerfallen als um 3 Uhr), und spiegelt sich in dem weiteren Ansteigen der Atmungskurven zwischen 4 und 7 Uhr.

Wie weit der Reiz durch Zerfall der Fäden überhaupt am Steigen der Kurven von 8 Uhr abends an beteiligt ist, und wie etwa darunter ein Nachklingen der Atmungserhöhung der ersten Nacht versteckt liegt, lässt sich hier natürlich noch schwerer sagen, als bei Versuch 39. Solange es nicht gelingt, das Material zwei Nächte hindurch in gutem Zustande zu erhalten, kann die Frage nicht entschieden werden.

Mehrere Male wurde versucht, durch längere, künstliche Dauerbeleuchtung vor Versuchsbeginn die Atmungserhöhung nach Mitternacht zu verwischen, oder gar zeitlich zu verlegen. Die Algen wurden in den Versuchsgefässen 3mal 12 Std. hintereinander von einer 500kerzigen Lampe¹⁾ in ca. 40 cm Entfernung (also mit einer Intensität von etwa 3750 Kerzen) beleuchtet, wobei sie kräftig assimilierten. Jedoch gelang es nur einmal, die Algen bis zum Versuchsbeginn tadellos langfädig zu halten. Es handelt sich um

Versuch 41, 23.—24. Juli 1915 nachts. (Fig. 16.)

Spirogyra frühmorgens aus Veitshöchheim geholt und sofort in den Versuchsgefässen bis zum Abend des folgenden Tages mit der oben angegebenen Intensität beleuchtet. Zur Vermeidung starken Erwärmens standen die Versuchsgefässe in einer grossen Glaswanne mit fliessendem Wasser. Temperatur durchschnittlich + 18° C. Während der Nacht musste die Kühlung von 11—5 Uhr aussetzen, wodurch zeitweise eine etwas höhere Temperatur herrschte (ca. 23°).

Die erhaltenen Kurven zeichnen sich durch fast konstantes Niveau aus, was sowohl eine Wirkung der angehäuften Assimilate als auch ein Nachklingen der gewöhnlichen Atmungserhöhung nach Mitternacht sein könnte. Ich halte das letztere nach den gesamten Beobachtungen für nicht sehr wahrscheinlich.

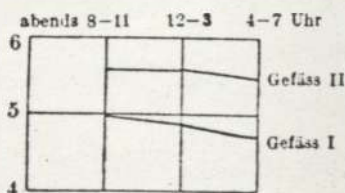


Fig. 16, Versuch 41.
(Erklärung im Text.)

¹⁾ Osram „Azo“-Lampe.

Der konstante Verlauf dieser Kurven könnte dazu verleiten, mit derartig behandeltem Material den Punkt zu suchen, bei dem die Assimilation absolut einsetzt (siehe S. 41). Davon wurde jedoch deshalb Abstand genommen, weil erstens die Aussichten auf Intakthalten des Versuchsmaterials so gering waren, dass sie fast nur auf einem glücklichen Zufall beruhten; zweitens ist es auch sicherlich nicht zu empfehlen, derartige Untersuchungen mit Material vorzunehmen, das in einen so abnormen Zustand übergeführt ist.

Parallel mit dem letzterwähnten Versuch lief ein anderer Nachtversuch, bei dem die Versuchszeiten der Teilversuche verschoben waren, und zwar lagen sie von $\frac{1}{2}8$ — $\frac{1}{2}11$ Uhr, von $\frac{1}{2}11$ — $\frac{1}{2}2$ Uhr und von $\frac{1}{2}2$ — $\frac{1}{2}5$ Uhr:

Versuch 41a, 23.—24. Juli 1915, nachts. (Fig. 17.)

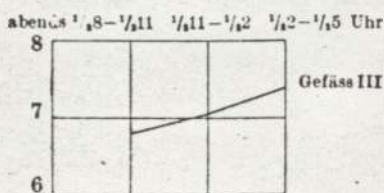


Fig. 17, Versuch 41a.
(Erklärung im Text.)

Spirogyra am Morgen aus Veitshöchheim geholt. Bis zum Versuchsbeginn am Abend im Versuchsgefäss an einem offenen Nordfenster Assimilation. Nur ein Gefäss.

Die Kurve lässt vermuten, dass die stärkste Atmung nach $\frac{1}{2}2$ Uhr erfolgt. Der Versuch wurde nach $\frac{1}{2}5$ Uhr morgens nicht fortgesetzt.

Interessant wäre es gewesen, die Atmungskurve bei Material festzustellen, das mehrere Tage lang nachts künstlich beleuchtet und tagsüber verdunkelt worden war. Solche Versuche wurden auch mehrere Male vorbereitet, jedoch überstanden die Spirogyren nicht ein einziges Mal diese mehrtägige Vorbehandlung.

Von allen Versuchen, eine Erklärung für die gesteigerte nächtliche Atmung von Spirogyra zu finden, hat die Annahme am meisten für sich, dass entweder das einfache Streckungswachstum in der Nacht besonders stark ist und dementsprechend die Atmung steigert, oder, dass eine ursächliche Beziehung zu der bei Spirogyra nachts stattfindenden simultanen Kern- und Zellteilung besteht.

Atmungssteigerungen im Zusammenhang mit starken Wachstumsvorgängen sind eine bekannte Tatsache (z. B. Atmung von Keimlingen), so dass man wohl auch für Spirogyra, die sich — wie schon erwähnt — durch sehr üppiges Wachstum auszeichnet, an einen Zusammenhang zwischen Atmungssteigerung und Wachstum denken

könnte. Aus diesem Grunde seien an dieser Stelle einige Bemerkungen über die Vegetationsverhältnisse meiner Spirogyra an ihrem natürlichen Standort gestattet. — In dem Veitshöchheimer Teich war von der sonst bei Spirogyra scharf ausgeprägten Periodizität des Auftretens nichts zu merken, sondern die Algen wuchsen während des ganzen Sommers (April bis Oktober) ununterbrochen massenhaft weiter. Nach *Benecke* (1908) tritt bei Spirogyra Aufhören des Wachstums, verbunden mit Zygotenbildung, aus Mangel an Stickstoffverbindungen ein. Stickstoffmangel soll entweder dadurch entstehen, dass andere Vegetation überwiegt, oder dadurch, dass bei Zunahme von Licht und Wärme der Stickstoff ins Minimum gerät. Der erste Fall trat im Veitshöchheimer Teich bestimmt nicht ein, da er ganz ausserordentlich arm an anderer Vegetation ist, so dass man fast sagen kann, es wächst sonst überhaupt nichts dort — wenn man von einigen ganz jämmerlichen Cladophoraspiuren und ziemlich spärlich vorkommenden einzelligen Organismen (z. B. Diatomeen) absieht. — Die andere Möglichkeit, dass der Stickstoff ins Minimum kommt, scheint auch nicht einzutreten; es bleibt weiteren Untersuchungen vorbehalten, festzustellen, woher der reichliche Gehalt des Teiches an Stickstoffverbindungen rührt. Zu vermuten ist, dass dabei die Exkremente der zahlreichen Schwäne und Fische eine Rolle spielen.

Beobachtungen über das Streckungswachstum der Zellen während der Nacht zeigten übereinstimmend, dass von einem zeitweisen An- und Abschwellen des Wachstums, etwa in der Art wie die Atmungskurve verläuft, nicht die Rede sein kann, dass überhaupt der Längenzuwachs einer einzelnen Zelle während der Nacht nur ganz minimal, zuweilen überhaupt nicht vorhanden ist.

Ich mass während einer Nacht etwa 16 Zellen alle $1\frac{1}{2}$ Std. Die Fäden, denen die Zellen angehörten, lagen in Veitshöchheimer Wasser in kleinen Glasschälchen, und wurden zwischen den Messungen verdunkelt. Der grösste Gesamtzuwachs war z. B. nur von $19,6 \mu$ auf $19,95 \mu$, also nur etwa $\frac{1}{57}$ der Anfangsgrösse, und erfolgte bei jeder Zelle, sofern sie überhaupt wuchs, um eine andere Nachtzeit. Viele wuchsen gar nicht.

Massenmessungen an Material, von dem alle $1\frac{1}{2}$ Std. etwas fixiert worden war, ergaben kein brauchbares Ergebnis, da die Zellen viel zu verschieden lang waren, so dass auch hunderte von Messungen keinen richtigen Durchschnittswert ergaben. Dass aber im Dunkeln Wachstum stattfindet, liess sich an Material feststellen, das 7 Tage in Veitshöchheimer Wasser verdunkelt gestanden hatte, sehr gut aus-

sah und zwei- bis dreimal so lange Zellen hatte als frisches Material. (Zell- und Kernteilungen finden bei länger verdunkeltem Material nicht mehr statt.) — Auffällig war dabei, dass häufig in ein- und demselben Faden abwechselnd eine Zelle stark, und eine schwächer gewachsen war, was nicht nur an der Länge, sondern auch sehr deutlich an der verschiedenen Dichte der Schraubenwindungen des Chlorophyllbandes zu sehen war. Die Erscheinung liess sich auch in anderen Fällen an verdunkeltem Material beobachten und gab (schematisiert) das in Fig. 17 dargestellte Bild:

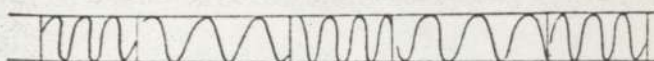


Fig. 17. Schema ungleichartigen Wachstums aufeinanderfolgender Zellen bei Spirogyra.

Da das Streckungswachstum keine Aufklärung zu geben schien, wandte ich meine Aufmerksamkeit der Kern- und Zellteilung zu. Der Gedanke, hier die Ursache der Atmungssteigerung zu suchen, lag um so näher, als es sich bei meiner Spirogyra um eine an ihrem natürlichen Standort vegetativ so ausserordentlich günstig gestellte Alge handelte, dass nachts¹⁾ sicherlich stets unzählige Kern- und Zellteilungen auftraten. Wenigstens lässt sich aus dem erstaunlichen Wachstum gar nichts anderes schliessen. Unter geeigneten Bedingungen fanden sich auch bei den Spirogyren, die ins botanische Institut gebracht worden waren, in der ersten Nacht zahlreiche Teilungen.

Bei den ersten Nachtversuchen war den Kernteilungen keine Aufmerksamkeit zugewandt worden. Doch schon nach kurzer Zeit wurde parallel mit den Nachtversuchen etwa alle $1\frac{1}{2}$ Std. von dem Kontrollmaterial, das in offenen Küvetten im physiologischen Laboratorium oder im angrenzenden Dunkelzimmer stand, etwas fixiert — ohne dass sich mehr als höchstens einmal eine Kernteilung fand. Ganz anders wurde das, als die Küvetten vors Fenster ins Freie gesetzt wurden. Da waren mit einem Schlage zahlreiche Teilungen zu finden. Dieses verschiedene Resultat ist wohl mit Sicherheit auf die schädliche Einwirkung der Laboratoriumsluft zurückzuführen, die in den breiten, offenen Küvetten ungehindert absorbiert werden konnte. In den Versuchsgefässen, die doch in derselben Luft standen, wurden stets, wenn sie darauf untersucht wurden, Kernteilungen nachgewiesen; das ist, da sie ja luftdicht verschlossen waren, auch ganz erklärlich. Übrigens

¹⁾ Am Tage finden Teilungen nicht statt.

waren in ihnen die Kernteilungen nicht so häufig wie in dem in freier Luft stehenden Kontrollmaterial.

Über den Zeitpunkt der Kernteilungen ergab sich aus mehrfachen Beobachtungen durchschnittlich folgendes:

Sie erstrecken sich über eine ganze Anzahl von Stunden und zwar in der Art, dass schon $\frac{1}{2}$ Std. nach Eintritt der Dunkelheit einige frühe Stadien gefunden werden und nach ungefähr $\frac{1}{2}$ 4 Uhr morgens nur noch selten Anfangsstadien auftreten. Von $\frac{1}{2}$ 2— $\frac{1}{2}$ 4 Uhr liegt der Zeitraum, in dem diejenigen Zellen, die sich in der betreffenden Nacht teilen, sämtlich in irgend einem Stadium der Kern- und Zellteilung stehen, und zwar dominiert die letzte Phase der Teilung: das Auseinanderrücken der Tochterkerne und ihre Wanderung in die Mitte der Tochterzellen.

Spirogyren, die schon nachmittags um 4 Uhr verdunkelt wurden, zeigten die ersten Kernteilungen genau um dieselbe Zeit wie diejenigen, die unter normalen Beleuchtungsverhältnissen blieben, deckten sich mit diesen auch in den übrigen Teilungszeiten, nur war bei ihnen die Gesamtzahl der Teilungen bedeutend geringer. Geschah die Verdunklung schon mittags um 12 Uhr, so war die Zahl der Teilungen in der nächsten Nacht ganz gering, um bei Verdunklung morgens um 9 Uhr völlig auszubleiben.

Wie verhalten sich nun dazu unsere Kurven?

Bei den meisten ist die Zeiteinteilung zufällig so gewählt, dass gerade um 3 Uhr ein Teilversuch aufhört und der nächste etwa um 4 Uhr anfängt. Die Hauptkernteilungszeit fällt also mit ihrem Schluss gerade zwischen zwei Versuche. Ihre grössere Hälfte liegt jedoch in dem Teilversuch von 12—3 Uhr, der stets die grösste Atmung zeigt. Bei einem Versuch (41a) lagen die Versuchszeiten anders: von $\frac{1}{2}$ 11 bis $\frac{1}{2}$ 2 Uhr und von $\frac{1}{2}$ 2— $\frac{1}{2}$ 5 Uhr, und hier ist die Atmung von $\frac{1}{2}$ 2 bis $\frac{1}{2}$ 5 Uhr am stärksten, also in einem Zeitraum, der die Zeit der regsten Kernteilung ganz umfasst ($\frac{1}{2}$ 2— $\frac{1}{2}$ 4 Uhr).

Nun zeigen aber auch die Versuche, die schon nachmittags um 4 Uhr oder mittags um 1 Uhr beginnen, die nächtliche Atmungserhöhung, allerdings in geringem Masse. Das ist besonders bei letzteren verwunderlich, da ja bei Spirogyra, die schon mittags verdunkelt wird, nur sehr wenig Teilungen auftreten. Vielleicht lässt sich daraus auf eine gewisse periodische Nachwirkung der nächtlichen Atmungserhöhung schliessen, die durch Dauerversuche ja leider nicht nachweisbar war, aber immerhin vorstellbar wäre.

Um die Frage noch näher zu beleuchten, wurden bei einem Nacht-

versuch durch niedrige Temperatur des Versuchswassers die Kernteilungen unterdrückt. Nach *Strasburger* (1880) genügt dabei eine Temperatur etwas unter $+5^{\circ}\text{C}$.

Versuch 51, 25.—26. Aug. 1915, nachts. (Fig. 18.)

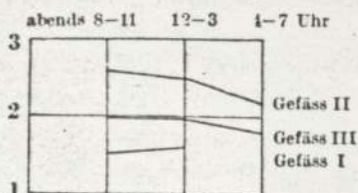


Fig. 18, Versuch 51.
(Erklärung im Text.)

Spirogyra morgens um 8 Uhr aus Veitshöchheim geholt. Den Tag über Assimilation in den Versuchsgefässen an einem Nordfenster. Versuchswasser auf $+4^{\circ}\text{C}$ abgekühlt, während der Teilversuche sank es stets auf $+2^{\circ}\text{C}$. Gefäss I froz fest und zerbrach, daher blieb die Kurve unvollständig. Kernteilungen wurden in dem so behandelten

Material nicht gefunden, wohl aber in dem, das zur Kontrolle während der Nacht draussen vor dem Fenster bei gewöhnlicher Temperatur stand.

Im allgemeinen lässt sich sagen, dass die Kurven von 8—3 Uhr ungefähr auf gleicher Höhe bleiben, und dass darauf ein Sinken eintritt. Von der gewöhnlichen Zunahme der Atmung ist also nichts mehr wahrzunehmen. Naturgemäss ist bei der Tiefe der Temperatur die Atmung herabgedrückt, so dass die Schwankungen nicht so prägnant ausfallen können. Um das möglichst auszugleichen, war sehr viel Versuchsmaterial (15—17 g) verwandt worden.

Ob das Konstantbleiben von 8—3 Uhr auf eine Nachwirkung der normalerweise vorhandenen Atmungserhöhung zurückzuführen ist, oder ob man es einfach als eine Folge der durch die schwache Atmung nur sehr geringen Reduktion der Assimilate ansprechen soll, ist schwer zu sagen. Mir scheint das letztere fast wahrscheinlich. Sicher ist jedenfalls, dass eine so kräftige Atmungserhöhung, wie sie bei der Anwesenheit von Kernteilungen stets beobachtet wurde, sich auch in dieser Kurve widergespiegelt haben müsste, zumal die Abnahme der Assimilate bei der tiefen Temperatur bedeutend langsamer geschieht.

Nach *Strasburger* (1880) treten, wenn die *Spirogyren* aus der tiefen wieder in die höhere Temperatur kommen, zahlreiche Kernteilungen auf. Leider lässt sich dieser künstlich verursachte Eintritt der Kernteilungen nicht dazu verwerten, den Zusammenhang zwischen Atmungsstärke und Kernteilung zu untersuchen, da ja durch Temperatursteigerung die Atmung an sich sehr wesentlich gesteigert wird.

Es gibt also eine ganze Reihe von Argumenten, die dafür sprechen, dass die nächtliche Atmungssteigerung bei *Spirogyra* mit der Kern-

und Zellteilung zusammenhängt, zumal die Zahl der Teilungen infolge des starken vegetativen Wachstums sehr gross ist: 1. Die Hauptzeit der Teilungen deckt sich mit der Hauptzeit der Atmungserhöhung. 2. Unterdrückung der Teilungen durch tiefe Temperatur lässt auch die Atmungserhöhung nicht hervortreten. 3. *Cladophora*, die andere Kern- und Zellteilungsverhältnisse hat, zeigt die Atmungserhöhung nicht.

Zusammenfassung.

Für verschiedene submerse Wasserpflanzen wurde die Lichtintensität festgestellt, bei welcher die Assimilation der Atmung gerade das Gleichgewicht hält, also kein Gasaustausch stattfindet (Kompensationspunkt).

Submerse Wasserpflanzen mit Interzellularsystem wurden mit der Blasenählmethode untersucht, solche ohne Interzellularen durch Feststellung des Gasgehaltes des Versuchswassers auf titrimetrischem Wege. (*Winkler*.)

Es ergab sich für jede Pflanzenspezies eine andere Lage des Kompensationspunktes (2—400 Kerzen bei Zimmertemperatur). Gesetzmässigkeiten, sowie biologische Bedeutung dieses verschiedenen Verhaltens liessen sich nicht erkennen.

Die Lage des Kompensationspunktes ändert sich mit der Temperatur, und zwar derart, dass die Pflanzen bei niedriger Temperatur weniger Licht gebrauchen, um mit Stoff- und Energiegewinn zu assimilieren, als bei höherer.

Die Lichtintensität, die man anwenden muss, um die Atmung zu kompensieren, nimmt mit steigender Temperatur schneller zu als die Atmung. Ein Anhaltspunkt dafür, dass die Atmung durch geringe Lichtintensitäten gesteigert wird, wurde nicht gefunden.

Die Atmung der untersuchten Pflanzen sinkt nach Verdunklung mindestens in den ersten 8—24 Std. dauernd — auch während der Nacht.

Spirogyra macht insofern eine Ausnahme, als ihre Atmung in der ersten Nacht nach der Verdunklung steigt. Mit grosser Wahrscheinlichkeit ist diese nächtliche Atmungssteigerung in Zusammenhang mit der nachts stattfindenden simultanen Kern- und Zellteilung zu bringen.

Die vorliegende Arbeit ist im botanischen Institut der Universität Würzburg entstanden auf Anregung von Herrn Professor Dr. *Kniep*, dem ich für seine vielseitige Unterstützung herzlich danke.

Literatur.

- Benecke, W.*, Über die Giftwirkung verschiedener Salze auf *Spirogyra* und ihre Entgiftung durch Kalziumsalze. Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1907, 25, 322.
- Mechanismus und Biologie des Zerfalles der Konjugatenfäden. Jahrb. f. wiss. Bot. 1898, 32, 453.
- Über die Ursachen der Periodizität-im Auftreten der Algen auf Grund von Versuchen über die Bedingungen der Zygotenbildung bei *Spirogyra communis*. Intern. Revue d. gesamten Hydrobiol. u. Hydrograph. 1908, 1, 533.
- Engelmann, W.*, Die Purpurbakterien und ihre Beziehungen zum Lichte. Bot. Ztg. 1888, 46, 718.
- Ewart, A. J.*, On assimilatory inhibition in plants. Journ. of the Linnean Soc. Botany. 1895—1897, 31, 364—461; 554—576.
- Harder, R.*, Beiträge zur Kenntnis des Gaswechsels der Meeresalgen. Jahrb. f. wiss. Bot. 1915, 56, 254.
- Hoyt, W. D.*, Some toxic and antitoxic effects in cultures of *Spirogyra*. Bull. of the Torrey Bot. Club, 1913, 40, 333—360.
- Jost, L.*, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. 3. Aufl. 1913.
- Klebs, G.*, Die Bedingungen der Fortpflanzung bei einigen Algen und Pilzen. 1896, 228 u. 233.
- Über das Treiben einheimischer Bäume, speziell der Buche. Abhandl. d. Heidelberger Akad. d. Wiss., math.-naturw. Kl., 1914, 3. Abhandl.
- Kniep, H.*, Über die Assimilation und Atmung der Meeresalgen. Internat. Rev. d. gesamten Hydrobiol. u. Hydrograph. 1914, 7.
- Über den Gasaustausch der Wasserpflanzen (ein Beitrag zur Kritik der Blasen-zählmethode.) Jahrb. f. wiss. Bot. 1915, 56, 459.
- Kylin, H.*, Einige Versuche über die Atmung der Meeresalgen. Arch. f. Bot. 1911, 11.
- Lubimenko, W.*, La concentration du pigment vert et l'assimilation chlorophyllienne. Rev. gén. bot. 1909, 20.
- Marbe, K.*, Tatsachen und Theorien des *Talbot'schen* Gesetzes. Arch. f. d. gesamte Physiol. (Pflüger). 1903, 97, 335.
- Matthaei, G.*, On the effect of temperature on carbondioxide assimilation. Philos. transactions 1904, 197.
- Mayer, Ad.*, Über die Atmungsintensität von Schattenpflanzen. Landwirtschaftliche Versuchsstationen 1892, 40, 212.
- Meyer, A. und Deleano, N.*, Die periodischen Tag- und Nachtschwankungen der Atmungsgrösse im Dunkeln befindlicher Laubblätter und deren vermutliche Beziehung zur Kohlensäureassimilation. I. Zeitschr. f. Bot. 1911, 657.
- Dasselbe II. Zeitschr. f. Bot. 1913, 5, 209.
- Nägeli, C. v.*, Über oligodynamische Erscheinungen in lebenden Zellen. Denkschr. d. Schweiz. Naturf.-Ges. 1893.
- Nathansohn, A., und Pringsheim, E.*, Über die Summation intermittierender Lichtreize. Jahrb. f. wiss. Bot. 1908, 45, 180.
- Pantanelli, E.*, Die Atmung der Meeresalgen. Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1914, 32, 488.
- Über den Stoffwechsel bei der Atmung von Meeresalgen. Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1914, 32, 547.
- Pfeffer, W.*, Pflanzenphysiologie I. 2. Aufl. 1897, 342.

Richter, A. v., Farbe und Assimilation. Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1912, 30, 280.
Strasburger, E., Zellbildung und Zellteilung. 2. Aufl., 1876, 57 und 3. Aufl. 1880, 171—172.

Weber, C. A., Über spezifische Assimilationsenergie. Diss. Würzburg 1879, 27 ff.
 Siehe auch Arbeiten d. bot. Inst. in Würzburg 1882, 2, 346—352.

Willstätter, R. und Stoll, A., Untersuchungen über die Assimilation der Kohlensäure (erste vorläufige Mitteilung: Über die Beziehungen zwischen Chlorophyllgehalt und assimilatorischer Leistung der Blätter). Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1915, 48, 1540.

Versuchsprotokolle¹⁾.

Versuch 48. *Cladophora*. 20. August 1915.

		Dauer	Temp. des Versuchswassers	Titer vor Versuch	Titer nach Versuch	Veränderung im O ₂ -Gehalt
Gefäss I	dunkel	8 ⁰⁰ —10 ³⁰ Uhr vorm.	+ 21,5 ⁰	24,05	17,25	-6,82
				24,05	17,21	
		10 ³³ —1 ⁰³ Uhr			23,98	17,7
				23,96	17,68	
		2 ⁰⁵ —4 ³⁵ Uhr		23,82	17,98	-5,62
				23,8	17,99	
Gefäss II		8 ⁰⁵ —10 ³⁵ Uhr vorm.		24,05	18,03	-6,00
				24,05	18,06	
		10 ³⁷ —1 ¹² Uhr			23,98	18,62
				23,96	18,52	
		2 ⁰⁷ —4 ³⁷ Uhr		23,82	18,82	-4,98
				23,8	18,84	
Gefäss III		8 ¹⁰ —10 ¹⁰ Uhr vorm.		24,05	17,12	-6,94
				24,05	17,1	
		10 ⁴⁴ —1 ¹⁴ Uhr			23,98	17,62
				23,96	17,66	
		2 ¹¹ —4 ⁴¹ Uhr		23,82	17,88	-5,92
				23,8	17,89	

¹⁾ Es sind hier nur die Protokolle derjenigen Versuche angegeben, deren Ergebnis im Text als Kurve dargestellt ist.

Versuch II. Spirogyra. 1. Mai 1915.

		Dauer	Temp. des Versuchswassers	Titer vor Versuch	Titer nach Versuch	Veränderung im O ₂ -Gehalt
Gefäß I	dunkel	6 ³⁰ —9 ³⁰ Uhr vorm.	+20,0°	22,66 22,67	6,45 6,45	-16,21
		10 ²⁵ —1 ²⁵ Uhr	+20,05°	22,69 22,69	8,7 8,69	-13,99
		2 ¹⁰ —5 ¹⁰ Uhr	+20,0°	22,6 22,62	8,45 8,43	-14,17
Gefäß II		6 ²⁸ —9 ²⁸ Uhr vorm.	+20,5°	22,66 22,67	9,4 9,8	-13,26
		10 ²⁵ —1 ²⁵ Uhr	+20,05°	22,69 22,69	11,2 11,3	-11,39
		2 ¹³ —5 ¹³ Uhr	+20,0°	22,6 22,62	13,00 12,84	-9,69
Gefäß III		6 ¹⁸ —9 ¹⁸ Uhr vorm.	+20,0°	22,66 22,67	12,41 12,41	-10,25
		10 ¹⁰ —1 ¹⁰ Uhr	+20,05°	22,69 22,69	14,25 14,2	-8,46
		2 ²⁸ —5 ²⁸ Uhr	+20,05°	22,6 22,62	16,32 16,32	-6,29

Versuch 14. Spirogyra. 4. Mai 1915.

		Dauer	Temp. des Versuchswassers	Titer vor Versuch	Titer nach Versuch	Veränderung im O ₂ -Gehalt
Gefäß I	dunkel	7 ⁰⁰ —10 ⁰⁰ Uhr vorm.	+18°	23,7 23,71	22,79 22,79	-0,92
		10 ³⁰ —1 ³⁰ Uhr	+17,9°	23,65 23,65	23,1 23,11	-0,54
Gefäß II		7 ⁰⁵ —10 ⁰⁵ Uhr vorm.	+18°	23,7 23,71	22,7 22,71	-1,00
		10 ²⁵ —1 ²⁵ Uhr	+17,9°	23,65 23,65	23,16 23,17	-0,48
Gefäß III		7 ¹⁰ —10 ¹⁰ Uhr vorm.	+18°	23,7 23,71	22,66 22,65	-1,05
		10 ¹⁰ —1 ¹⁰ Uhr	+17,9°	23,65 23,65	23,17 23,18	-0,47

Versuch 47. Cladophora. 17.—18. August 1915.

		Dauer	Temp. des Versuchswassers	Titer vor Versuch	Titer nach Versuch	Veränderung im O ₂ -Gehalt
Gefäss I	dunkel	7 ⁴⁵ —11 Uhr abends	+19,4°	20,54 20,6	14,73 14,7	-5,83
		12 ⁰⁰ —3 ¹⁵ Uhr		19,82 19,8	14,58 14,58	-5,23
		3 ⁴⁵ —7 ⁰⁰ Uhr		29,7 19,7	15,5 15,57	-4,44
Gefäss II		7 ⁴⁵ —11 ⁰³ Uhr abends		20,54 20,6	10,62 10,62	-9,93
		12 ⁰³ —3 ¹⁵ Uhr		19,82 19,8	10,30 10,32	-9,5
		3 ⁴⁵ —7 ⁰³ Uhr		19,7 19,7	11,6 11,6	-8,10
Gefäss III		7 ⁵⁰ —11 ¹⁰ Uhr abends		20,54 20,6	14,44 14,44	-6,11
		12 ⁰⁴ —3 ²¹ Uhr		19,82 19,8	14,48 14,48	-5,33
		3 ⁵² —7 ⁰⁷ Uhr		19,7 19,7	15,6 15,68	-4,0

Versuch 38. Spirogyra. 10.—11. Juni 1915.

		Dauer	Temp. des Versuchswassers	Titer vor Versuch	Titer nach Versuch	Veränderung im O ₂ -Gehalt
Gefäss I	dunkel	8 ⁰⁰ —11 ⁰⁰ Uhr abends	+23°	20,28 20,3	10,9 10,91	-9,38
		12 ⁰⁰ —3 ⁰⁰ Uhr		20,16 20,19	9,4 9,41	-10,79
		4 ⁰⁰ —7 ⁰⁰ Uhr		20,15 20,15	11,7 11,69	-8,45
		8 ⁰⁰ —11 ⁰⁰ Uhr		20,14 20,15	12,2 12,2	-7,95
		12 ⁰⁰ mittags bis 3 ⁰⁰ Uhr		20,36 20,38	13,13 13,15	-7,23

		Dauer	Temp. des Versuchswassers	Titer vor Versuch	Titer nach Versuch	Veränderung im O ₂ -Gehalt
Gefäss II	dunkel	8 ⁰⁵ —11 ⁰⁵ Uhr abends	+23 ⁰	20,28 20,3	10,38 10,39	-9,90
		12 ⁰⁵ —3 ⁰⁵ Uhr		20,16 20,19	7,24 7,23	-12,94
		4 ⁰⁵ —7 ⁰⁵ Uhr		20,15 20,15	9,00 9,00	-11,15
		8 ⁰⁵ —11 ⁰⁵ Uhr		20,14 20,15	9,83 9,82	-10,32
		12 ⁰⁵ mittags bis 3 ⁰⁵ Uhr		20,36 20,38	11,68 11,69	-8,68
Gefäss III		8 ¹⁰ —11 ¹⁰ Uhr abends		20,23 20,3	11,99 11,98	-8,30
		12 ¹⁰ —3 ¹⁰ Uhr		20,16 20,19	9,98 10,00	-10,19
		4 ¹⁰ —7 ¹⁰ Uhr		20,15 20,15	11,78 11,8	-8,36
		8 ¹⁰ —11 ¹⁰ Uhr		20,14 20,15	12,42 12,41	-7,73
		12 ¹⁰ mittags bis 3 ¹⁰ Uhr		20,36 20,38	13,57 13,58	-6,79

Versuch 17. Spirogyra. 13.—14. Mai 1915.

		Dauer	Temp. des Versuchswassers	Titer vor Versuch	Titer nach Versuch	Veränderung im O ₂ -Gehalt
Gefäss I	dunkel	5 ¹⁵ —8 ¹⁵ Uhr abends	+18,5 ⁰	23,01 23,0	21,02 21,03	-2,08
		8 ³⁰ —11 ³⁰ Uhr		23,49 23,5	21,56 21,58	-1,92
		11 ⁵⁵ —2 ⁵⁵ Uhr	+18,7 ⁰	23,41 23,41	21,37 21,37	-2,04
		4 ⁰⁷ —7 ⁰⁷ Uhr	+18,65 ⁰	23,26 23,26	22,00 22,00	-1,26
		8 ¹⁵ —11 ¹⁵ Uhr	+18,9 ⁰	23,3 23,3	21,96 21,95	-1,34
		11 ⁴⁰ mittags bis 2 ⁴⁰ Uhr	+18,4 ⁰	23,69 23,7	21,9 21,89	-1,70

		Dauer	Temp. des Versuchswassers	Titer vor Versuch	Titer nach Versuch	Veränderung im O ₂ -Gehalt
Gefäß II	dunkel	5 ²⁰ —8 ²⁰ Uhr abends	+ 18,5 ⁰	23,01 23,0	21,89 21,9	-1,21
		8 ⁴⁰ —11 ⁴⁰ Uhr		23,49 23,5	22,52 22,51	-0,98
		12 ⁰⁵ —3 ⁰⁵ Uhr	+ 18,7 ⁰	23,41 23,41	21,84 21,85	-1,56
		4 ¹⁵ —7 ¹⁵ Uhr	+ 18,65 ⁰	23,26 23,26	22,5 22,49	-0,76
		8 ²⁵ —11 ²⁵ Uhr	+ 18,90 ⁰	23,3 23,3	22,4 22,4	-0,9
		11 ⁵⁰ mittags bis 2 ⁵⁰ Uhr	+ 18,4 ⁰	23,69 23,7	22,32 22,3	-1,38
Gefäß III	dunkel	5 ⁴⁵ —8 ²⁵ Uhr abends	+ 18,5 ⁰	23,01 23,0	22,06 22,05	-1,05
		8 ⁴⁵ —11 ⁴⁵ Uhr		23,49 23,5	22,48 22,49	-1,01
		12 ¹⁵ —3 ¹⁵ Uhr	+ 18,7 ⁰	23,41 23,41	22,05 22,07	-1,34
		4 ²⁵ —7 ²⁵ Uhr	+ 18,65 ⁰	23,26 23,26	22,65 22,65	-0,61
		8 ³⁵ —11 ³⁵ Uhr	+ 18,9 ⁰	23,3 23,3	22,5 22,5	-0,8
		12 ⁰⁰ mittags bis 3 ⁰⁰ Uhr	+ 18,4 ⁰	23,69 23,7	22,68 22,69	-1,01

Versuch 20. Spirogyra. 25.—26. Mai 1915.

		Dauer	Temp. des Versuchswassers	Titer vor Versuch	Titer nach Versuch	Veränderung im O ₂ -Gehalt
Gefäß I	dunkel	4 ³⁸ —7 ²⁸ Uhr abends	+ 18,99 ⁰	20,5 20,6	15,93 15,93	-4,57
		7 ⁵⁵ —10 ⁵⁵ Uhr		20,15 20,16	15,88 15,85	-4,27
		12 ⁰⁰ —3 ⁰⁰ Uhr	+ 19,4 ⁰	24,89 24,9	19,85 19,84	-5,04
		3 ⁴⁵ —6 ⁴⁵ Uhr		23,9 23,9	19,6 19,58	-4,32
		7 ⁵⁰ —10 ⁵⁰ Uhr	+ 19,35 ⁰	23,2 23,21	18,80 18,81	-4,4
		11 ⁵⁰ mittags bis 2 ⁵⁰ Uhr	+ 19,3 ⁰	22,64 22,65	17,92 17,91	-4,73

		Dauer	Temp. des Versuchswassers	Titer vor Versuch	Titer nach Versuch	Veränderung im O ₂ -Gehalt
Gefäss II	dunkel	4 ⁴⁷ —7 ⁴⁷ Uhr abends	+18,99°	20,5 20,6	16,93 16,93	-3,57
		8 ⁰⁷ —11 ⁰⁷ Uhr		20,15 20,16	17,01 17,00	-3,14
		12 ⁰⁵ —3 ⁰⁵ Uhr	+19,4°	24,89 24,9	21,31 21,32	-3,57
		3 ⁵⁰ —6 ⁵⁰ Uhr		23,9 23,9	20,8 20,91	-3,1
		7 ⁵⁵ —10 ⁵⁵ Uhr	+19,35°	23,2 23,21	19,99 20,00	-3,2
		11 ⁵⁵ mittags bis 2 ⁵⁵ Uhr	+19,3°	22,64 22,65	19,35 19,34	-3,3
Gefäss III	dunkel	4 ⁵⁴ —7 ⁵⁴ Uhr abends	+18,99°	20,5 20,6	16,85 16,86	-3,65
		8 ¹⁴ —11 ¹⁴ Uhr		20,15 20,16	16,83 16,84	-3,32
		12 ¹⁰ —3 ¹⁰ Uhr	+19,4°	24,89 24,9	21,23 21,23	-3,66
		3 ⁵⁵ —6 ⁵⁵ Uhr		23,9 23,9	20,8 20,8	-3,11
		8 ⁰⁰ —11 ⁰⁰ Uhr	+19,35°	23,2 23,21	19,89 19,88	-3,3
		12 ⁰⁰ mittags bis 3 ⁰⁰ Uhr	+19,3°	22,64 22,65	19,3 19,31	-3,32

Versuch 21. Spirogyra. 30.—31. Mai 1915.

		Dauer	Temp. des Versuchswassers	Titer vor Versuch	Titer nach Versuch	Veränderung im O ₂ -Gehalt
Gefäss I	dunkel	8 ⁰⁰ —11 ⁰⁰ Uhr abends	+18,75°	20,2 20,22	16,22 16,23	-3,99
		11 ⁴⁵ —2 ⁴⁵ Uhr	+18,8°	20,56 20,55	15,9 15,9	-4,65
		3 ⁴⁵ —6 ⁴⁵ Uhr	+18,9°	20,2 20,21	15,82 15,83	-4,38
		7 ⁴⁵ —10 ⁴⁵ Uhr	+19,0°	20,28	16,32 16,32	-3,96
		11 ⁴⁵ mittags bis 2 ⁴⁵ Uhr		20,19 20,19	16,4 16,41	-3,79

		Dauer	Temp. des Versuchswassers	Titer vor Versuch	Titer nach Versuch	Veränderung im O ₂ -Gehalt
Gefäss II	dunkel	8 ⁰⁵ —11 ⁰⁵ Uhr abends	+18,75°	20,2 20,22	16,95 16,95	—3,26
		11 ⁵² —2 ⁵² Uhr	+18,8°	20,56 20,55	16,7 16,69	—3,85
		3 ⁵² —6 ⁵² Uhr	+18,9°	20,2 20,21	16,89 16,99	—3,21
		7 ⁵⁴ —10 ⁵⁴ Uhr	+19,0°	20,28	17,25 17,24	—3,03
		11 ⁵² mittags bis 2 ⁵² Uhr		20,19 20,19	17,28 17,27	—2,91
Gefäss III		8 ¹⁰ —11 ¹⁰ Uhr abends	+18,75°	20,2 20,22	17,78 17,78	—2,43
		12 ⁰⁰ —3 ⁰⁰ Uhr	+18,8°	20,56 20,55	17,8 17,8	2,75
		4 ⁰⁰ —7 ⁰⁰ Uhr	+18,9°	20,2 20,21	17,85 17,86	2,35
		8 ⁰³ —11 ⁰³ Uhr	+19,0°	20,28	18,09 18,09	2,21
		12 ⁰⁰ mittags bis 3 ⁰⁰ Uhr		20,91 20,91	18,16 18,15	2,03

Versuch 40. 20.—21. Juli 1915.

		Dauer	Temp. des Versuchswassers	Titer vor Versuch	Titer nach Versuch	Veränderung im O ₂ -Gehalt
Gefäss I	dunkel	1 ⁰⁰ —4 ⁰⁰ Uhr nachm.	+20°	19,81 19,8	11,7 11,68	—8,12
		4 ⁴⁵ —7 ⁴⁵ Uhr		20,23 20,30	12,78 12,75	—7,52
		8 ¹⁵ —11 ¹⁵ Uhr		20,3 20,29	13,68 13,65	—6,63
		12 ⁰⁰ —3 ⁰⁰ Uhr		19,65 19,67	12,35 12,31	—7,33
		3 ⁴⁵ —6 ⁴⁵ Uhr		19,65	14,08	—5,57

		Dauer	Temp. des Versuchswassers	Titer vor Versuch	Titer nach Versuch	Veränderung im O ₂ -Gehalt
Gefäss II	dunkel	1 ⁰⁵ —4 ⁰⁵ Uhr nachm.	+20°	19,81 19,8	13,09 13,12	—6,70
		4 ⁵⁰ —7 ⁵⁰ Uhr		20,28 20,30	14,85 14,83	—5,45
		8 ²⁰ —11 ²⁰ Uhr		20,3 20,29	15,15 15,15	—5,15
		12 ⁰⁵ —3 ⁰⁵ Uhr		19,65 19,67	14,0 14,0	—5,66
		3 ⁵⁰ —6 ⁵⁰ Uhr		19,65	15,1	—4,65
Gefäss III		1 ¹⁰ —4 ¹⁰ Uhr nachm.		19,81 19,8	11,83 11,82	—7,98
		4 ⁵⁵ —7 ⁵⁵ Uhr		20,28 23,30	10,95 11,00	—9,31
		8 ²⁵ —11 ²⁵ Uhr		20,3 20,29	10,32 10,33	—9,97
		12 ¹⁰ —3 ¹⁰ Uhr		19,65 19,67	10,95 10,97	—8,70
		3 ⁵⁵ —6 ⁵⁵ Uhr		19,65	13,6	—6,05

Versuch 39. Spirogyra. 16.—17. Juli 1915.

		Dauer	Temp. des Versuchswassers	Titer vor Versuch	Titer nach Versuch	Veränderung im O ₂ -Gehalt
Gefäss I	dunkel	1 ⁰⁰ —4 ⁰⁰ Uhr nachm.	+20°	19,2 19,3	10,0 10,0	* —9,3
		5 ⁰⁰ —8 ⁰⁰ Uhr		20,25 20,27	12,98 13,05	—7,25
		8 ³⁰ —11 ³⁰ Uhr		20,3 20,28	14,15 14,15	—6,14
		12 ⁰⁰ —3 ⁰⁰ Uhr		20,28 20,26	15,10 15,12	—5,16
		4 ⁰⁰ —7 ⁰⁰ Uhr		20,29 20,27	15,34 15,37	—4,93

		Dauer	Temp. des Versuchswassers	Titer vor Versuch	Titer nach Versuch	Veränderung im O ₂ -Gehalt	
Gefäss II	dunkel	1 ⁰⁵ —4 ⁰⁵ Uhr nachm.	+ 20 ⁰	19,2	12,30	-6,01	
				19,3	12,28		
		5 ⁰⁵ —8 ⁰⁵ Uhr		20,25 20,27	14,9 14,89	-5,36	
		8 ³⁵ —11 ³⁵ Uhr		20,3 20,28	15,7 15,7	-4,59	
		12 ⁰⁵ —3 ⁰⁵ Uhr		20,28 20,26	15,8 15,8	-4,47	
		4 ⁰⁵ —7 ⁰⁵ Uhr		20,29 20,27	15,9 15,91	-4,37	
	Gefäss III		1 ¹⁰ —4 ¹⁰ Uhr nachm.		19,2	7,94	-11,35
					19,3	7,95	
			5 ¹⁰ —8 ¹⁰ Uhr		20,25 20,27	11,45 11,46	-8,80
			8 ¹⁰ —11 ⁴⁰ Uhr		20,3 20,28	12,83 12,83	-7,46
		12 ¹⁰ —3 ¹⁰ Uhr		20,28 20,26	13,55 13,54	-6,72	
		4 ¹⁰ —7 ¹⁰ Uhr		20,29 20,27	14,42 14,42	-5,68	

Versuch 44. Spirogyra. 5. - 7. August 1915.

		Dauer	Temp. des Versuchswassers	Titer vor Versuch	Titer nach Versuch	Veränderung im O ₂ -Gehalt
Gefäss I	dunkel	8 ¹⁰ —11 ²⁵ Uhr abends	+ 19,5 ⁰	23,68	15,93	-7,72
				23,68	16,00	
		12 ⁰⁰ —3 ¹⁵ Uhr		23,79 23,74	15,0 15,1	-8,67
		4 ⁰⁰ —7 ¹⁵ Uhr		23,64	16,7 16,68	-6,95
		8 ¹⁵ —11 ³⁰ Uhr		23,09 23,08	18,0 17,95	-5,08
		12 ⁴⁰ mittags bis 3 ⁵⁵ Uhr		23,0 23,02	18,72 18,75	-4,27
		5 ⁰⁰ —8 ¹⁵ Uhr abends		22,82 22,78	18,75 18,75	-4,05
		8 ²⁰ —11 ³⁵ Uhr		22,4 22,38	18,05 18,98	-4,37
		12 ⁰⁰ —3 ¹⁵ Uhr		22,4 22,44	18,08 18,01	-4,33
		4 ⁰⁰ —7 ¹⁵ Uhr		22,04 22,06	17,2 17,24	-4,83

		Dauer	Temp. des Versuchswassers	Titer vor Versuch	Titer nach Versuch	Veränderung im O ₂ -Gehalt	
Gefäß II	dunkel	8 ¹⁵ —11 ³⁰ Uhr abends	+ 19,5°	23,68	15,65	—8,02	
				23,68	15,67		
			12 ⁰⁵ —3 ²⁰ Uhr		23,79	15,05	—8,77
			4 ⁰⁵ —7 ²⁰ Uhr		23,74	14,95	
			8 ²⁰ —11 ³⁵ Uhr		23,64	16,58	—6,07
					23,09	17,85	—5,22
					23,08	17,88	
			12 ⁴⁵ mittags bis 4 ⁰⁰ Uhr		23,0	18,35	—4,69
					23,02	18,29	
			5 ⁰⁶ —8 ²¹ Uhr abends		22,82	18,4	—3,41
				22,78	18,38		
		8 ²⁵ —11 ⁴⁰ Uhr		22,4	17,98	—4,43	
				22,38	17,94		
		12 ⁰⁵ —3 ²⁰ Uhr		22,4	18,08	—4,83	
				22,44	18,1		
		4 ⁰⁵ —7 ²⁰ Uhr		22,04	16,80	—5,28	
				22,06	16,74		
Gefäß III		8 ²⁰ —11 ³⁵ Uhr abends		23,68	15,65	—8,04	
				23,68	15,63		
		12 ¹⁰ —3 ²⁵ Uhr		23,79	15,2	—8,55	
				23,74	25,24		
		4 ¹⁰ —7 ²⁵ Uhr		23,64	16,32	—7,33	
					16,3		
		8 ²⁵ —11 ⁴⁰ Uhr		23,09	17,8	—5,31	
				23,08	17,76		
		12 ⁵⁰ mittags bis 4 ⁰⁵ Uhr		23,0	18,75	—4,26	
				23,02	18,74		
	5 ⁰⁸ —8 ²³ Uhr abends		22,82	18,8	—4,00		
			22,78	18,8			
	8 ³⁰ —11 ⁵⁰ Uhr		22,4	18,13	—4,27		
			22,38	18,10			
	12 ¹⁰ —3 ²⁵ Uhr		22,4	17,95	—4,47		
			22,44	17,95			
	4 ¹⁰ —7 ²⁵ Uhr		22,04	17,46	—4,69		
			22,06	17,46			

Versuch 41. Spirogyra. 23.—24. Juli 1915.

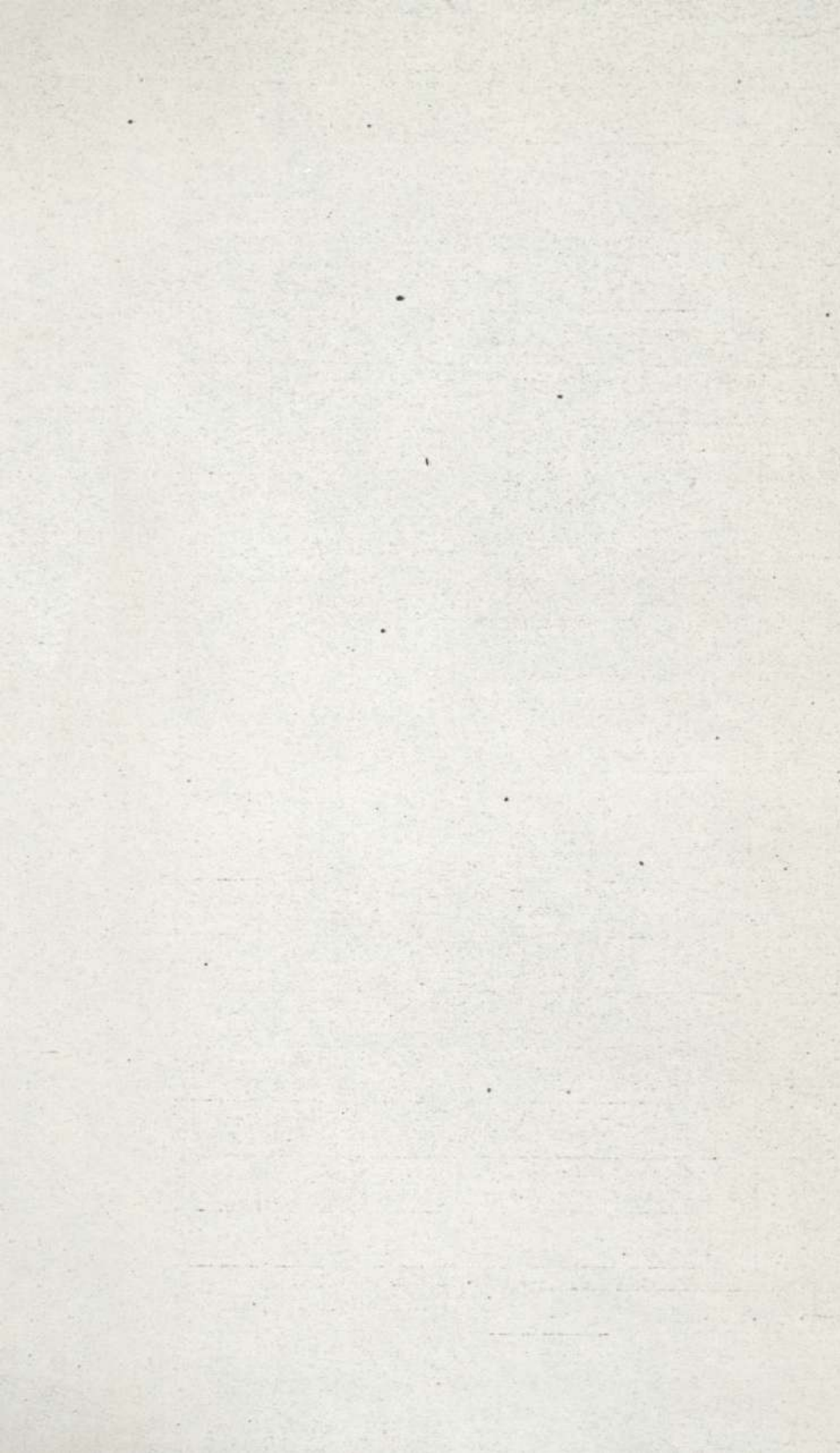
		Dauer	Temp. des Versuchswassers	Titer vor Versuch	Titer nach Versuch	Veränderung im O ₂ -Gehalt
Gefäss I	dunkel	8 ¹⁵ —11 ¹⁵ Uhr abends	+20,5°	19,22 19,23	14,28 14,25	—4,96
		11 ⁵⁰ —2 ⁵⁰ Uhr		19,25 19,28	14,5 14,46	—4,79
		3 ⁴⁵ —6 ⁴⁵ Uhr		19,95 19,95	15,25 15,27	—4,69
Gefäss II		8 ³⁰ —11 ³⁰ Uhr abends		19,22 19,23	13,68 13,7	—5,54
		11 ⁵⁵ —2 ⁵⁵ Uhr		19,25 19,28	13,73 13,72	—5,54
		3 ⁵⁰ —6 ⁵⁰ Uhr		19,95 19,95	14,49 14,49	—5,46



Versuch 41a. Spirogyra. 23.—24. Juli 1915.

Gefäss III		7 ¹⁵ —10 ¹⁵ Uhr abends		19,22 19,23	12,5 12,5	—6,73
		10 ²⁵ —1 ²⁵ Uhr		19,25 19,28	12,2 12,2	—7,07
		1 ³⁰ —4 ³⁰ Uhr		19,95 19,95	12,55 12,54	—7,4

Versuch 51. Spirogyra. 25.—26. August 1915.

		Dauer	Temp. des Versuchswassers	Titer vor Versuch	Titer nach Versuch	Veränderung im O ₂ -Gehalt
Gefäss I	dunkel	8 ¹⁵ —11 ¹⁵ Uhr abends	+4 bis +2°	27,18 27,15	25,65 25,65	1,52
		11 ⁵⁵ —2 ⁵⁵ Uhr	+4 bis +1,9°	27,06 27,06	25,42 25,46	1,62
		3 ⁴⁰ —6 ⁴⁰ Uhr	+4,1 bis +2°	27,18 27,2	—	—
Gefäss II		8 ³⁰ —11 ³⁰ Uhr abends	+4 bis +2°	27,18 27,15	24,59 24,6	2,57
		12 ⁰⁰ —3 ⁰⁰ Uhr	+4 bis +1,9	27,06 27,06	24,57 24,56	2,49
		3 ⁴⁵ —6 ⁴⁵ Uhr	+4,1 bis +2°	27,18 27,2	24,96 24,98	2,22
Gefäss III		8 ³⁵ —11 ³⁵ Uhr abends	+4 bis +2°	27,18 27,15	25,3 25,22	1,96
		12 ⁰⁵ —3 ⁰⁵ Uhr	+4 bis +1,9°	27,06 27,06	25,0 25,1	1,96
		3 ⁵⁰ —6 ⁵⁰ Uhr	+4,1 bis +2°	27,18 27,2	25,4 25,4	1,70







VERHANDLUNGEN
DER
PHYSIKALISCH-MEDICINISCHEN GESELLSCHAFT
ZU
WÜRZBURG.

N. F. BAND 45.

N^o 3.





ÜBER DIE
EIBILDUNG BEI BONELLIA VIRIDIS.

VON
F. BALTZER.

MIT 1 TAFEL.

WÜRZBURG.
CURT KABITZSCH VERLAG.
1917.



Jede Nummer ist als Separatabdruck auch einzeln käuflich.



Botanische Arbeiten

aus den

„Verhandl.“ u. „Sitzungsberichten“ der Physik.-med. Gesellschaft

Die Flora des Rhöngebirges.

Von M. Goldschmidt-Geisa.

- I. Folge. 2. Aufl. Preis M. 1.—.
II. Folge. Preis M. —.60. III. Folge. Preis M. 1.—.
IV. Folge. Preis M. 1.—. V. Folge. Preis M. —.80.
VI. Folge. Preis M. 1.20. VII. Folge. Preis M. 1.—.
VIII. Folge. Preis M. 1.—.

Beiträge

zur

Kenntnis der Kallus- und Wundholzbildung geringelter Zweige und deren histologischen Veränderungen.

Von Dr. phil. Aug. Krieg.

Mit 25 Tafeln. — Preis M. 12.—.

Aus der

Pflanzenwelt Unterfrankens.

Herausgegeben von

Prof. Dr. Gregor Kraus.

- Heft 1: Johann Michael Fehr und die Grettstadter Wiesen. Von
Gr. Kraus. Preis M. 1.50
2: Über den Bau der Schlehkrüppel. Von Fr. Bott. Preis M. 1.—
3: Anpassung der Zwergpflanzen des Würzburger Wellenkalkes
nach Blattgrösse und Spaltöffnungen. Von E. Lippold. Preis M. 1.50
4: Anemometrisches vom Krainberg bei Gambach. Mit 4 Tafeln.
— Schlussworte zu Fehrs „Tempe“. Von Gr. Kraus. Preis M. 2.—
5: Über Alter und Dickenwachstum von Würzburger Wellen-
kalkpflanzen. Von Fr. Kanngieser. Preis M. 1.20
6: Über den Nanismus unserer Wellenkalkpflanzen. Von Gregor
Kraus. Mit 1 Tafel. Preis M. 1.50
7: *Vicia Orobus* DC. und ihre Heterotrichie. Von Gregor Kraus. Mit
2 Tafeln. Preis M. 1.—
8: Die *Sesleria*-Halde. Von Gregor Kraus. Mit 2 Tafeln. Preis M. 1.—
9: Die Anatomie einiger Gramineenwurzeln des Würzburger
Wellenkalkes. Von Franz Contzen. Preis M. 2.40
10: Erfahrungen über Boden und Klima auf dem Wellenkalk.
Preis M. —.80
11: Die Fels- und Geröllehne: — Wellenkalkwälder. — *Lactuca
quercina* L. — *Ambrosius* Rau und sein Rosenherbar. Preis M. 1.30

Aristoteles und Plinius.

Studien zur Geschichte der Zoologie

von Dr. August Steier.

Preis broschiert M. 4.—.

INHALT: Die Einteilung der Tiere in der *Naturalis Historia* des Plinius. — Die
Tierformen des Plinius. — Zoologische Probleme bei Aristoteles und Plinius.

Eine der besten Arbeiten zur antiken Zoologie, welche seit Jahren erschienen ist.
„Mitteilungen zur Geschichte der Medizin“.

Über die Eibildung bei *Bonellia viridis*.

Von

F. Baltzer.

Mit 1 Tafel.

Die Bildung des Eies verläuft bei dem marinen Wurm *Bonellia viridis*, wie *Vejdovsky* (1878)¹⁾ und vor allem *Spengel* (1879)²⁾ beschrieben haben, wie folgt: Als jüngste Stadien bilden sich am Ovar kleine, an dünnen Stielen hängende Follikel aus. Diese enthalten zuerst eine Anzahl gleicher Zellen — die Abkömmlinge der Ureier — von denen eine bald eine beträchtliche Vergrößerung erfährt; sie wird zur Eizelle. Die übrigen, die, wie *Spengel* nachgewiesen hat, als abortive Eizellen aufzufassen sind, bilden einen eigentümlichen, der Eizelle aufsitzenden Zellenknopf. Ei und Knopf werden vom Epithel des Follikels umschlossen. Dieses bildet auch den Follikelstiel, mit dem das Eifollikel während der ersten Entwicklung am Ovar befestigt ist. Später reißt er durch und die Eier machen, jedes samt seinem Zellenknopf vom Follikel umschlossen, das weitere Wachstum in der Cöomflüssigkeit flottierend durch. Zuletzt fällt, wie *Spengel* angibt, die Follikelhülle und der Knopf ab und die Eier werden in den Uterus aufgenommen.

Man vergleiche für diese hier kurz skizzierte Entwicklung *Spengels* Fig. 2—13 und zur Orientierung meine Fig. 2, wo der ganze Follikel eines jungen Cöomstadiums abgebildet ist. Die Eizelle überrifft den Zellenknopf bereits an Grösse.

¹⁾ *F. Vejdovsky* 1878. Über die Eibildung und die Männchen von *Bonellia viridis*. Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. 30.

²⁾ *J. W. Spengel* 1879. Beiträge zur Kenntnis der Gephyreen. Mitt. zool. Stat. Neapel. Bd. 1.

R. Bledowski (Beiträge zur Kenntnis der *Bonellia viridis* etc. 1910, Wloclawek. Diss. Bern.) bringt für unsere Frage nichts Wesentliches.

Über die Funktion des Zellenknopfs oder der Zellenkappe gehen die Ansichten *Vejdovskys* und *Spengels* auseinander. Nach *Vejdovsky* soll sie, was am nächsten liegt anzunehmen, der Ernährung des sehr stark heranwachsenden Eies dienen. *Korschelt* und *Heider* haben sich in ihrem Handbuch (1902, S. 352) dieser Ansicht angeschlossen und versucht, sie durch einen Vergleich mit der Eibildung der *Thalassema* — der nächsten Verwandten der *Bonellia* — zu stützen. Leider steht mir von dieser Form kein Material zur Verfügung. *Echiurus*, ein dritter Verwandter besitzt keine Nährzellen¹⁾.

Im Verlauf von Untersuchungen zu einer Monographie über *Bonellia* hatte ich Gelegenheit, die Eibildung dieser Form auf Grund eigener Beobachtungen kennen zu lernen und die erwähnten sorgfältigen Angaben *Spengels* zu bestätigen. Weiter habe ich meine Aufmerksamkeit auf die Zellenkappe und ihre Beziehung zur Eizelle gerichtet und möchte hierüber einige Beobachtungen mitteilen.

Zunächst sind einige Angaben *Spengels* über den Bau der Zellenkappe zu erwähnen. Ihre Zellen ordnen sich nach den Angaben des Autors (1879) regelmässig radiär um eine in der Mitte liegende Zentralzelle an. Diese „erfährt in den meisten Fällen sehr früh Umwandlungen. Ich glaube dieselben als Degeneration auffassen zu müssen“. Man findet sie nämlich meistens nicht intakt, vielmehr sei der zentrale Raum „von einer wie geronnen erscheinenden Masse ausgefüllt“ (1879, S. 365). Später hat *Spengel* diese Darstellung in einer kurzen Bemerkung abgeändert, die ich in extenso hier wiedergeben kann: „Diese Zentralzelle existiert als solche nicht, sondern wird nur durch einen Fortsatz der Eizelle selbst dargestellt. Der nach meinen früheren Angaben darin enthaltene Kern ist kein solcher, sondern nur ein oft dort vorkommendes, bisweilen in einem vakuolenartigen Hofe gelegenes Häufchen von ‚Chromidien‘-ähnlichen Körnchen.“ (1912, S. 260. Verhandl. d. D. zool. Ges.).

Meine Beobachtungen haben mir gezeigt, dass die Verhältnisse komplizierter und zugleich etwas interessanter liegen. — In Fig. 1 ist ein junger Follikel mit einem noch relativ kleinen Ei gezeichnet. Er hängt mit dem Stiel, dessen Ansatz (*st*) in der Fig. zu sehen ist, am Ovar. Follikelepithel (*fol*), Eiplasma (*E*) und Eikern (*N*) entsprechen ganz den *Spengelschen* Angaben. Es ist ausser der grossen, definitiven noch eine kleinere Eizelle (*E*₁) vorhanden, wie dies nach

¹⁾ Vergleiche *Spengel* 1880. Beiträge zur Kenntnis der Gephyreen II. in Zeitschrift f. wiss. Zool. Bd. 34 und *Baltzer* 1917, Monographie der Echiuriden. I. Fauna und Flora des Golfes von Neapel. 34. Monogr.

Spengel (1879, S. 363) oft vorkommt. Die Zellen der Kappe (*kz*) haben die charakteristische Anordnung zu einem hier in die Länge gestreckten hohlen Gebilde. Der Hohlraum (*kh*) aber wird nicht vom Eiplasma eingenommen. Ein Vergleich seines Inhalts mit dem Plasma der Eizelle lässt dies deutlich erkennen. Er enthält zahlreiche Fettgranula — infolge der *Flemmingschen* Fixierung von Osmium geschwärzt — und andere undeutlich streifig angeordnete Substanzteile von lockerer Beschaffenheit. Das Eiplasma ist dicht und stösst in dem vorliegenden, und ebenso dem nächstübleren Stadium, an den Hohlraum der Kappe nur an, mit deutlich erkennbarer Grenze. In ihrer Nähe sind dunklere (bei Lichtgrünfärbung dunkler grüne) Granula angesammelt, wie dies auch aus der Figur zu erkennen ist.

Wenn schon diese Angaben zeigen, dass entgegen *Spengels* neuer Angabe lediglich eine nachbarliche Beziehung zwischen Ei und Kappenhöhle besteht, so wird dies durch andere Beobachtungen noch deutlicher gemacht. In wenig älteren Stadien hat allerdings, was für *Spengels* neuer Angabe sprechen könnte, der Inhalt der Kappenhöhle eine dichtere, plasmaartigere Beschaffenheit, mit zahlreichen, dunkler färbbaren Körperchen, die oft in wohlumschriebenen Häufchen liegen. Sie sind besonders bei Färbung mit Eisen-Hämatoxylin nach *Heidenhain* leicht wahrnehmbar. Fettgranula sind keine mehr vorhanden. In manchen Fällen findet man jedoch im Inhalt der Kappenhöhle auch grössere Körperchen, die in Färbung und Kaliber mit den Nukleolen der Nährzellen übereinstimmen (Fig. 2, 3, 5). Und endlich habe ich mehrfach auch einen typischen Kern im Hohlraum beobachtet. Als bereits degenerierter Kern ist jedenfalls der mit Hämatoxylin (*Delafield*) stark gefärbte, grössere Körper in der Kappenhöhle der Fig. 3 zu betrachten. Übrigens hat solche Verhältnisse schon *Spengel* (1879) abgebildet und darauf eben seine frühere Beschreibung einer Zentralzelle gestützt (vgl. seine Fig. 4, 7, 9, 1879). Dass es sich aber um eine solche nicht handeln kann, ergibt sich schon daraus, dass die jüngeren Stadien, wie Fig. 1, sie nicht besitzen, und dass in allen Stadien ein Kern in der Kappenhöhle nur hin und wieder nachweisbar ist. Man muss ohne Zweifel annehmen, dass einzelne Zellen der Kappe in das Lumen übertreten können und dort degenerieren. Trifft man sie vor der Degeneration, so haben wir den Fall einer Kappe mit Kern im Kappenlumen, trifft man sie später, so findet man nur noch den Nukleolus oder das erwähnte „chromidium“-artige Gerinnsel. Da man häufig kleinere Zellen innen in der Kappenwandung findet, die nicht die ganze Wandung durchsetzen, sondern zwischen den grösseren

Zellen nach aussen auskeilen, so ist wohl denkbar, dass solche Zellen nach innen abgedrängt werden und in den Hohlraum geraten.

In Fig. 2 ist ein Follikel abgebildet, der bereits im Cölom flottiert. Das Ei ist schon bedeutend grösser als die Kappe, deren Höhlung wiederum den granulierten Inhalt aufweist. Ob dieser durch die Konservierung (Pikrin-Essigsäure) eine Schrumpfung erfahren hat und deshalb die Höhlung nur zum Teil ausgefüllt ist, kann ich nicht entscheiden. Uns interessieren hier vor allem die Verhältnisse der Eizelle. Ihr Plasma zeigt eine bestimmte für dieses Stadium des Pikrinsäure-Materials charakteristische Anordnung: ein Plasma feinkörniger Struktur auf der Seite, wo die Kappe aufsitzt, während der übrige Bereich des Eies, von der unter der Oberfläche gelegenen feinkörnigen Schicht abgesehen, eine vakuolige Struktur besitzt. In ihm liegt der Kern. Vom Ei geht zwischen den zunächst gelegenen Zellen der Kappe hindurch ein Zipfel des Eiplasmas (*f*) bis an die Kappenhöhle heran. Er hat die gleiche körnige Zusammensetzung wie der benachbarte Eiteil, an den sich seine Körnchen in ihrer Anordnung anschliessen¹⁾. — Ich nehme an, dass *Spengel* derartige Stadien zu der oben zitierten Bemerkung (1912) veranlasst haben.

Es ergibt sich aus der Figur, dass die Kappe mit dem Ei in offener Verbindung steht. Man könnte annehmen, dass das Eiplasma in die Kappenhöhle hineinreicht und diese ausfüllt. Doch ist dies nach anderen Präparaten nicht wahrscheinlich. Einmal kann der zipfelförmige Fortsatz des Eies auch nur zwischen den Kappenzellen durch bis an das Lumen der Kappenhöhle heranreichen, ohne dieses auszufüllen. Und in anderen Fällen, von denen einer in Fig. 3 abgebildet ist, lässt sich eine strukturelle Grenze erkennen, die den Eifortsatz (*f*) von dem feiner körnigen Inhalt (*kh*) der Kappenhöhle trennt. Dieser kann Nukleolen oder Kerne der Kappenzellen enthalten. Nach allem ist also wahrscheinlich, dass er ein Derivat der Kappenzelle ist.

Einige Bemerkungen sind endlich an der Hand der Figur 2 und 3 auch über das Verhalten der Eihüllen zu machen. Das Follikel-epithel umhüllt Kappe und Eizelle und schlägt sich zwischen beiden

¹⁾ Leider stand mir von den im Cölom flottierenden Stadien kein *Flemming*-Material zur Verfügung. In den Eiern der noch am Ovar hängenden älteren Follikel, die sich spätestens in dem Stadium der Fig. 2 ablösen, ist in dem der Kappe benachbarten Bereich eine radiäre Struktur nur selten. Dagegen ist eine mehr schlierenartige Anordnung der Plasmateilchen ausgebildet. Der Fortsatz in die Kappenhöhle ist dünner als in den Cölostadien.

mehr oder weniger deutlich ein. Ausserdem aber hat das Ei eine bereits von *Spengel* beschriebene Eihaut gebildet, die als kräftigere Kontur am Rande des Plasmas zu erkennen ist und überall besteht mit Ausnahme der Stelle, wo das Eiplasma den Fortsatz zwischen den Kappenzellen hineinsendet. Dieser ist somit die einzige noch „nackte“ Stelle der Eioberfläche. Auch in Fig. 3 ist er nicht durch eine Membran gegen den Inhalt der Kappenhöhle abgegrenzt.

Der beschriebene Eifortsatz findet sich, wie aus Fig. 3 hervorgeht, auch in den älteren Wachstumsstadien, die sich im Cölom vorfinden und von denen Fig. 3 eines (nur den Kappenbereich) wiedergibt. Man findet jedoch in diesen Fällen nicht mehr die einseitige Anhäufung körnigen Plasmas vor. Dieses verteilt sich als gleichmässige Aussenschicht unter der ganzen Oberfläche des Eies, wie es in Fig. 3 für den der Kappe zunächst gelegenen Abschnitt des Eies abgebildet ist. Der innere Bezirk, der den Kern enthält, ist vakuolig. Der Kern selbst ist im Gegensatz zu den chromatinreichen und stark färbbaren Kernen und Zellen der Kappe auf allen bisher beschriebenen Stadien rundlich und relativ chromatinarm. Er besitzt einen Nukleolus und einen auffallenden feingranulierten Bereich, der von Kernfarbstoffen nicht gefärbt wird. (Vergl. Fig. 4.)

In Fig. 4 ist ein älteres im Cölom flottierendes Stadium abgebildet, das eine Übersicht über die Grössenverhältnisse geben soll. Das Ei ist stark herangewachsen. (Auf die Vergrösserung der Fig. 4 berechnet wäre die Eizelle der Fig. 2 nur ungefähr so gross wie der in Fig. 2 abgebildete Eikern *N.*) Den meisten Raum nimmt in ihm das vakuolige Plasma ein. In ihm liegt der rundliche Kern. Die feinkörnige Zone bildet nur eine schmale Schicht unter der Eihaut. Auch hier ist der in die Nährzellen hineinreichende Fortsatz (*f*) körnigen Plasmas noch vorhanden.

In Fig. 5 ist endlich ein noch älteres Cölom-Stadium gezeichnet, das uns über das weitere Schicksal des Eifortsatzes und der Kappe Aufschluss geben kann. Die Eizelle ist noch vom Follikel epithel umschlossen, das allerdings in Übereinstimmung mit den Angaben *Spengels* sehr dünn und kernarm geworden ist. Die Kappe sitzt dem Ei nur mehr locker auf. Ihre Zellen haben ihre früher starke Färbbarkeit mit Kernfarbstoffen verloren. Die Verbindung zwischen Ei und Kappenlumen durch den Eifortsatz hat aufgehört. Als seinen Rest (*f*) müssen wir den zwischen den Kappenzellen liegenden gestreiften Körper ansehen. Die Eihaut (*h*) geht ohne Unterbrechung unter ihm durch. — Der Plasmakörper des Eies zeigt auch in diesem Stadium die gleiche

Struktur, wie früher: das feinkörnige Plasma bildet die schmale äussere Schicht unter der Eihaut, wogegen der innere Bereich eine vakuolige Zusammensetzung besitzt.

Von diesem Stadium an beginnt im Ei eine Umgruppierung des Plasmas. Das feinkörnige Plasma sammelt sich um den Kern an. Die vakuolige Zone nimmt allmählich die Peripherie ein; unter der Eihaut bleibt nur ein dünner, feingranulierter Wandbelag zurück. Während dieser Umbildung, während deren das Ei noch weiter an Volumen zunimmt, fällt, wie schon *Spengel* beschrieben hat, die Eikappe und die Follikelhülle ab. Ich habe auf eine Abbildung eines solchen erwachsenen Eies verzichtet. Man findet sie bei *Spengel* (1879, Fig. 13). Über die Volumenzunahme gibt Fig. 4 Aufschluss. Der äussere Kreis (*) entspricht, bei gleicher Vergrösserung, dem Umriss eines Eies, das die Kappe bereits verlor und die angegebene Schichtung besitzt.

Ebenfalls während dieser Periode ändert auch der Eikern sein Verhalten. Er wird reicher an Chromatin, sein Umriss wird unregelmässig, und in vielen Fällen stark ausgezackt.

In diesem Zustand geht das Ei in den Uterus über.

Man wird durch die gemachten Beobachtungen ohne weiteres zu derjenigen Annahme geführt, die bereits *Vejdovsky* aufstellte, und die nun um so näher liegt: dass die Zellenkappe der Eizelle Stoffe zum Wachstum liefert. Dafür spricht ausser der Existenz des Eifortsatzes an und für sich auch seine streifige Struktur und die daran anschliessende öfters strahlige Orientierung der körnigen Plasmapartie des jüngeren Eies. Dass beides als Strömungserscheinung aufzufassen ist, haben u. a. *O. und R. Hertwig*¹⁾ und *E. Korschelt*¹⁾ für andere Objekte dargelegt.

Ausserdem könnte ich in mehreren Fällen beobachten, wie von der Basis des Eifortsatzes eine kurze schlierenartige Struktur in das körnige Plasma hinein verlief. Sie ist noch in höherem Grade als der gestreifte Zustand als Strömungsbild zu betrachten.

Man würde allerdings erwarten, auch die dunkeln Körperchen des Inhalts der Kappenhöhle im Fortsatz und im Eiplasma anzutreffen.

¹⁾ *O. R. Hertwig* 1879. Die Aktinien. Jenaische Zeitschr. f. Natw. Bd. 13.
E. Korschelt 1889. Beiträge zur Morphologie und Physiologie des Zellkerns. Zool. Jahrb. Bd. IV. Abt. f. Morph. 1891.

Dies ist, soweit meine Beobachtungen mit den gewöhnlichen Färbungsmethoden reichen, nur höchst selten der Fall. Die erwähnten Beobachtungen werden aber trotzdem nur im Sinne einer Substanzaufnahme aus der Kappenhöhle durch den Eifortsatz in das Ei-Plasma gedeutet werden können. Man wird aber annehmen müssen, dass der granulöse Inhalt der Kappenhöhle nicht unverändert in das Ei hineingelangt. Diese Annahme muss ja auch in anderen Fällen der Eibildung gemacht werden. (Vergl. *Korschelt*, 1889.)

Es ist nun auch noch die Rolle der Kappenzellen zu betrachten. Diese zeigen manche Charaktere, die für sezernierende Zellen gelten: ein mit Boraxkarmin, Hämatoxylin etc. stark färbbares Plasma und relativ grosse chromatinreiche Kerne. Es trifft vollkommen zu, was *Korschelt* für zahlreiche Insekten feststellte: „Für die sezernierenden Nährzellen ist im allgemeinen der chromatinreiche, granuliert, für die (Substanz aufnehmenden) Eizellen hingegen der bläschenförmige Kern charakteristisch“ (1889 S. 79). Ausserdem sind noch folgende Einzelheiten anzuführen. In den Fällen, wo der plasmaartige Inhalt die Kappenhöhle nicht völlig ausfüllt und somit auch den Kappenzellen nicht dicht anliegt, gehen dennoch oft zu zahlreichen Zellen feine Stränge. Es sind einige solche in Fig. 3 zu sehen. In einem bisher allerdings einzigen Fall glaubte ich einen solchen Strang auch in das Plasma einer Kappenzelle hineinverfolgen zu können. Man wird danach an einer Sekretion der Kappenzellen kaum zweifeln können. Ausserdem ist daran zu erinnern, dass hier und dort Kerne oder Nukleolen in der Kappenhöhle liegen (siehe ebenfalls in Fig. 3). Wir müssen danach auch annehmen, dass neben der Sekretion grössere Teile oder ganze Kappenzellen in die Höhle übertreten, dort degenerieren und als Nährsubstanz dienen.

Mit wenigen Worten brauche ich schliesslich noch auf die Deutung der Vorgänge der ältesten Stadien, die Umgruppierung des Ei-Plasmas und die Änderung der Kernform, einzugehen. Bei Insekten sind bereits seit langer Zeit starke Veränderungen in der Kernform bei wachsenden Eizellen bekannt (z. B. *Dytiscus*, *Korschelt* 1889). Man hat aus ihr, in Verbindung mit der dort beobachteten Ansammlung von Nährsubstanz in der Nachbarschaft des Kernes auf starke mit dem Eiwachstum zusammenhängende Wechselbeziehungen zwischen Kern und Plasma geschlossen. Wenn wir diese Auffassung hier anwenden, so ergeben sich für unser Objekt zwei Phasen des Eiwachstums: die erste Phase wäre charakterisiert durch eine starke Substanzaufnahme, wobei die Nährzellenkappe zusammen mit dem Eifortsatz die

oben geschilderte Rolle spielt. Ausserdem dürfte, wofür wiederum *Dytiscus* eine Parallele bietet, auch das Follikelepithel bei der Substanzzufuhr beteiligt sein. Der Eikern spielt dabei in der ersten Phase eine relativ geringe Rolle, was durch sein im Verhältnis zum Plasma mässiges Wachstum und seine annähernd rundliche Form, sowie durch seine Lage im vakuoligen Teil des Eies bestätigt wird. Die von der Nährkappe und dem Follikelepithel zugeführte Substanz gelangt erst in letzter Linie in seine Nähe. Auch sein Chromatingehalt ist unbedeutend, wenn auch nicht so gering wie bei Eiern mit extrem nutrimentärem Wachstum¹⁾.

Die zweite Phase aber wäre durch eine stärkere Verarbeitung der aufgenommenen Substanzen gekennzeichnet. Die Kappe tritt ausser Funktion, das Follikelepithel ist kernarm geworden und degeneriert. Das Eivolumen nimmt zwar noch weiter zu. Vor allem aber tritt eine Umschichtung ein. Das körnige Plasma sammelt sich um den Kern, und dieser lässt an zunehmendem Chromatingehalt und an der Vergrösserung seiner Oberfläche durch Fortsätze seine funktionelle Tätigkeit erkennen.

Figurenerklärungen (Tafel 1).

Abkürzungen: *E* Eizelle; *f* Fortsatz der Eizelle; *fol* Follikelhülle; *k* Zellenkappe; *kh* Kappenhöhle; *kz* Kappenzelle; *N* Kern der Eizelle; *st* Follikelstiel.

Alle Figuren beziehen sich auf Längsschnitte durch Eizelle und Kappe.

- Fig. 1. Junger noch am Ovar hängender Follikel. Fixierung *Flemmingsches* Gemisch. Färbung Safranin, Lichtgrün. Vergr. 1230. — *E*₁ zweite kleinere Eizelle (entwickelt sich nicht weiter). Die Grenze des Eiplasmas *E* gegen die Kappenhöhle *kh* ist im Präparat deutlich kontinuierlich.
- Fig. 2. Jüngerer im Cölom flottierendes Stadium, älter als Fig. 1. Fixierung Pikrin-Essigsäure (ebenso Fig. 3, 4 u. 5). Färbung Hämalaun, Eosion. Vergr. 700.
- Fig. 3. Längsschnitt durch Kappe und den benachbarten Eibereich eines älteren Cölomstadiums. Hämatoxylin nach Delafield, Lichtgrün. Vergr. 870.
- Fig. 4. Altes Stadium aus dem Cölom. Übersichtsbild. Eiplasma und Kappe nicht ausgezeichnet. Der mit * bezeichnete Umriss bezieht sich auf ein völlig ausgewachsenes Ei des Cöloms, das die Eikappe verloren hat und zur Aufnahme in den Uterus bereit ist. — Boraxkarmin, Lichtgrün; Vergr. 240.
- Fig. 5. Stadium aus dem Cölom, etwas älter wie Fig. 4. Nur die Kappe und der Nachbarbereich des Eiplasmas ist gezeichnet. Hämalaun, Lichtgrün. Vergr. 700. *h* = Eihaut.

¹⁾ Man vergleiche dazu die Darstellung *Jürgensens* über die Rolle des Kerns beim Eiwachstum. (1913, Arch. f. Zellf. Bd. 10).

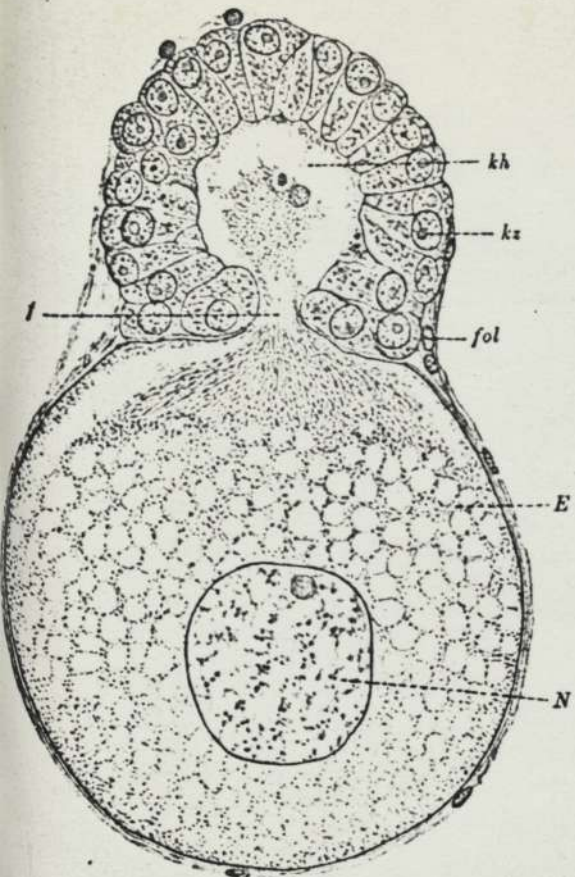


Fig. 2.

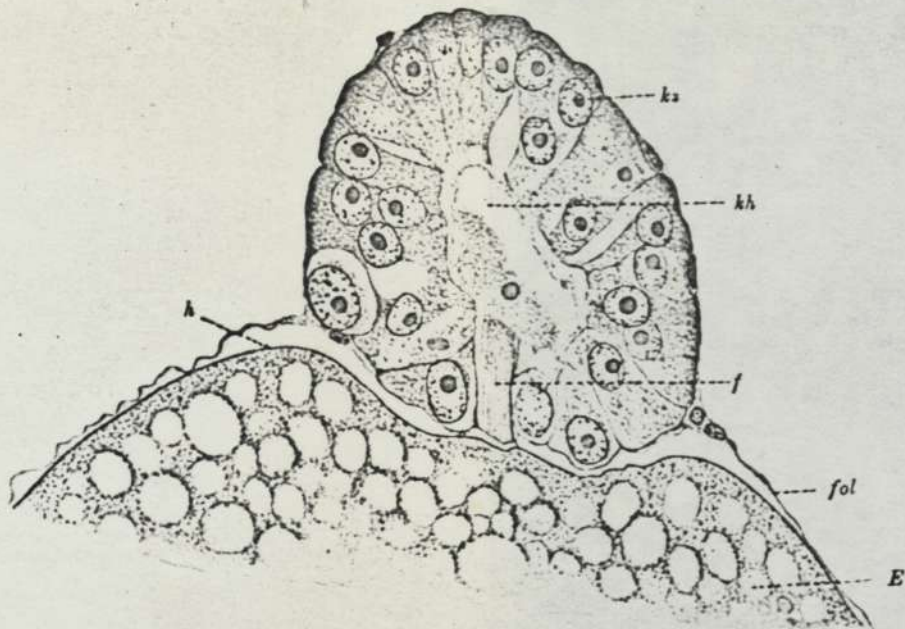


Fig. 5.

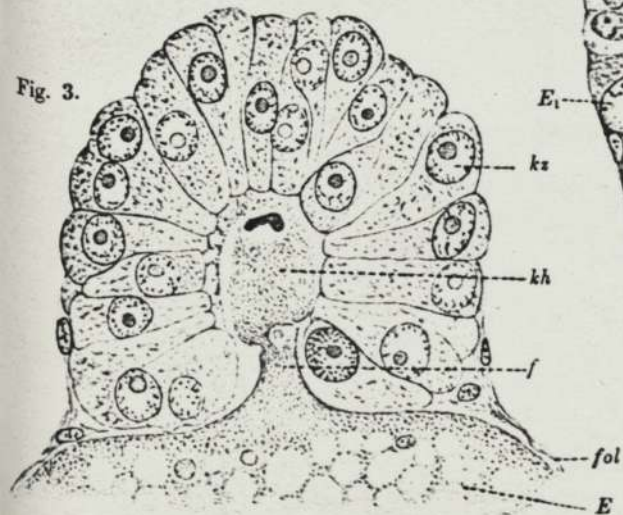


Fig. 3.

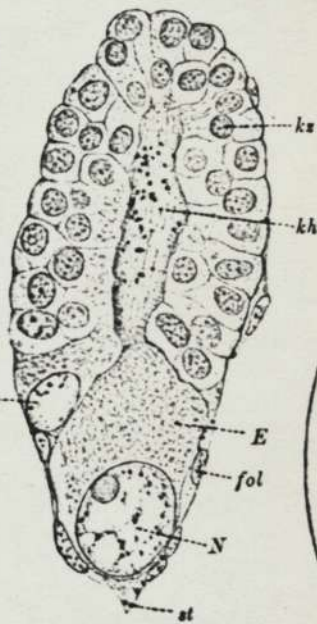


Fig. 1.

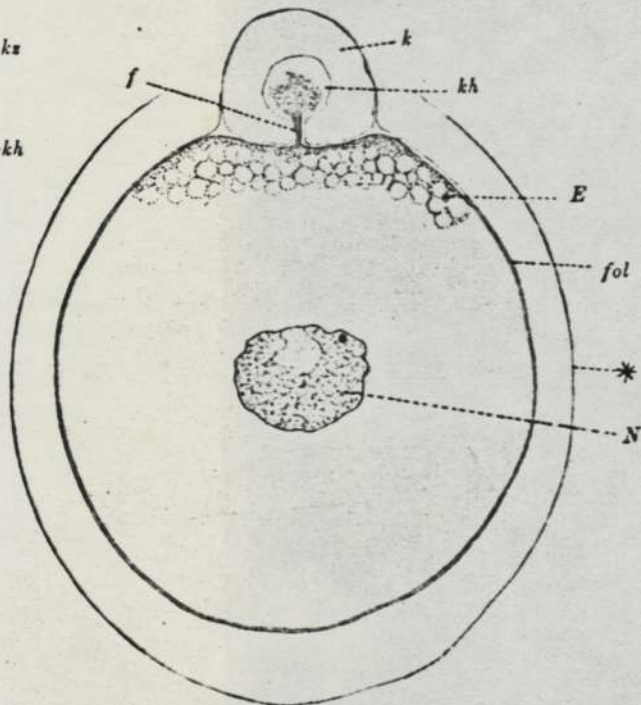


Fig. 4.

F. Baltzer, Über die Eibildung bei *Bonellia viridis*.

Gez. Baltzer u. W. Freytag.

Verlag von Curt Kabitzsch, Würzburg.

VERHANDLUNGEN

DER

PHYSIKALISCH MEDICINISCHEN GESELLSCHAFT

ZU

WÜRZBURG.

N. F. BAND 45.

N. 4.

BEITRAG
ZUR PSYCHOLOGIE DER TÜRKEN.

VON

PROF. DR. L. R. MÜLLER.

WÜRZBURG.

CURT KABITZSCH VERLAG.

1918.

Jede Nummer ist als Separatabdruck auch einzeln käuflich.

Botanische Arbeiten

aus den

„Verhandl.“ u. „Sitzungsberichten“ der Physik.-med. Gesellschaft

Die Flora des Rhöngebirges.

Von M. Goldschmidt-Geisa.

- I. Folge. 2. Aufl. Preis M. 1.—.
II. Folge. Preis M. —.60. III. Folge. Preis M. 1.—.
IV. Folge. Preis M. 1.—. V. Folge. Preis M. —.80.
VI. Folge. Preis M. 1.20. VII. Folge. Preis M. 1.—.
VIII. Folge. Preis M. 1.—.

Beiträge

zur

Kenntnis der Kallus- und Wundholzbildung geringelter Zweige und deren histologischen Veränderungen.

Von Dr. phil. Aug. Krieg.

Mit 25 Tafeln. — Preis M. 12.—.

Aus der

Pflanzenwelt Unterfrankens.

Herausgegeben von

Prof. Dr. Gregor Kraus.

- Heft 1: Johann Michael Fehr und die Grettstadter Wiesen. Von
Gr. Kraus. Preis M. 1.50
2: Über den Bau der Schlehkrüppel. Von Fr. Bott. Preis M. 1.—
3: Anpassung der Zwergpflanzen des Würzburger Wellenkalkes
nach Blattgröße und Spaltöffnungen. Von E. Lippold. Preis M. 1.50
4: Anemometrisches vom Krainberg bei Gambach. Mit 4 Tafeln.
— Schlussworte zu Fehrs „Tempe“. Von Gr. Kraus. Preis M. 2.—
5: Über Alter und Dickenwachstum von Würzburger Wellen-
kalkpflanzen. Von Fr. Kanngieser. Preis M. 1.20
6: Über den Nanismus unserer Wellenkalkpflanzen. Von Gregor
Kraus. Mit 1 Tafel. Preis M. 1.50
7: *Vicia Orobus* DC. und ihre Heterotriche. Von Gregor Kraus. Mit
2 Tafeln. Preis M. 1.—
8: Die *Sealeria*-Halde. Von Gregor Kraus. Mit 2 Tafeln. Preis M. 1.—
9: Die Anatomie einiger Gramineenwurzeln des Würzburger
Wellenkalkes. Von Franz Contzen. Preis M. 2.40
10: Erfahrungen über Boden und Klima auf dem Wellenkalk.
Preis M. —.80
11: Die Fels- und Geröllehne. — Wellenkalkwälder. — *Lactuca*
quercina L. — Ambrosius Rau und sein Rosenherbar. Preis M. 1.30

Aristoteles und Plinius.

Studien zur Geschichte der Zoologie

von Dr. August Steier.

Preis broschirt M. 4.—.

INHALT: Die Einteilung der Tiere in der *Naturalis Historia* des Plinius. — Die
Tierformen des Plinius. — Zoologische Probleme bei Aristoteles und Plinius.

Eine der besten Arbeiten zur antiken Zoologie, welche seit Jahren erschienen ist.
„Mitteilungen zur Geschichte der Medizin“.

Beitrag zur Psychologie der Türken.

Von

Prof. Dr. L. R. Müller.

Zu Zeiten der Massensuggestion und Massenpsychose, wie sie die Kriege darstellen, ist es wohl angebracht, sich mit der Psychologie der Völker zu beschäftigen und zu versuchen, sich Klarheit darüber zu verschaffen, wie es denn kommt, dass Völker, die früher auf freundschaftlichem Fusse miteinander standen, nun gegenseitig in sich die niederträchtigsten Feinde sehen und sich auf Leben und Tod bekämpfen.

Wir Deutschen hätten uns vielleicht manche bittere Enttäuschung ersparen können, wenn wir mehr mit der Völkerpsychologie gerechnet und so z. B. den grossen psychologischen Faktor der Bluts- und Rassenverwandtschaft in Betracht gezogen hätten.

Notwendiger noch als das Studium der Psychologie der uns feindlich gesinnten Völker scheint freilich ein Verständnis für die psychologische Eigenart unserer Verbündeten.

Ähnlich wie bei einer persönlichen Freundschaft oder auch wie der Ehegemeinschaft kann es zu einem dauernd gedeihlichen Zusammenwirken nur dann kommen, wenn beide Teile weitgehendes Verständnis und auch Duldung für die verschiedenartige psychologische Veranlagung des anderen haben. Und ein solches Verständnis ist nur möglich, wenn man eben die andersartige psychologische Veranlagung kennt.

Während eines längeren Aufenthaltes in dem Lande eines unserer Bundesgenossen, in der Türkei, war es nicht nur mein Bestreben, die mancherlei andersartigen Krankheiten dort und die andersartige Reaktion der dortigen Einwohner auf die uns geläufigen Krankheiten zu studieren, ich gab mir auch Mühe, mir ein Bild von der Art des Denkens und Fühlens und von der psychologischen Veranlagung des türkischen Volkes zu machen.

Bevor ich aber auf die Psychologie der Türken zu sprechen komme,

muss ich wohl mit einigen Worten die schwierige Rassenfrage berühren.

Nirgends wohl finden wir ein solches Völkergemisch wie eben in der Türkei. In der türkischen Hauptstadt, in Konstantinopel sind so zahlreiche Völkerrassen vertreten, wie wohl kaum in einer anderen Grossstadt.

Beim Turmbau von Babel kann das Sprachengewirr seinerzeit nicht grösser gewesen sein als es heute noch am goldenen Horn ist. Neben türkisch, hört man griechisch (leben doch über 200 000 Griechen in Cospoli), armenisch, französisch, arabisch, persisch, russisch, bulgarisch, kurdisch und andere Sprachen; von den zahlreichen Dialekten gar nicht zu reden.

Die Türken, ural-altaischen Ursprunges sind von Mittelasien, vom Ural- und Altaigebirg als Krieger- und Nomadenvolk an die Ufer des ägäischen Meeres vorgedrungen, um sich in Kleinasien mit den Seldschuken zu vermischen. Die Magyaren und die Finnen sind den Türken bekanntlich stammesverwandt.

Da der Türke nun bei der Auswahl seiner Frau bezw. seiner Frauen, sich nicht auf seine Rasse beschränkt, da vielmehr nicht nur der Sultan und der Pascha, sondern auch der Mann aus dem Volke Frauen aus anderen Volksstämmen, wie Tscherkessinnen, aus dem kurdischen Stamm oder aus Arabien bevorzugt, so kann von einer Reinhaltung der Rasse, — insbesondere in den Grenzgebieten — nicht die Rede sein.

Am besten und am reinsten noch ist der türkische Volksstamm im anatolischen Bauern vertreten.

Vielfach ist es nicht genügend bekannt, dass in grossen Teilen der Türkei keine Türken mehr zu treffen sind.

Die Bevölkerung südlich und östlich des Amanusgebirges, also die Bevölkerung von Syrien und Mesopotamien, ist arabischen Ursprunges und unterscheidet sich in psychologischer und somatischer Hinsicht sehr wesentlich von den Türken. Die Einwohner dort sind ebenso wie die Griechen an der Westküste von Kleinasien oder die Armenier im Kaukasus zwar ottomanischer Staatsangehörigkeit — *sujets ottomanes* — aber den Türken in ethnologischer Hinsicht fernestehend und ihnen auch sehr wenig wohlgesinnt.

Meine Beiträge zur Psychologie der Türken beginne ich wohl am besten mit kleinen Beobachtungen, die ich auf meinen Wanderungen durch die Vorstädte von Konstantinopel und durch die Orte am Bosphorus über die türkischen Kinder machen konnte.

Da fiel es mir nun auf, dass die türkischen Buben so ruhig und so brav und so ordentlich sind. Säuberlich gekleidet marschieren die kleinen Bürschchen in der Freizeit so gemessen und so langsam wie Erwachsene auf dem Schulhofe umher.

Da sieht man keine sich balgenden und raufenden Kinder, man hört kein Schreien und kein Jauchzen, die Kinder laufen kaum und fangen sich nicht, alle den roten Fez auf dem Kopfe bewegen sie sich würdig. Sie scheinen sehr folgsam zu sein. Dem Rufe des Lehrers gehorchen sie pünktlich. Und ist die Schule aus, so stürmen sie nicht mit lautem Geschrei und mit Jubel ins Freie. Ohne Schieben und ohne Gedränge entfernen sie sich aus dem Schulhause.

Kurz vor meiner Abreise aus dem Orient fuhr ich noch mit einigen hundert türkischen Waisenkindern von einem Orte aus der kleinasiatischen Küste des Marmarameeres auf dem Dampfer zurück nach Konstantinopel.

Die kleinen uniformierten Buben sassen alle so still und ruhig auf ihren Bänken, dass die begleitenden Lehrer nicht einmal Ruhe stiften mussten. Da war keiner darunter, der den anderen neckte oder zwickte, zum Maschinenraum oder zum Steuerruder schlich oder sich durch Ungezogenheit oder auch nur durch Übermut hervortat. Die Kinder unterhielten sich nur leise und auffällig wenig untereinander.

Einer der jungen Lehrer erzählte mir, wie fleissig und eifrig und gewissenhaft seine Schüler seien. Freilich hatte ich den Eindruck, lebhaftes Interesse können diese Buben nicht haben. Auf Aufforderung ihrer Lehrer sangen dann die Jungen patriotische Lieder, die in ihrer fremdartigen Harmonie eigenartig berührten. Aber auch während des Singens war auf den Gesichtern kein Zug der Begeisterung oder der Freude oder der Hingabe zu sehen.

Auch die kleinen Kinder, die an der Hand ihrer Mutter auf der Strasse zu treffen sind, sind erstaunlich ruhig und artig. Obgleich die Kinder von der Mutter nicht oder nur wenig erzogen werden, so sind sie doch nicht ungezogen.

Wenn man sich in Europa manchmal auf der Strasse über die Belästigung durch rohe und frühreife Burschen ärgern muss, in der Türkei hat man in dieser Hinsicht keine Gelegenheit zur Entrüstung.

Sicherlich ist dort die Achtung, die die Jugend vor den Erwachsenen oder gar vor dem Alter hat, sehr viel grösser.

Das ruhige, gemessene, ja phlegmatische und interesselose Ver-

halten der türkischen Jungen ist zweifellos nicht das Ergebnis der Erziehung, es beruht vielmehr auf angeborener psychologischer Veranlagung.

Schon in der Jugend hat der Türke keinen Sinn für Eilen, Hasten und Laufen und hat kein Bedürfnis nach lebhafter geistiger Betätigung.

Den türkischen Kindern scheint aber ein gutes Gedächtnis zur Verfügung zu stehen. Ich war erstaunt, welch lange, lange Gedichte schon ganz kleine Kinder ohne Stocken hersagen können, dabei entwickeln sie ein bemerkenswertes, unseren deutschen Kindern fremdes schauspielerisches Talent.

Übereinstimmend wurde mir berichtet, dass die türkischen Kinder in den europäischen Schulen eifrige, fleissige und sehr gute Schüler seien. Auch in den deutschen Anstalten zählen die jungen Türken in den Sprachen, aber auch in den anderen Fächern mit zu den besten Schülern. Im Gegensatz zu dieser Feststellung stehen die Beobachtungen derjenigen Lehrer, die den erwachsenen Türken in technischen Gebieten auszubilden haben und die über geringes Verständnis, wenig Interesse und auch geringen Eifer klagen.

Über die geistige Entwicklung der türkischen Mädchen stehen mir keine eigenen Beobachtungen zur Verfügung.

Mit der Entwicklung der Geschlechtsreife — und diese tritt im Orient schon reichlich früh, häufig mit dem 8.—10., spätestens mit dem 12. Jahre auf — wird das Mädchen mit dem Tschartschaf, mit dem Schleier bekleidet und nun spielt sich sein Leben abgeschlossen von der Welt hinter den Holzgittern des Harems ab. Das Mädchen wird nicht unterrichtet und ist auf den Verkehr mit Mutter, Geschwistern, Tanten und Freundinnen beschränkt. Kein Wunder, dass es bei dem Mangel an Schulerziehung und an Unterricht mit der Bildung der Mädchen ganz schlecht bestellt ist.

Der Europäer wird ja bei der strengen Abschliessung der Frauen selten Gelegenheit haben, sich über den Bildungsgrad der türkischen Frau ein Urteil zu bilden.

Diese Gelegenheit ist aber dem Arzte geboten. Die Erfahrungen, die man in dieser Hinsicht macht, sind freilich keine guten. Noch weniger als von einer deutschen Bauersfrau bekommt man von einer Türkin klare und bestimmte Angaben, die einem über die Entstehung und über die Entwicklung der Krankheit Aufschluss geben. Können doch die meisten Frauen weder lesen noch schreiben! Im Gegensatz zu den türkischen Männern findet man nur ganz wenige Frauen, die fremde Sprachen beherrschen.

Kein Interesse für Literatur, für Kunst, für Naturkunde oder für vaterländische Fragen!

Im Krankenhause liegen oder sitzen die Patientinnen mit einem Schleier über den Haaren still und anspruchslos in ihren Betten. Keine Handarbeit, kein Strickstrumpf, kein Buch nimmt ihnen die Langeweile, die ihnen sichtlich nicht unangenehm ist.

Sind die Kranken ausser Bett, so plaudern sie miteinander und kichern und wie jungen Mädeln scheint ihnen alles lächerlich. Dazu werden ungezählte Zigaretten geraucht. Die Krankenschwestern, welche türkisch verstehen, erzählten mir, dass die Unterhaltung ihrer Patientinnen über die banalsten Dinge nicht hinaus gingen. Während einer mehrmonatigen Krankenhaustätigkeit gelang es mir auch mit den besten Dolmetschern nicht, mit einer türkischen Frau in ein anregendes gewinnbringendes Gespräch zu kommen.

Und doch wie reizvoll ist die türkische Frau! Wie bescheiden und taktvoll, wie feinfühlig und liebenswürdig, wie mädchenhaft schüchtern, ja fast kindlich sind die türkischen Frauen.

Ihre vornehme Zurückhaltung und ihre echte Weiblichkeit unterscheidet sich sehr vorteilhaft von dem nach Freiheit schreienden, vergnügungssüchtigen und auf Abenteuer ausgehenden Typus von Mädchen und Frauen, wie er in Europa doch immer mehr sich breit macht und nun auch unter der Form von freien Krankenschwestern nach dem Orient vordringt und dort besonders unangenehm auffällt.

Nie habe ich eine türkische Puella publica auf der Strasse gesehen. Dies Gewerbe überlassen die Türkinnen ihren europäischen Kolleginnen.

Die Frau gehört nur der Familie. Die Aufgabe der Frau besteht lediglich im Kinderkriegen. Das ledig gebliebene Mädchen ist fast eine unbekannte Erscheinung.

Dem Türken ist die Frau vorzüglich Sexualobjekt und Mutter der Kinder, nicht Lebensgefährtin.

An seinen Sorgen und Erlebnissen, an seiner Erholung lässt er sie nicht teilnehmen. Nie geht er mit ihr spazieren oder auf die Strasse, ja er hält es für unanständig, seine Frau auf der Strasse zu grüssen. Niemals wird man eine Türkin in den Kaffees sehen. In der Strassenbahn sind Mann und Frau voneinander getrennt. Auch ins Theater nimmt der Mann seine Frau nicht mit, für die Hanums, für die Frauen werden besondere Aufführungen gegeben.

Die Frau der Städte beteiligt sich auch gar nicht an der Arbeit des Mannes und am Erwerb für die Familie.

Es gibt keine türkische Köchin, keine türkische Näherin oder

Wäscherin, ja im eigenen Haushalt überlassen die Frauen alle Tätigkeit womöglich griechischen und armenischen Dienerinnen.

Befragt, was sie denn den ganzen Tag über tue, antwortete eine Patientin „je mange des bonbons, je polie mes ongles et je m'ennuye“. Ja selbst mit der Wiederinstandsetzung der Kleider beschäftigt sich die türkische Frau nicht und geht lieber im zerrissenen Überwurf.

Auf dem Lande freilich, in Anatolien, da müssen die Frauen schwer arbeiten, ja vielfach sollen sie dort noch zum Ziehen verwendet werden. Die angeborene Herrennatur des Türken verträgt sich nicht mit hartem Schaffen. Das überlässt er seinen Frauen, seinen Mägden. Er selber raucht lieber die Wasserpfeife, schlürft Kaffee und pflegt der Ruhe. Und gar erst während des langen Krieges, in dem schliesslich fast alle Männer, ob alt oder jung, zu den Fahnen gerufen wurden, da liegt die ganze Last und Arbeit auf den anatolischen Frauen und nicht genug kann ihre Ausdauer anerkannt werden.

In körperlicher Hinsicht teilt die Türkin die frühe, schöne Blüte aber auch das rasche Verblühen und Verwelken mit den andern Völkern des Orients. So reizvoll die schlanken, biegsamen Gestalten, so weich und schön und voll die Gesichtszüge, so dunkel und glänzend die Augen im 2. und 3. Jahrzehnt sind, mit den dreissiger Jahren wird die Türkin dick und plump. Das Gesicht wird grob und fleischig. Die vielfach geäusserte Vermutung, dass die mangelnde Bewegung und der überreichliche Genuss von Süssigkeiten der Haremsfrauen für die so bald auftretende Fettleibigkeit verantwortlich zu machen sei, trifft m. E. nicht zu, denn auch die hart arbeitende anatolische Bauersfrau wird in frühen Jahren massig und unförmig. Ganz besonders unschön sind die dicken, fettreichen Unterschenkel, die aus den Rockhosen der Frauen wulstig in die Füsse übergehen.

Hier darf ich vielleicht kurz eine medizinische Beobachtung einfügen:

Während das junge türkische Mädchen schlank und gracil gebaut ist, trifft man auf den Strassen oft auffällig fette, vierschrotige Mädchen mit dicken Pausbacken und umfangreichen Armen und Beinen, die noch auffällig kindlichen Gesichtsausdruck haben. Es handelt sich um eine Häufung des ja auch bei uns in Mitteleuropa bekannten Krankheitsbildes, der sog. *Dystrophia adiposo-genitalis*. das mit einer übermässigen Fettentwicklung und mit einem Zurückbleiben der sekundären Geschlechtsmerkmale einhergeht.

Ein lehrreiches Beispiel dafür, dass das Schamgefühl doch viel-

fach eine anezogene und nicht eine angeborene psychologische Eigenschaft ist, bot mir die Ängstlichkeit, mit der die einfache türkische Frau ihr Gesicht vor den Männern verhüllt. Selbst dann, wenn sie sicher ist, von keinem ihrer Stammesgenossen oder ihrer Stammesgenossinnen gesehen zu werden, zieht die anatolische Bauersfrau bei Begegnung mit einem Manne das Kopftuch über dem Gesicht so eng zusammen, dass nur mehr die Augen zu sehen sind.

Das tun dieselben Frauen, die sich nicht schämen, ganz zerrissene Kleider zu tragen und die ihren Kindern auf der Strasse die Brust geben.

In den Städten freilich nehmen es die Frauen mit dem Schleiertragen manchmal nicht mehr so streng. Dann erfolgen behördliche Ermahnungen durch Ausrufer oder durch die Presse und wenn diese nichts nützen sogar Bestrafungen durch die Polizei.

Der alte Satz, dass das Verhüllte mehr reizt als das Unverhüllte trifft auch auf die Verschleierung der Türkinnen zu.

Tatsächlich sind die jungen, schlanken türkischen Hanums in ihrem Tschartschaf, dem seidenen Überwurf und dem mehr oder weniger dichten Schleier ausserordentlich reizvoll.

Sehr amüsant war es mir, wie das grosse und lebhaftere Interesse, welches meine Reisegeossen im Balkanzug zwei verschleierten türkischen Damen entgegenbrachten, rasch nachliess, als diese nach Überschreiten der türkisch bulgarischen Grenze in europäischer Kleidung im Speisewagen erschienen.

Wenn ich vorhin darlegte, dass die Türkinnen in der grossen Mehrzahl ungebildet sind und keinerlei Interesse für Kunst und Wissenschaft und Literatur haben, so muss ich doch die neuzeitlichen Versuche, den weiblichen Bildungsgrad zu heben, erwähnen.

In den Hauptstädten der Türkei sind in jüngster Zeit auch Mädchenschulen und Lehrerinnenseminare gegründet worden. Auch hat man versucht, den türkischen Frauen durch Anstellungen in Nähstuben, in Schreibstuben und an Schaltern Arbeit und Erwerb zu verschaffen.

Ja es gibt schon türkische Frauen, die zur Feder greifen und türkische Mädchen, die — freilich im Auslande — mit grossem Fleisse und Erfolge Medizin studieren.

Dabei geht aber — soweit wenigstens meine Erfahrungen reichen — niemals das ungewöhnlich Reizvolle der Türkinnen verloren, das in der keuschen, vornehmen Zurückhaltung, in ihrer echt weiblichen Bescheidenheit und in der kindlich harmlosen Liebenswürdigkeit und Heiterkeit beruht.

Bevor ich von der Psychologie der Frauen auf die Psychologie der Männer übergehe, muss ich doch mit einigen Worten auf die Neutra, auf die Eunuchen zu sprechen kommen. Freilich weiss ich wohl, dass die schwarzen Eunuchen, die man in Konstantinopel trifft, gar nicht türkischen Ursprungs sind, sondern alle in der Kindheit von Äthiopien oder Nubien nach der Türkei verbracht wurden.

Die Eunuchen bieten aber für den Mediziner in somatischer und psychologischer Hinsicht so viel Interessantes, dass es sich rechtfertigen lässt, ganz kurz auf die körperlichen und geistigen Folgen der ihnen angetanen Verstümmelung einzugehen.

Schon auf weithin ist der Eunuche an seiner meist übernatürlichen Körpergrösse und an dem schmalen, hageren, engbrüstigen, überhängigen Wuchse zu erkennen.

Besonders fallen die übermässig langen Arme und die schmalen zarten Hände mit den Spinnenfingern und der welken Haut ins Auge.

Auch die Beine sind auffällig lang und fast immer etwas verbildet. Meist bestehen X-Beine, fast stets Plattfüsse. Infolge von Hüftgelenksveränderungen ist der Gang häufig watschelnd. Charakteristisch ist für alle Eunuchen der müde, schleppende, sichtlich beschwerliche Gang.

Das bartlose Gesicht hat etwas Leeres, Ausdrucksloses, Greisenhaftes.

Der Schädel ist auffällig klein. In psychologischer Hinsicht ist die ausgesuchte Sorgfalt bemerkenswert, welche die Eunuchen auf ihre Kleidung und auf ihr Äusseres verwenden. Stets tragen sie peinlich sauber gehaltenen schwarzen Rock, und auch auf saubere Wäsche, auf weissen Kragen und Manschetten, auf gut erhaltene Schuhe legen sie viel grösseres Gewicht als man dies von der türkischen Bevölkerung gewöhnt ist. Durch goldene Uhrketten, durch Ringe, ja durch den Ersatz aller Schneidezähne durch Goldzähne schmücken sie ihren Körper.

So sitzen die traurigen hageren Gestalten vor den Toren der Gärten und Paläste, welche den Bosphorus einsäumen oder hocken mit gekrümmtem Rücken auf dem Bocke neben dem Kutscher eines Wagens, der die kaiserlichen Haremsdamen fährt.

Die Behauptung, dass die Eunuchen etwas Weibliches, Weiches haben, kann ich nicht bestätigen; auch traf ich niemals den Typus des feisten, schwammigen Eunuchen, wie er sich vorzüglich bei der Kastration in späteren Jahren entwickeln soll.

Die schwarzen Eunuchen des türkischen Harems sind alle schon in frühester Kindheit der gesamten äusseren Geschlechtsteile beraubt worden. Bis zur Pubertät sollen sie sich wie andere Knaben ent-

wickeln, erst dann kommt es infolge der Verzögerung der Verknöcherung der Epiphysenscheiben zum abnormen Wachstum und zu den Verbildungen der Extremitätenknochen.

Die psychologische Verkümmernng der Eunuchen lässt sich ohne weiteres aus dem trostlos leeren geistlosen und müden Gesichtsausdruck erkennen.

Von einem armenischen Arzte, der früher viel in wohlhabenden und vornehmen Türkenkreisen zu tun hatte, wurde mir berichtet, dass die Eunuchen stets trauriger, gedrückter, missvergnügter Stimmung seien und dass Selbstmordversuche bei ihnen häufig vorkämen. Zum Teil sollen sie frühzeitig an miliärer Tuberkulose zugrunde gehen.

In der Erfüllung ihrer Pflichten sollen sie pünktlich sein, auch sollen sie auf Ordnung und Sauberkeit halten, Begriffe, die der türkischen psychologischen Veranlagung weniger liegen.

Inwieweit die Behauptung, dass die Eunnuchen boshaft, falsch und hinterlistig seien, zutrifft, kann ich nicht beurteilen.

Jedenfalls zu irgendwelchen hervorragenden oder auch nur ernstlichen körperlichen oder geistigen Leistungen sind die energielosen, schwächlichen Menschen nicht zu brauchen.

Wenn in der Geschichte und in der Literatur von einzelnen wenigen bedeutenden Kastraten berichtet wird, so kann es sich dabei wohl nur um spät Verschnittene handeln.

Die schon in der frühesten Kindheit der Geschlechtsdrüsen beraubten schwarzen Eunuchen machen in körperlicher und in geistiger Hinsicht den Eindruck so schwerer Verstümmelung, wie man ihn so traurig bei keinem Kriegsverletzten findet, mögen ihm die Hände oder die Beine oder die Augen verloren gegangen sein.

Wenn ich nun endlich auf mein eigentliches Thema, auf die Psychologie des erwachsenen männlichen Türken zu sprechen komme, so muss ich doch zuvor kurz noch seine körperlichen Eigenschaften erwähnen.

Ähnlich wie die Türkin, so reift auch der junge Türke rasch heran. Buben mit 8, 10 Jahren lenken selbständig die Wagen durch das Gewühl der Grossstadt oder gehen als Schuhputzer oder sonstwie dem Erwerbe nach.

Der junge Türke ist ähnlich wie die junge Türkin meist schlank und mager.

Aber schon Ende der 20er Jahre nimmt das Fettpolster rasch zu, insbesondere das Gesicht wird massig. Die grosse fleischige Nase

ist nicht so gebogen wie beim jüdischen Typus. Bald kommt es zum Doppelkinn.

Die Stirne flieht leicht nach hinten, der Schädel ist klein und kurz.

Gar nicht selten trifft man beim Türken einen ausgesprochenen mongolischen Einschlag, kleine Statur mit Schlitzaugen, starken Backenknochen, leicht gelblicher Hautfarbe und spärlichen Bartwuchs.

Für gewöhnlich freilich ist die Bartentwicklung sehr gut. Die Schönheit und die unvergleichliche Würde des alten Türken liegt zum grossen Teil in dem prächtigen weissen Barte.

Die Neigung zur Korpulenz ist zweifellos eine Rasse-Eigentümlichkeit, der freilich auch von seiten der Türken nicht durch reichliche körperliche Bewegung entgegengetreten wird.

Der Türke hat kein Bedürfnis nach Körperbewegung. Er geht nur, wenn er muss.

Und muss er den Ort wechseln, so fährt er wenn möglich oder er reitet, wenn auch nur auf einem Esel.

So ist es begreiflich, dass der Türke gar kein Bedürfnis nach Sport hat. Er schwimmt nicht, ja er hält es für unanständig, sich im Freien auszuziehen und im Freien zu baden. Er rudert nicht, auch für Spaziergänge oder gar für Touristik und Bergsteigen hat er kein Verständnis.

Lebhafte sportliche Bewegung würde ja auch mit dem angeborenen Bestreben, die Würde zu wahren, nicht in Einklang zu bringen sein. Alle Bewegungen werden langsam und gemessen gemacht.

Laufen und springen gilt für den erwachsenen Mann als unanständig.

Dem Bedürfnis nach körperlicher Ruhe entspricht auch ein solches nach psychischer Ruhe.

Nichts ist dem Türken verhasster als Hetzen und Eilen, als Drängen und Streben.

Am frühen Morgen schon sieht man die Türken in dem Kaffeehause an der Strasse sitzen. Mit Sorgfalt drehen sie die Zigarette oder mit Bedacht rauchen sie die Wasserpfeife und geben sich dem Nichtstun, dem Kef hin. Dazu brauchen sie keine Zeitung, keine Musik, auch nichts zum Essen, nur kleine Schalen heissen, süssen Kaffees erhöhen die Behaglichkeit des Nichtstuns.

Und so sitzt oder hockt auch der einfache Mann in Würdestundenlang und träumt vor sich hin, dem vorüberhastenden Europäer ruhig nachblickend als wollte er ihm sagen: vor Hetze und Arbeit und vor auffressendem Ehrgeiz habt ihr ja gar nichts vom

Leben. Diese Art von Kultur, die mit solcher Unruhe einhergeht, wollen wir gar nicht, — wir sind zufrieden, — lasst uns in Ruhe!

Vielfach wird behauptet, dass die Religionslehre des Islams, der anerzogene Fatalismus es sei, welche den Türken veranlasse, sich so wenig um die Zukunft zu sorgen und so ruhig im Unglück und so ruhig im Glück zu sein.

Mir scheint vielmehr, dass das angeborene Bedürfnis nach körperlicher und nach geistiger Ruhe der Grund für die Beschaulichkeit und für den Gleichmut ist.

Lehren doch auch andere Religionen, dass unsere Erlebnisse vom Himmel aus bestimmt werden und doch ist die psychische Reaktion auf die Wendungen des Schicksals bei den verschiedenen Rassen und Völkern ganz anders und meist sehr viel lebhafter.

Dem angeborenen Bedürfnis nach Ruhe, dem Gleichmut der Seele ist es auch zuzuschreiben, dass der Türke auffällig wenig ehrgeizig ist.

All die vielen Titel, mit denen bei uns die Regierung in der Beamtschaft und aber auch in der Industrie den Ehrgeiz zu erregen und zu stillen weiss, kennt der Türke nicht.

Auch an Ordensauszeichnungen liegt ihm wenig. Wiederholt habe ich erlebt, dass türkische Soldaten, denen ein Orden verliehen wurde, diesen nicht trugen, da sie ihn verloren hätten, und als ein türkischer Arzt, der im Balkankrieg im Anschluss an einen schweren Flecktyphus durch Gangrän den linken Arm verlor, in meiner Gegenwart befragt wurde, ob er denn für seine Leistungen in so schweren Zeiten keine Auszeichnung erhalten habe, antwortete er still und bescheiden: Mein künstlicher Arm ist wohl Beweis genug, dass ich meine Pflicht und Schuldigkeit getan habe.

Niemals wurde ich von einem Türken gebeten, ihm einen deutschen Orden zu verschaffen.

Leider kann ich dasselbe nicht von den Deutschen sagen, ja ich muss offen gestehen, dass die Ordenssucht der Deutschen in der Türkei in recht aufdringlicher und unschöner Weise sich äussert.

Der mangelnde Ehrgeiz der Türken ist freilich auch der Grund dafür, dass die Türken so wenig vorwärts kommen, ja dass sie vielmehr in der Konkurrenz mit anderen Rassen und Nationen recht zurückbleiben.

Es liegt dem Türken gar nichts daran, in einem Betriebe vorwärts zu kommen, eine bessere, gehobene Stellung zu erhalten.

Sobald ihm etwas nicht passt, sobald ihm z. B. das Rauchen verboten wird, oder sobald er seinem Ruhebedürfnis nicht so nach-

kommen kann, wie er es wünscht, bleibt er von einem Tag zum andern weg.

Der Türke hat gar keine Lust, in einem Betriebe Vorarbeiter zu werden oder sich bei der Bahn eine bessere Stellung zu verschaffen, geschweige denn, dass er ein Bedürfnis hat, sich durch Fleiss und Tüchtigkeit auszuzeichnen.

Der mangelnde Ehrgeiz hat seinen Grund vielleicht auch in der grossen Bedürfnislosigkeit des Türken.

Seine Bedürfnisse gehen nicht über die Sättigung, über die Zigarette und über die Ruhe hinaus.

Er ist mit wenigem zufrieden und betrachtet neidlos fremdes Glück und fremde Wohlhabenheit.

Er sorgt nicht lange für die Zukunft; das tut ja Allah — und was soll er sich auch viel Geld durch harte Arbeit verdienen, wo das Nichtstun doch so süss ist.

Reisen, Erholungsaufenthalt im Gebirge oder an der See, künstlerische oder naturwissenschaftliche Liebhabereien, Bücher, Konzerte, Sport, Wein, das sind alles Bedürfnisse, die der Türke nicht kennt.

Und ist der Türke einmal durch Glück oder durch Schiebung, selten durch anhaltende ernste Arbeit zu Geld gekommen, so weiss er nicht mit ihm umzugehen und vergeudet es meist rasch wieder.

Der mangelnde Ehrgeiz des Türken äussert sich nun nicht nur darin, dass er ungern Neues schafft.

Der Türke hat auch nicht das Bedürfnis, das Bestehende gut zu erhalten.

Die Häuser der Türken, ja selbst die Staatsgebäude und die Paläste und die öffentlichen Baudenkmäler tragen alle die Spuren des Verfalles.

Aber auch seinem lebenden Materiale lässt der Türke nicht die notwendige Pflege zukommen.

Die Pferde und die Esel, die zum Ziehen und vor allem zum Tragen verwendet werden, sind in einem beklagenswerten Zustand.

Abgemagert, dass das Knochengerippe überall vorspringt, rüdig, die zahlreichen Wunden mit Fliegen bedeckt, die Kniee aufgeschlagen, werden die armen Tiere im Übermass belastet.

Ein kleines Eselchen mit seinen zierlichen Füssen droht unter der Last der schweren Säcke zusammenzubrechen und trotzdem sitzt oben noch ein Türke und denkt nicht daran, dem armen Tierchen die Last zu erleichtern.

Der steile Weg von dem am Meere gelegenen Galata nach dem hochgelegenen Pera wird einem durch die Roheit, mit der die Kutscher auf die armen klapperdürren Pferde einschlagen, verdorben.

Bergab fahren die Türken die beladenen Wagen im Trab ohne Bremse, sodass die Qual des Aufhaltens der Last noch grösser scheint als die des Aufwärtsschleppens.

Kein Tag, an dem man nicht auf der Strasse zusammengebrochene oder verendete Tiere sieht.

Abgesehen von dem ethischen Defekt, der einer solchen Tierquälerei zugrunde liegt, weist eine so mangelhafte Pflege und eine so rasche Abnutzung der Tiere auch auf eine recht geringe Einsicht in ökonomischer und finanzieller Hinsicht hin.

Die Tierquälerei ist um so unverständlicher als dem Türken von seinem Koran das Töten der Tiere verboten ist.

Der sich lausende Türke bringt die kleinen und doch zur Fleckfieberzeit so gefährlichen Tierchen nicht um, sondern setzt sie fein säuberlich neben sich. Von dort aus mögen sie aufs Neue sich auf andere Menschen stürzen.

Dem unbrauchbar gewordenen Pferde wird nicht der Gnadenstoss versetzt, es wird hinaus vor die Stadt geführt, dort mag es zugrunde gehen und von den halbwilden Hunden zerrissen und aufgezehrt werden.

Die Tausende von Hunden, denen früher die Strassenreinigung von Konstantinopel übertragen war, wurden als man zu einem andern System der Strassenreinigung überging, nicht getötet, sondern auf eine öde Felseninsel im Marmarameere gebracht, dort konnten sie verhungern und verdursten und sich gegenseitig aufzehren. Eine merkwürdige Art des Tierschutzes.

Auch gegen Menschen, vorzüglich wenn es sich um seine Feinde handelt, soll der Türke recht grausam sein können. Die Armenier können manches davon erzählen, soweit sich nicht ihr Mund für immer geschlossen hat.

Dem Bettler auf der Strasse gibt der Türke, wie es der Koran vorschreibt, Almosen. Wirkliches hilfsbereites Mitleid mit dem ins Unglück geratenen Menschen ist wohl wenig zu finden.

Um so auffälliger ist es, dass Roheitsdelikte, Schlägereien und Körperverletzungen bei den Türken sehr selten vorkommen, sehr viel seltener als bei uns in Deutschland oder gar in Südbayern.

Mit der Grausamkeit gegen Mensch und Tier steht vor allem aber die dem Türken charakteristische Höflichkeit im lebhaften Gegensatz.

Diese ist nicht etwa anerzogen, sie ist zweifellos eine angeborene psychische Eigenschaft.

Der Türke hat das Bedürfnis, den Verkehr mit den Menschen in einer möglichst verbindlichen, guten Form zu erledigen. Er lässt sich nicht zu rohen oder auch nur unpassenden Äusserungen hinreissen. Er benimmt sich stets ruhig und gemessen.

Der Türke ist zu höflich, um direkt zu widersprechen. Er scheint zuerst recht zu geben, um dann seine Gegengründe vorzubringen. *Vous avez raison, mais . . .*

Der Türke ist zu höflich, um die Wahrheit zu sagen, wenn diese unangenehm ist. Er wird niemals offen gegen jemand auftreten, dies tut er, wo er es für notwendig hält, versteckt.

Der Türke ist zu liebenswürdig, um eine Bitte abzuschlagen, lieber hält er sein Versprechen nicht.

Nie werde ich das entsetzte Erstaunen eines hohen preussischen Offiziers vergessen, als diesem das Nichteinhalten einer ehrenwörtlich gegebenen Zusage von einem Türken damit begründet wurde; *Malheureusement je suis forcé de rompre ma parole d'honneur!*

Dem einfachen Manne ist es eine sichtliche Freude, einem Höhergestellten einen Gefallen zu tun.

Wenn unsere türkische Ordonnanz in die Heimat nach Kleinasien beurlaubt war, so brachte sie stets kleine Geschenke, Feigen, Nüsse, ja gestickte Handtücher mit und das Gesicht des Anatoliers glänzte, wenn er sah, dass er uns Freude machte.

Auch das Benehmen der einfachen Landleute ist stets würdevoll und höflich. Auch der anatolische Bauer beherrscht die Umgangsformen in vollkommener Weise.

Der Bettler und der Unbemittelte sieht in dem gut gekleideten reichen Manne nicht den beneideten Feind, er wird ihm respektvoll Platz machen.

Wie überzeugend höflich ist der türkische Gruss. Mit einer leichten Verbeugung führt der Türke die Rechte von den Knien zu Mund und Stirn als ob er Staub vom Boden nähme.

Die Höflichkeit und die Liebenswürdigkeit ist aber nie übertrieben, nie aufdringlich, nie devot. Die guten äusseren Formen sind nicht nur „äusserlich“, sie entsprechen zweifellos einem vornehmen, liebenswürdigen, ritterlichen Charakter.

Die Reisenden, die von dem Inneren Kleinasiens kommen, sind alle erfüllt von der Liebenswürdigkeit, von der Gastfreundschaft und von der Freigebigkeit der Anatolier.

Bei aller Höflichkeit und Verbindlichkeit bleibt der Türke doch stets bescheiden und zurückhaltend. Er empfindet es sichtlich unangenehm, wenn man versucht, ihm Freundschaft aufzudrängen.

Der Bescheidenheit und der Feinfühligkeit entspricht aber auch eine gewisse, ja eine grosse Empfindlichkeit. Eine Empfindlichkeit, die von den Deutschen, insbesondere von den Norddeutschen oft nicht genug berücksichtigt wird.

Der Türke wird das Unfreundliche, was er erfahren, nicht vergessen, er trägt es vielmehr lange nach. Er ist zwar höflich und würdevoll, aber argwöhnisch und misstrauisch. Er ist nicht offen.

Der Türke hat kein Bedürfnis, sein Inneres zu offenbaren, ja er hat Scheu vor rückhaltloser Aussprache.

Will er ein Anliegen vorbringen, so wird er bei einem Besuch nicht gleich auf den Zweck seines Kommens eingehen, erst im Verlaufe einer längeren Unterhaltung bei Kaffee und Zigaretten kommt er wie zufällig auf seine Wünsche zu sprechen.

Bei einer ärztlichen Konsultation wird der Türke nicht berichten, dass er schon anderweitig untersucht und beraten wurde, geschweige denn, dass er einem den früheren Befund mitteilt. Er sucht den einen Arzt stets durch den andern zu kontrollieren.

Bestimmtes klares Fordern oder gar rücksichtsloses Verlangen liegt dem Türken nicht. Viel eher sucht er sein Ziel auf Umwegen zu erreichen.

Die Intrige gilt im Orient nicht als schlecht und verwerflich. Schlaueit und geschäftliche Geriebenheit wird sehr hoch eingeschätzt und wer im Orient etwas erreichen will, muss auch in dieser Hinsicht den Sitten und Gebräuchen des Landes sich anpassen.

Der fremdländische Verkehr wird den Türken nicht nur durch die angeborene Eigenschaft der guten verbindlichen Umgangsformen, sondern auch durch ein ausgesprochenes Talent für die Erlernung fremder Sprachen erleichtert.

Wieviel Türken traf ich, die fliegend deutsch sprachen, ohne je in Deutschland gewesen zu sein.

Nie habe ich Engländer oder Franzosen kennen gelernt, die auf Grund von Schulunterricht so gut wie die Türken hätten deutsch sprechen können. Die Türkei ist ja ein polyglottes Land. Ausser ihrer Muttersprache sprechen die gebildeten Türken fast alle griechisch, französisch, vielfach arabisch oder armenisch und in jüngster Zeit auch deutsch.

Freilich sind den Türken die spaniolischen Juden an Vielsprachigkeit noch überlegen.

In technischer und in kaufmännischer Hinsicht ist dagegen die Begabung der Türken recht gering.

Zur Bedienung von Maschinen soll man den Türken nicht gebrauchen können. Es fehlt ihm das technische Interesse und Verständnis. Vor allem lässt der Türke der Maschine nicht die notwendige Sorgfalt und Pflege und Bedienung angedeihen. Bald ist der Kessel durchgebrannt oder die Lager laufen heiss. Und ist gar etwas gebrochen, so weiss er keinen Rat. Denn das Wiederinsetzen, das ist nicht Sache des Türken. Die türkischen Kraftwagenführer fahren flott und schneidig. In kurzer Zeit fahren sie aber alle Wagen und Maschinen zusammen.

Die Röntgenapparate in türkischen Händen sind bald unrettbar ruiniert.

An der Westküste von Kleinasien soll man vielfach landwirtschaftliche Maschinen finden, die von Franzosen und Engländern eingeführt wurden, sie sind aber alle verrostet und verdorben und alle unbrauchbar.

Das Handwerk in Stadt und Land liegt, soweit es grössere technische Kenntnisse beansprucht, auch nicht in den Händen der Türken sondern in denen der Armenier und Griechen, die in technologischer Beziehung entschieden besser begabt sind. So kommt es, dass alle Lokomotivführer und die Maschinentechiker Griechen oder Armenier sind.

Ähnlich ist es mit dem Handel. Der Türke ist zu vornehm und zurückhaltend, aber auch zu wenig fleissig und rührig, um im Orient mit den spaniolischen Juden, mit den Syrern, den Griechen und den Armeniern die Konkurrenz erfolgreich aufnehmen zu können.

Mit Würde sitzt er in seinem kleinen, schmutzigen Laden und raucht seine Zigarette, viel zu stolz, seine Ware anzupreisen oder auch nur durch Aufstellung der Ware die Kauflust anzuregen.

Es fehlt ihm die Unternehmungslust aber auch die Dispositionsfähigkeit zum guten Kaufmann.

Teils aus Angst, betrogen zu werden, teils in der Hoffnung, noch mehr herauszuschlagen, kann er sich nur schwer zum Abschluss eines Geschäfts entschliessen.

Sein Argwohn, sein Misstrauen, kurz der Mangel an kaufmännischen Eigenschaften hindern ihn an erfolgreicher geschäftlicher Tätigkeit.

Kein Wunder, dass das türkische Volk von dem in kaufmännischer Beziehung ungewöhnlich gewandten, ja geriebenen und skrupellosen

Griechen und Armenier in geschäftlicher Hinsicht überflügelt wird und in finanzieller Hinsicht von ihm abhängig wird.

Kein Wunder aber auch, dass die Türken dann, wenn sich ihnen Gelegenheit bietet, wenn sie zur Macht kommen, wenn sie, wie im Kriege, in der Lage sind um, wie sie sich ausdrücken „profiter de la situation“, sich doch als die Herren des Landes zeigen und die drückende Schuldenlast recht kräftig, freilich in wenig kaufmännischer Weise von sich abschütteln.

Die europäischen Kaufleute, welcher Nation sie auch sein mögen, klagen einstimmig über die grossen Schwierigkeiten, die ihnen von den Türken bei dem Abschluss von Geschäften gemacht werden.

Ich darf hier aber mit allem Nachdruck darauf hinweisen, dass es sicherlich nicht Dolus, nicht böse Absicht, sondern dass es eine angeborene psychische Eigenschaft ist, wenn die Türken, wo sie nur immer können, bei der Abwicklung von Geschäften, bei der Durchführung grösserer Arbeiten stets Schwierigkeiten in den Weg legen, sie tun das doch auch, wenn sie selbst darunter leiden.

Von der Goltz soll Konstantinopel *Obstakopolis* genannt haben, ein Wort, das fast noch schwieriger auszusprechen ist als der berühmte Konstantinopolitaner Dudelsackpfeifer.

Diese Eigenschaft, Schikanen zu bereiten, erschwert das Arbeiten mit den Türken im hohen Grade.

Wer in der Türkei etwas leisten will, muss warten können und darf sich nicht dadurch entmutigen lassen, dass er immer und immer auf Widerstände stösst.

So hätten die Türken allen Grund, in ihrem industriearmen, ja man kann sagen industriellosen Lande die Gründung von Fabriken zu fördern. Solchen Bestrebungen wurden aber von jeher von allen Seiten so grosse Schwierigkeiten entgegengesetzt, dass fast alle Versuche scheiterten.

Auch die Entwicklung und die Leistungsfähigkeit ihrer eigenen Landwirtschaft halten die Behörden durch die Auflage von unerträglich hohen Steuern, durch mangelhafte Unterstützung der Viehzucht, durch Vernachlässigung des Weg- und Wasserbaues so zurück, dass Konstantinopel, die Hauptstadt eines agrarischen Staates, heute gerade so wie dies *Moltke* vor 80 Jahren in seinen türkischen Briefen beschrieben, verhungern muss, wenn es nicht vom Ausland Nahrungszufuhr bekommt.

Bei dem geringen Konkurrenzvermögen in technischer und geschäftlicher Beziehung ist es kein Wunder, wenn der Türke sich von

diesen Berufsarten, für die er so wenig Begabung hat, möglichst fernhält und wenn er vorzüglich sucht, als Beamter, als welcher er den Wettstreit nicht zu fürchten hat, in Ruhe sein Leben zu verbringen.

So eignet er sich vorzüglich zum Zollbeamten, zum Steuereinknehmer und für die Schreibstube.

Freilich kommt gerade bei dieser Beschäftigung die Sucht, wo und wie nur immer möglichst viel Schwiegekeiten zu machen, vielfach recht unangenehm zur Geltung.

Selbständiges Schaffen, Vorwärtsstreben, Wagen, Übernahme von Verantwortung und Organisationstalent, das sind Eigenschaften, die dem Türken nicht gegeben sind.

Wenn sich an der Spitze des türkischen Volkes viele hochbedeutende Männer finden, welche die eben genannten Eigenschaften im hohen Grade besitzen, so ist darauf hinzuweisen, dass sie meist keine rassechten Türken sind, es sind vielmehr Osmanen, die aus Montenegro, aus Albanien, aus Saloniki oder aus Syrien und Tunis abstammen, besonders häufig sind es Dönmes, spaniolische Juden, deren Vorfahren zum Islam übergetreten sind.

Die Begabung der Türken liegt eben nicht auf technischem, kaufmännischem oder organisatorischem Gebiete, sie liegt ganz ausgesprochen in militärischen Eigenschaften.

Der Tapferkeit und dem Todesmut ihrer Volksheere hatten die Türken es zu verdanken, dass sie den ganzen Balkan sich unterworfen haben, ja dass sie bis vor Wien vorrücken konnten.

Und auch jetzt noch sind alle europäischen Offiziere, die mit den Osmanli ob als Feind oder als Freund zu tun haben, von den trefflichen soldatischen Qualitäten der Türken erfüllt.

Tapfer, gehorsam, treu ist der türkische Soldat bedürfnislos und bewundernswert geduldig im Ertragen von Strapazen, im Aushalten von Hunger und Kälte.

Besonders soll sich seine Ruhe und seine Kaltblütigkeit im Feuer bewähren.

Was die Türken unter den allerschwierigsten Verhältnissen an den Dardanellen geleistet haben, das soll nach dem Urteil von Sachverständigen für alle Zeiten vorbildlich und bewundernswert sein.

Da wo ein Vergleich mit europäischen Truppen möglich war, da traten die trefflichen soldatischen Eigenschaften der Türken besonders hervor.

War doch in den Heeresberichten aus dem Osten die prächtige Haltung der türkischen Truppen oft erwähnt worden.

Auf den Exerzierplätzen in und um Konstantinopel kann man sich täglich davon überzeugen, wie eifrig und fleissig die Anatolier bestrebt sind, durch möglichste Anstrengung die Zufriedenheit ihrer Vorgesetzten zu erwerben. Sie sind sichtlich stolz darauf, Soldaten zu sein, dieser Beruf liegt ihnen.

Wie prächtig ist die Haltung der ins Feld ausmarschierenden Truppen.

Welch kräftiger und prächtiger Menschenschlag ist in dem braun gebräunten anatolischen Bauern vertreten.

Das türkische Offizierskorps freilich leidet noch recht unter der mangelhaften Bildung; ist doch der Prozentsatz von Offizieren, die nicht lesen und schreiben können, verhältnismässig gross, und wenn der Offizier etwas Bildung annimmt, so ist der Verkehr mit ihm, wie mit allen Halbgebildeten recht schwer.

Dass der Türke ein so guter Soldat ist, das beruht sicherlich nicht auf Erziehung sondern auf angeborenen psychologischen Eigenschaften, auf dem Mut, auf der Bedürfnislosigkeit, auf dem Gehorsam und auf dem grossen Respekt vor der Obrigkeit.

Die Türken waren von jeher ein kriegerisches Volk.

Alle Erfolge, welche die Türken im Laufe der Jahrhunderte erzielt haben, haben sie mit den Waffen errungen.

Recht schwer ist es, ein Urteil über die künstlerische Begabung der Türken zu fällen.

Die Art von Kunst, die wir in Europa pflegen und schätzen, wird man in der Türkei vergeblich suchen.

Da gibt es keine Bilder und keine figürliche Plastik, die unser Auge erfreuen, aber auch keine Musik, die unserem Ohre verständlich wäre, auch keine Innenkunst.

Nie werde ich die Enttäuschung vergessen, die ich empfand als ich das erste Mal — als Consiliarius — in den Harem eines reichen türkischen Paschas kam.

In einem grossen, völlig leeren Raum standen an den Wänden lange, mit Teppichen bedeckte Kisten, das waren die Diwans! An den kahlen Wänden waren einige Tafeln mit Koransprüchen aufgehängt.

Auf einer Matratze am Boden lag eine Türkin, die so dick war, dass sie nicht mehr gehen konnte, zu der ich eben wegen der krankhaften Fettleibigkeit gerufen wurde. Ich muss gestehen, ich habe mir einen Harem und dessen Insassen anders vorgestellt!

Doch war dieser Eindruck noch besser als spätere, bei denen ich in türkischen Wohnungen den hässlichsten europäischen Kitsch: pompöse, goldstrotzende Möbel und daneben, als Beweis des künst-

lerischen Fortschrittes die grotesken Formen unseres sogenannten Jugendstiles, und stets ein Grammophon und vernickelte Weckeruhren vorfand.

Im Orient wird über Kunst nicht gesprochen und noch weniger geschrieben. auch gibt es keine Ausstellungen und doch sind die künstlerischen Eindrücke, die sich einem dort aufdrängen, grösser und schöner als in unseren verkünstelten modernen Städten.

Die Kunst, die dort geboten wird, ist unbewusst und vielleicht gerade deshalb so eindrucksvoll.

Wie farbenfroh, ja wie künstlerisch schön ist die türkische Kleidung: Der rote Fez von einem weissen, grünen oder gelben Turban umschlungen, die weiten wallenden Gewänder, die breite farbige Leibbinde, die weiten, faltigen unten engen Beinkleider. Und alles, wenn auch vielleicht zerrissen, in der Farbentönung unbewusst trefflich zusammengestimmt. Da kann unsere europäische Kleidung, ja selbst unsere Festkleidung der schwarze Frack und der Zylinderhut an künstlerischem Eindruck nicht mitkonkurrieren!

Vor allem beraubt sich aber der Türke nicht der Zierde, die uns die Natur im Barte gegeben. Der weisse wallende Bart des alten Türken verleiht unvergleichliche Würde und männliche Schönheit.

Die Harmonie der tiefen vollen leuchtenden Farben eines türkischen Teppichs verschafft, je öfter man sie auf sich wirken lässt, um so grösseren Genuss.

Ein verfallener und verwahrloster Friedhof mit seinen dunklen Zypressen wirkt zweifellos stimmungsvoller als die strenge Ordnung unserer Friedhöfe. Wie poetisch ist der Brauch, den Stein eines Mädchens durch ein Relief mit einem Blumenkorb, den einer Frau und Mutter durch das eines Korbes mit Früchten zu bekronen.

Und wenn die Grabsteine bald schief stehen und umfallen und schliesslich in die Erde sinken und überwuchert werden, so ist dies ein weiteres Symbol der Vergänglichkeit alles Irdischen.

Hervorragendes haben die Türken in der Architektonik geleistet. Die grossen Moscheen in Stambul. aber auch in Adrianopel und in Brussa gehören mit zu den grössten und schönsten und in ihrem Innern stimmungsvollsten Bauwerken aller Zeiten. Freilich lehnen sie sich in ihrer Art sehr an die byzantinische Kunst an und ahmen fast alle den Aufbau der Sophienkirche nach.

Wenn den Türken die figürliche Plastik auch von religiöser Seite verboten ist, so leisten sie doch in der Ornamentik Auszeich-

netes und durchaus Originelles. Wie entzückend sind doch die öffentlichen Brunnen, wenn sie auch verwahrlost sind.

Der türkischen Musik stehen wir Europäer ratlos und verständnislos gegenüber.

In einer Art der Kunst aber ist der Türke zweifellos Meister und uns weit überlegen und das ist die Lebenskunst.

Das Lebensideal ist ihm nicht das Hasten und Streben nach Erfolg, nach Geld und Gut und Genuss, es liegt ihm vielmehr in der ruhigen Zufriedenheit und Beschaulichkeit.

„Möge seine Seele zufrieden sein“, das ist ein Gruss, der dem Wanderer mitgegeben wird. Und die Ruhe und die selbstverständliche Ergebenheit, mit welcher der Türke sich den Wandlungen des Schicksals fügt, ist in Wahrheit bewundernswert.

Über die religiöse Veranlagung der Türken will und kann ich mir kein Urteil anmassen. Eindrucksvoll ist der grosse Ernst und die sichtliche Frömmigkeit, mit welcher der Türke seine Gebetsübungen vornimmt. Ohne Rücksicht auf die Umgebung, mag es sein im Krankensaal oder auf dem Dampfer oder in der Schreibstube, und nicht beirrt durch Andersgläubige stellt sich der gläubige Moslim zur vorgeschriebenen Zeit auf seinen Gebetsteppich oder seinen Mantel und spricht, das Gesicht gegen Mekka gewandt, in sichtlicher Sammlung und Andacht, der Welt entrückt, seine Gebete, dabei wirft er sich wiederholt mit der Stirne auf den Boden. Die Beteiligung des Körpers an den Gebetsübungen gehört zur innerlichen Zucht.

An der religiösen Duldsamkeit der Türken können wir Europäer uns ein Beispiel nehmen.

Wenn die Vertreter der vielen verschiedenen christlichen Glaubensbekenntnisse am heiligen Grabe über die Zahl der Lampen, welche jeder Sekte an den verschiedenen Festtagen zukommen, in Streit geraten und sich prügeln, dann müssen die Türken Frieden stiften.

Die Religion des Türken, d. h. der Islam hat viel grosse Züge.

So verbietet sie die Darstellung von Bildern Gottes, indem sie es als unmöglich hinstellt, die Grösse und die Herrlichkeit und die Unendlichkeit des Weltgeistes zum Ausdruck zu bringen, entschieden ein höherer Standpunkt als ihn der aufdringliche Heiligenbilderkultus der griechisch-katholischen Kirche darstellt.

Die Ehelosigkeit wird auch den Geistlichen, den Iman und Hodschas als naturwidrig vom Koran streng verboten.

Besonderes leistet der Islam in hygienischer Beziehung. Oft

wünschte ich mir als Polikliniker in Unterfranken einen Propheten, der dem Volke mehrmalige tägliche Waschungen vorschreibt.

Die häufig aufgestellte Behauptung, dass der Islam es sei, der die Türken an dem Hochkommen und an erfolgreicher Konkurrenz mit den westlichen Völkern hindere, trifft meiner Überzeugung nach nicht zu. Viel mehr als der Islam ist die psychologische Veranlagung der Türken dafür zu beschuldigen.

Diese psychologische Veranlagung ist andererseits doch auch die Ursache, dass die Türken von allen Völkern, welche dem Islam angehören, in ethischer Hinsicht am höchsten stehen.

Ja auch im Vergleich mit den christlichen Völkern des Orients, im Vergleiche mit den Griechen und Armeniern und christlichen Syrern wird der Türke von allen Kennern des Orients am höchsten eingeschätzt. Nennt man doch den Türken den Gentleman, den Edelmann des Orients. Alle Leute, welche in Kleinasien reisen, betonen, welcher grosser Unterschied zwischen dem verschlagenen unzuverlässigen Griechen, dem gewinnsüchtigen und geliebten Armenier und dem gastfreundlichen, ehrlichen, vornehmen und zuverlässigen Türken besteht.

Die Behauptung, dass der Türke wie alle Orientalen ohne weiteres bestechlich sei, ist in dieser Allgemeinheit gesprochen sicher nicht richtig. Ja mir ist es wiederholt vorgekommen, dass Türken, die mir einen Dienst erwiesen, wie ein alter Diener, der mich im Museum führte oder der Wächter einer Moschee jede Entlohnung für ihre Mühe mit einer vornehmen Geste ablehnten.

Freilich die Forderung, dass man auch dem Staate gegenüber zur Ehrlichkeit verpflichtet sei, wird von dem Türken selten anerkannt werden. Doch muss man zugestehen, dass ihnen die Europäer in dieser Hinsicht, z. B. in Zollangelegenheiten mit recht schlechtem Beispiel vorangehen.

Sehr bedauerlich ist es, dass die trefflichen psychologischen Eigenschaften der türkischen Landbevölkerung mit der Zunahme des Wohlstandes, mit der Hebung der Stellung und mit der Übersiedlung in die Stadt vielfach verloren gehen. Da kommt dann der mangelnde Sinn für die Pflicht, das fehlende Bedürfnis nach Arbeit, die geringe Opferfreudigkeit für die Allgemeinheit recht zum Ausdruck.

Zur Macht gekommen wird der Türke vielfach brutal und rücksichtslos. Erwerb sucht er weniger durch Arbeit als durch Schiebung in der Auswahl der Mittel ist er nicht sehr wählerisch. Auf die Notlage des ärmeren Volkes nimmt er keine Rücksicht, kurz der üble

Beiklang, der dem Worte Paschawirtschaft anhängt, ist dann wohl berechtigt.

Ein oberflächlicher französischer Firnis kann die Hohlheit einer solchen Kultur und die rohe Genusssucht nicht verdecken. Erstaunlich ist es, mit welcher Geduld das Volk dann solche Miss- und Günstlingswirtschaft erträgt.

Der arme, unbemittelte Mann findet sich mit seiner schlechten sozialen Lage als mit einer Fügung Gottes protestlos ab. Er fordert vom Schicksal keine Gerechtigkeit, er hat auch gar nicht das Bestreben, sich herauf zu arbeiten, keinen Ehrgeiz, eine bessere Stelle zu erreichen.

So gibt es keine Partei der Unzufriedenen, es gibt keine Sozialdemokraten. Es gibt aber auch keinen Adel, keine bevorzugten Klassen, keine gesellschaftlichen Kasten. Die Dienerin ist mit in die Familie aufgenommen und wird als zur Familie gehörig gut behandelt. Das Kind der Dienerin ist mit den Kindern der legitimen Frauen völlig gleichberechtigt.

Es gibt auch keine sozialen Vorurteile. Fast alle führenden Männer der jetzigen jungtürkischen Regierung stammen aus kleinen Verhältnissen. Der mächtigste und wohl auch der bedeutendste Mann, der Grossvezir Talaat Pascha, war früher Geldbriefträger in Saloniki!

Aber auch der Kapitalismus und die Plutokratie spielen keine Rolle, jedenfalls nicht die, die sie in europäischen Staaten oder gar in Amerika spielen.

So sind in sozialer Hinsicht die Verhältnisse in der Türkei sicherlich viel einfacher und lange nicht so gegensätzlich und schwierig wie bei uns.

Viel wird die Frage erörtert, ob denn die Türken nach dem Kriege imstande sein werden, aus eigener Kraft sich in die Höhe zu arbeiten und den Wettkampf mit den westlichen Völkern in landwirtschaftlicher, technischer und kaufmännischer Hinsicht erfolgreich aufzunehmen. Die Beantwortung dieser Frage fällt nach der Nationalität des Beantwortenden recht verschieden aus.

Die Griechen und die Armenier, aber auch die Syrier, d. h. die Araber sind so sehr von der Minderwertigkeit der Türken in kaufmännischer und technischer Hinsicht überzeugt, dass sie darüber die Überlegenheit der Türken in ethischer Beziehung ganz übersehen. Sie sind auch als Völker, die von den Türken unterdrückt werden, kaum imstande, ein unparteiisches Urteil abzugeben.

Aber auch die Europäer, welche schon lange Jahre in der Türkei tätig sind, drücken sich bei der Prognosenstellung recht vorsichtig

aus. Sie kennen zu gut die psychologischen Eigenschaften der Türken, stets vom Fortschritt und von den Reformen zu sprechen und zu schreiben und doch jedem wirklichen dauernden Fortschritt Indolenz, passiven Widerstand, ja Schwierigkeiten entgegenzusetzen. Doch kann auch der kritisch Veranlagte, ja selbst der den Türken Übelwollende nicht leugnen, dass in den letzten Jahren vieles besser geworden ist.



Überall — mag es im Schulwesen, im Postwesen, in der Polizeiverwaltung, in der Kunst, in der Malerei, in der Musik, in der Literatur und in der Journalistik, im Bankwesen und im Handel sein — überall ist ein ernster Wille der Türken, vorwärts zu kommen und von den westlichen Kulturnationen nicht mehr allzu abhängig zu sein, unverkennbar.

In einem Fache, in dem der Medizin, kann ich mir ja ein eigenes Urteil erlauben. Und da kann ich berichten, wie fleissig an den türkischen Krankenhäusern gearbeitet wird, wie regelmässig die Krankengeschichten geführt werden und wie sehr die türkischen Ärzte auch schon bestrebt sind, die Diagnose durch mikroskopische und bakteriologische Untersuchungen zu sichern. Hat doch auch der Unterricht in der medizinischen Fakultät zu Haidar Pascha, wo ausschliesslich türkische, freilich vielfach in Deutschland ausgebildete Lehrer tätig sind, gegenüber früher ganz wesentliche Fortschritte gemacht.

Vor allem aber ist zu betonen, dass nun unter den Türken endlich auch ein bewusster Patriotismus, ein Stammes- und Rassenbewusstsein zu erstarken beginnt, das freilich vielfach schon in Chauvinismus und in Überschätzung der eigenen Leistungen ausartet.

Zum Schlusse meiner Darlegungen über die Psychologie der Türken darf ich wie zu Anfang nochmal darauf hinweisen, dass dauernde freundschaftliche Beziehungen zwischen verschiedenartigen Völkern nur bei gegenseitigem vollem Verständnis für die psychologische Eigenart des andern und bei Duldung dessen Schwächen aufrecht erhalten werden können.

Die psychologischen Eigenschaften, welche die Freundschaft eines Volkes wertvoll machen, vornehme Gesinnung, Treue, die in schweren Zeiten aushält und treffliche soldatische Veranlagung sind bei dem türkischen Volke in ungewöhnlicher Weise vereint und so haben wir Deutsche allen Grund, die Freundschaft dieses Volkes hoch einzuschätzen.



VERHANDLUNGEN

DER

PHYSIKALISCH-MEDICINISCHEN GESELLSCHAFT

ZU

WÜRZBURG.

N. F. BAND 45.

N. 5.



KINETO-ELEKTRO-MAGNETISCHE
THEORIE DER KRISTALLE.



VON

PROF. DR. J. BECKENKAMP.

WÜRZBURG.

CURT KABITZSCH VERLAG.

1918.



Jede Nummer ist als Separatabdruck auch einzeln käuflich.

20% Teurungszuschlag.



Botanische Arbeiten

aus den

„Verhandl.“ u. „Sitzungsberichten“ der Physik.-med. Gesellschaft

Die Flora des Rhöngebirges.

Von M. Goldschmidt-Geisa.

- I. Folge. 2. Aufl. Preis M. 1.—.
 II. Folge. Preis M. —.60. III. Folge. Preis M. 1.—.
 IV. Folge. Preis M. 1.—. V. Folge. Preis M. —.80.
 VI. Folge. Preis M. 1.20. VII. Folge. Preis M. 1.—.
 VIII. Folge. Preis M. 1.—.

Beiträge

zur

Kenntnis der Kallus- und Wundholzbildung geringelter Zweige und deren histologischen Veränderungen.

Von Dr. phil. Aug. Krieg.

Mit 25 Tafeln. — Preis M. 12.—.

Aus der

Pflanzenwelt Unterfrankens.

Herausgegeben von

Prof. Dr. Gregor Kraus.

- Heft 1: Johann Michael Fehr und die Grettstadter Wiesen. Von Gr. Kraus. Preis M. 1.50
 2: Über den Bau der Schlehkräppl. Von Fr. Bott. Preis M. 1.—
 3: Anpassung der Zwergpflanzen des Würzburger Wellenkalkes nach Blattgrösse und Spaltöffnungen. Von E. Lippold. Preis M. 1.50
 4: Anemometrisches vom Krainberg bei Gambach. Mit 4 Tafeln. — Schlussworte zu Fehrs „Tempe“. Von Gr. Kraus. Preis M. 2.—
 5: Über Alter und Dickenwachstum von Würzburger Wellenkalkpflanzen. Von Fr. Kaungieser. Preis M. 1.20
 6: Über den Nanismus unserer Wellenkalkpflanzen. Von Gregor Kraus. Mit 1 Tafel. Preis M. 1.50
 7: *Vicia Orobus* DC. und ihre Heterotrichie. Von Gregor Kraus. Mit 2 Tafeln. Preis M. 1.—
 8: Die *Sesleria*-Halde. Von Gregor Kraus. Mit 2 Tafeln. Preis M. 1.—
 9: Die Anatomie einiger Gramineenwurzeln des Würzburger Wellenkalkes. Von Franz Contzen. Preis M. 2.40
 10: Erfahrungen über Boden und Klima auf dem Wellenkalk. Preis M. —.80
 11: Die Fels- und Geröllehne. — Wellenkalkwälder. — *Lactuca quercina* L. — *Ambrosius* Rau und sein Rosenherbar. Preis M. 1.30

Aristoteles und Plinius.

Studien zur Geschichte der Zoologie

von Dr. August Steier.

Preis broschirt M. 4.—.

INHALT: Die Einteilung der Tiere in der *Naturalis Historia* des Plinius. — Die Tierformen des Plinius. — Zoologische Probleme bei Aristoteles und Plinius.

Eine der besten Arbeiten zur antiken Zoologie, welche seit Jahren erschienen ist.
„Mitteilungen zur Geschichte der Medizin“.

20% Teuerungszuschlag.

Kineto-elektro-magnetische Theorie der Kristalle.

Von

J. Beckenkamp

in Würzburg.

Leistungsfähiger als die statischen sind die kinetischen Modelle der Kristalle; nach diesen stellt der Kristall einen Mikrokosmos dar. Die kinetische Theorie der Kristalle muss auf einer kinetischen Theorie der Atome aufgebaut werden.

Ampère hat (1820) zur Erklärung der magnetischen Induktion angenommen, die kleinsten Teile eines magnetischen Körpers seien von elektrischen Strömen umkreist. Nachdem Verf. bereits (1888) die Anlagerung neuer Moleküle in den Kristallverband auf elektrische Kreisströme zurückzuführen versucht hatte, leitete er (1899), veranlasst durch die Bemerkung *Sohnckes*¹⁾, dass die schraubenförmige Anordnung der kleinsten Massenteile für sich nicht genüge zur Erklärung des Zerfalls einer linear polarisiert einfallenden in zwei entgegengesetzt zirkulare Schwingungen, für den Quarz eine „kinetische, auf der Annahme elektrisch umkreister Moleküle gegründete Theorie“ ab. Die inzwischen bekannt gewordene optische Drehung des Quarzes auch für Strahlen senkrecht zur Hauptachse findet in dem damals abgeleiteten Strukturbilde freilich keine Erklärung und muss dieses demnach eine entsprechende Änderung erfahren.

Verf. suchte dann (1900) die Kristallbildung allgemein auf elektrische Ströme, d. h. rotierende Elektronen zurückzuführen, welche die kleinsten Massenteile in elliptischen Bahnen umkreisen. „Die an der Peripherie des Moleküls veranlassten, den Lichtschwingungen entsprechenden Oszillationen müssen in drei zueinander senkrechte Komponenten zerfallen.“ Gegenüber *P. Weiss*, welcher (1898) die magnetischen Erscheinungen am Magnetit auf „magnetische Ebenen“ parallel den Würfelflächen zurückzuführen suchte, die durch nicht-

¹⁾ Ann. d. Phys. 1872. Erg.-Bd. 8. S. 63.

magnetische Zwischenschichten getrennt seien, zeigte Verf. (1902) mit Hilfe der von *P. Weiss* angegebenen Zahlenwerte, dass diese Ebenen beim Magnetit den Oktaederflächen entsprechen müssen, und suchte dieses mit dem bekannten, nach den Oktaederflächen lamellaren Bau der Magnetitkristalle in Zusammenhang zu bringen.

Auch die *Bequerelschen* Beobachtungen am Xenotim versuchte Verf. (1908) durch die Annahme von in entgegengesetztem Sinne kreisenden Elektronen, welche als „peripherische Bestandteile der Atome“ aufgefasst wurden, zu erklären.

Ordnet man die Elemente nach steigendem Atomgewichte (vgl. Tabelle), so sieht man, dass eine regelmässige Änderung der Eigenschaften vom Si bis zum F eintritt, zwischen F und Na hat jedoch die kleine Änderung des Atomgewichtes eine plötzliche Änderung der Eigenschaften zur Folge. Von da ab wiederholt sich die allmähliche Änderung bis zum Cl, dann tritt ein Sprung ein usw. Die regelmässige Veränderung zeigt sich in der Wertigkeit gegenüber dem Sauerstoff, welche von 1 bis 7 ansteigt, und in der Wertigkeit gegen Wasserstoff bzw. Halogen, welche von 1 (Li) bis 4 (C) ansteigt und dann wieder bis auf 1 (F) fällt. Die Metalle der Platin-Eisengruppe können Sauerstoff gegenüber achtwertig sein, während die sog. Edelgase Helium, Argon etc. als nullwertig gelten. Eine periodische Änderung ist auch hinsichtlich des spez. Gewichtes und des Atomvolumens V zu erkennen (vgl. Tabelle).

Die radioaktiven Elemente zerfallen im Laufe der Zeit sukzessive in andere Elemente, von welchen das Helium das Endprodukt darzustellen scheint. Die beiden naheliegenden Fragen, ob auch bei den bis jetzt nicht als in Zerfall begriffenen Elementen ein nur langsam vor sich gehender Abbau stattfindet, und ob neben dem Zerfall von schwereren Atomen in leichtere auch ein Aufbau von schwereren Atomen aus leichteren möglich sei, sind bis jetzt nicht gelöst.

Rydberg brachte 1897 die Atomgewichte auf die Form $A = N + D$, worin N eine ganze Zahl und D sehr klein gegen A bzw. N und eine periodische Funktion von A ist.

Die Mineralien Rutil TiO_2 , Zirkon $ZrO_2 + SiO_2$ und Zinnstein SnO_2 kristallisieren tetragonal mit dem Achsenverhältnisse $c : a = 0,6441, 0,6404, 0,6723$. Die Änderung des Molekularvolumens erfolgt bei den Mineralien der Rutilreihe in gleichem Sinne wie die der Achse c . Verf. vermutete deshalb (1906), dass die Änderung des Atomvolumens auf eine entsprechende Änderung des absoluten Wertes der c -Achse zurückzuführen sei. Sowohl alle Formen von SiO_2 als

auch sämtliche Mineralien der Rutilreihe stehen zur regulären Syngonie in Beziehung.

Setzen wir für die horizontalen Reihen des periodischen Systems der Elemente Ordnungszahlen n derart fest (vgl. Tabelle), dass n für Si gleich 1, für Ti = 2, für Ge = 3, für Sn = 5 usw., und ist A_0 das Atomgewicht von O, so ist

$$R_n = \frac{nA_0}{A_n} \text{ bei } \begin{array}{l} \text{Si} = 0,5634 \\ \text{Ti} = 0,664 \\ \text{Zr} = 0,708 \\ \text{Sn} = 0,672 \end{array}$$

Der Wert R_n nähert sich also bei

$$\begin{array}{l} \text{Si dem Werte } 0,57735 = \text{tg } 30^\circ = g [110] : l [112] \\ \text{Zr } \quad \quad \quad 0,7071 = \frac{1}{2} \sqrt{2} = h [100] : g [110] \\ \text{Ti und Sn } \quad \quad 0,666 \dots = 2 : 3. \end{array}$$

Für Zirkon wird $R_n = A_0 \frac{n_{\text{Si}} + n_{\text{Zr}}}{2} : \frac{A_{\text{Si}} + A_{\text{Zr}}}{2} = 0,672$, also ebenfalls annähernd = 2 : 3. Verf. vermutete deshalb, dass R_n den Radius des primären Atombereichs darstelle und dass die hexagonale Syngonie der Formen von SiO_2 durch die Annäherung des Wertes R_n an das Verhältnis $g:l$, der Abstände der Massenpunkte eines kubischen Gitters in der Richtung der Granatoeder- und der Leucitoedernormalen, d. h. der Kante und der Höhenlinie einer Oktaederfläche begründet sei. Auch für eine grössere Anzahl anderer Mineralgruppen fand Verf. ähnliche Beziehungen. Der Radius des primären Atombereichs ist also hiernach umgekehrt proportional dem Atomgewichte und proportional der Zahl n . Verf. sprach (1906) die Vermutung aus, dass von den Atomen Schwingungen ausgehen, deren Schwingungszahl dem Atomgewichte proportional sei, und dass sich infolgedessen ein System stehender Wellen ausbilde, welches die Anordnung der Atome regle.

Auch *M. Planck* vermutete (1907), dass „innerhalb der chemischen Atome gewisse stationäre Bewegungsvorgänge von der Art stehender Schwingungen stattfinden, die mit keiner oder nur mit unmerklicher Ausstrahlung verbunden sind“¹⁾.

J. J. Thomson leitete (1904) folgendes Atommodell ab: Das Atom soll eine verhältnismässig grosse Kugel darstellen, innerhalb deren eine positive elektrische Ladung gleichmässig verteilt sei. In der Kugel sollen ausserdem punktförmig gedachte Elektronen enthalten sein, deren gesamte Ladung der positiven Ladung der Kugel entgegengerichtet ist.

¹⁾ Ann. d. Phys. 1908; 26, 30.

Atomgewicht (A) und Atomvolumen der nach dem periodischen System geordneten Elemente.

	n	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
A		1. H							2. He
V		1,008							4
		—							20
A		3. Li	4. Be	5. B	6. C				
V		6,94	9,1	11,0	12,0				
		11,9	4,91	4,49	3,43				
A						7. N	8. O	9. F	10. Ne
V						14,01	16,00	19,0	20,2
						6,7	14,1	16,7	—
A		11. Na	12. Mg	13. Al	14. Si				
V		23,0	42,32	27,1	28,3				
		30,7	14,0	10,0	11,9				
A						15. P	16. S	17. Cl	18. Ar
V						31,04	32,06	35,46	39,88
						14,1	15,2	23,5	32,8
A		19. K	20. Ca	21. Sc	22. Ti	23. V	24. Cr	25. Mn	26. Fe
V		39,1	40,07	44,1	48,1	51,0	52,0	54,93	55,84
		44,9	21,7	—	9,9	8,81	7,53	7,4	7,1

1-2

2-3

A	3-4	27. Ni 58,68 6,65	28. Co 58,97 0,95	29. Cu 63,57 7,35	30. Zn 65,37 9,17	31. Ga 69,9 11,7	32. Ge 72,5 13,1	33. As 74,96 15,9	34. Se 79,2 18,6	35. Br 79,92 25,7	36. Kr 82,92 37,4			
A	4-5		37. Rb 85,45 55,1	38. Sr 87,63 35,3	39. Y 88,77 22,34	40. Zr 90,6 22,2	41. Nb 93,5 13,3	42. Mo 96,0 10,6	43. —	44. Ru 101,7 8,25				
A	5-6	45. Rh 102,9 8,5	46. Pd 106,7 8,85	47. Ag 107,88 10,25	48. Cd 112,4 13,0	49. In 114,8 15,4	50. Sn 118,7 16,25	51. Sb 120,2 17,9	52. Te 127,5 20,3	53. J 126,9 26,4	54. X 130,2 33,5			
A	6-7		55. Cs 132,8 70,5	56. Ba 137,37 34,4	57. La 139,0 22,6	58. Ce 140,25 21,2	59. Pr 140,6	60. Nd 144,3	61.—62. Sm 150,4	63. Eu 152,0				
A	7-8		64. Gd 157,3	65. Tb 159,2	66. Dy 162,5	67. Ho 163,5	68. Er 167,7	69. Tm 168,5	70. Yb 173,5	71. Lu 175,0	72. Kt [178]	73. Ta 181,5 14,3	74. W 184,0 9,8	75. Os 190,9 8,5
A	8-9	77. Ir 193,1 8,62	78. Pt 195,2 9,1	79. Au 197,2 10,25	80. Hg 200,6 14,1	81. Tl 204,0 17,15	82. Pb 207,2 18,3	83. Bi 208,0 21,3	84. Po [210,0]	85. —	86. Em [222,0]			
A	9-10		87. —	88. Ra 226,0	89. Ac [227]	90. Th 232,15 21,2	91. Pa [234]	92. U 238,2 20,05						

setzt gleich sei. Die Elektronen sollen infolge der Anziehung von seiten der positiven Ladung und der gegenseitigen Abstossung auf Kreisbögen in einer Meridianebene um das Zentrum der Kugel rotieren. Trennen sich Elektronen ab, so entsteht ein positives Ion, werden Elektronen aufgenommen, so entsteht ein negatives Ion. Dieselbe Elektronengruppierung, welche ein bestimmtes Atom hat, muss nach einem bestimmten Intervall als Gruppierung der innersten Elektronen wiederkehren, um die sich ein weiterer Ring gelegt hat. Dadurch erklärt sich die periodische Anordnung der Elemente; damit das Elektronensystem stabil sei, müssen die Elektronen mit einer gewissen Geschwindigkeit rotieren.

Rutherford hatte schon früher gefunden, dass das Uran und das Thorium zwei durch ihre Absorbierbarkeit verschiedene Strahlenarten, welche als α - und β -Strahlen bezeichnet wurden, aussenden; später kamen noch die γ - und die δ -Strahlen hinzu. Die δ -Strahlen haben sich als negativ geladene Massenteilchen erwiesen; die α -Strahlen sind ausgeschleuderte Heliumatome ohne Elektronen, also positive Ionen; die β -Strahlen sind ausgeschleuderte Elektronen; die γ -Strahlen sind Röntgenstrahlen von grosser Härte, d. h. von grosser Durchdringungsfähigkeit.

Der Verlauf der α -Strahlen beim Durchgange durch einen mit Wasserdampf gefüllten Raum und durch eine dünne Metallfolie führte *E. Rutherford* (1911) zu der Vorstellung, dass die Atome aus einem positiv geladenen Kern und ihn umkreisenden Elektronen bestehen. Der Kern repräsentiert fast die ganze Masse des Atoms, aber nur einen sehr geringen Teil des Atomvolumens. Da das Atom als Ganzes elektrisch neutral ist, die Elektronen aber negative Ladungen darstellen, so muss der Kern eine positive Ladung besitzen, welche der Gesamtheit der Elektronen gleich und entgegengesetzt ist. Aus der Abstossung der positiven α -Strahlung an den positiven Atomkernen berechnete *Rutherford*, dass die positive Ladung des Kernes ungefähr gleich sei einer Anzahl von Elementarladungen, die etwa die Hälfte der chemischen Atomgewichtszahl beträgt und daher mit der Ordnungszahl (1 bis 92) des Atomes übereinstimmt. Helium hat z. B. das Atomgewicht 4, Sauerstoff 16, Calcium 40; dementsprechend steht Helium an zweiter, Sauerstoff an achter, Calcium an zwanzigster Stelle des natürlichen Systems. Der Heliumkern hat also 2, der Sauerstoffkern 8, der Calciumkern 20 positive Elementarladungen. Es müssen dann aber auch eine der Ordnungszahl entsprechende Anzahl von Elektronen den Kern umkreisen und zwar nach den *Kepler*-schen Gesetzen:

1. Die Bahnen der Elektronen sind Ellipsen, in deren einem Brennpunkte der Atomkern liegt,
2. die in gleicher Zeit umfahrenen Flächen sind inhaltsgleich,
3. die Quadrate der Umlaufzeiten verhalten sich wie die Kuben der mittleren Entfernung vom Atomkern. Ist z die Umlaufzahl, r der Radius, so ist infolgedessen $z^2 \cdot r^3 = \text{Konst.}$ Die inneren Elektronen haben also eine raschere Umlaufzeit. Wie die Sonne an der Rotation der Planeten teilnimmt, so muss auch der Atomkern eine Rotation um eine zu den Elektronenbahnen senkrechte Achse ausführen.

Nach *Bohr* (1913) sollen von den unzähligen möglichen elliptischen Bahnen nur bestimmte stabil sein. Soll ein Elektron von dem positiven Atomkern auf unendlichen Abstand entfernt werden, so ist dazu eine bestimmte Arbeitsleistung W nötig; nähert sich ein Elektron aus dem Unendlichen dem Atomkerne, so wird hierbei Arbeit frei. Das Elektron nimmt dabei eine stetig wachsende Rotationsgeschwindigkeit an, so dass der mittlere Betrag der kinetischen Energie gleich W ist.

Nach *Planck* strahlt das schwingende Atom Energie nur in getrennten Folgen aus; bei einer einzelnen Ausstrahlung ist die ausgestrahlte Energie $n h \nu$, wobei n eine ganze Zahl, ν die Schwingungszahl und h eine allgemeine Konstante bedeutet.

N. Bohr stellt nun folgende Sätze auf:

1. Stabile Elektronenbahnen sollen nur solche sein, für welche das „Winkelmoment“ $1/2 \cdot r^2 d\varphi$, worin r den Radius und $d\varphi$ den kleinen Winkel bedeutet, ein ganzes Vielfaches der Grösse $h/2\pi$ ist.
2. Der Eintritt eines Elektrons in eine stabile Bahn entspricht einer maximalen Ausstrahlung. Die stabilen Bahnen des Elektrons stellen also gewissermassen Linien des geringsten Widerstandes gegen die Elektronenbewegung dar. Solange die Elektronen sich auf einer stabilen Bahn bewegen, soll keine Ausstrahlung stattfinden.
3. Tauscht das Elektron eine stabile Bahn gegen eine andere ein, so soll die Differenz E der Energie des Elektrons in den beiden Bahnen bestimmt sein durch $E = h\nu$, und zwar soll die dadurch hervorgerufene Ausstrahlung monochromatisch sein. Wird durch eine äussere Einwirkung das Elektron weiter von seinem Atomkern entfernt, so kehrt es nachher wieder in seine normale Bahn zurück und mit dieser Rückkehr soll dann die Lichtemission verbunden sein.

Das H-Atom besteht nach *Bohr* höchstwahrscheinlich aus einem Atomkern mit der Ladung $+1$ und einem um diesen rotierenden Elektron mit der Ladung -1 . Wurde das Elektron durch eine äus-

H	(1)
Li	(2)(1)
Na	(8)(2)(1)
K	(8)(8)(2)(1)
<hr/>	
He	(2)(2)
Mg	(8)(2)(2)
Ca	(8)(8)(2)(2)
<hr/>	
B	(2)(3)
Al	(8)(2)(3)
Sc	(8)(8)(2)(3)
<hr/>	
C	(2)(4)
Si	(8)(2)(4)
Ti	(8)(8)(2)(4)
<hr/>	
N	(4)(3)
P	(8)(4)(3)
V	(8)(8)(4)(3)
<hr/>	
O	(4)(2)(2)
S	(8)(4)(2)(2)
Cr	(8)(8)(4)(2)(2)
<hr/>	
F	(4)(4)(1)
Cl	(8)(4)(4)(1)
<hr/>	
He	(2)
Ne	(8)(2)
Ar	(8)(8)(2)

sere Einwirkung auf einen sehr grossen Abstand entfernt, so wird bei der Rückkehr desselben in einen stabilen Ring die ausgestrahlte Energie $W_n = \frac{2\pi^2 m \cdot e^4}{h^2 n^2}$, wobei m die Masse und e die Ladung des Elektrons in absolutem Masssysteme bedeutet.

Der Energiebetrag, welcher beim Übergang des Systems aus einem Zustande, für welchen $n = n_1$, zu einem solchen, für welchen $n = n_2$, ausgestrahlt wird, beträgt daher

$$W_{n_2} - W_{n_1} = \frac{2\pi^2 m e^4}{h^2} \left(\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right).$$

Aus der Beziehung $W = h\nu$ folgt also $\nu = \frac{2\pi^2 m e^4}{h^3} \left(\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right)$.

Setzen wir $n_2 = 2$ und lassen n_1 variieren, so erhält man die *Balmer'sche* Reihe der Spektrallinien des Wasserstoffs. Setzt man $n_2 = 3$, so bekommt man eine von *F. Paschen* im Ultrarot beobachtete Reihe und zwar erhält man durch Einsatz von auf anderem Wege bestimmten Werten $e = 4,7 \cdot 10^{10}$, $e/m = 5,31 \cdot 10^{17}$, $h = 6,5 \cdot 10^{-27}$, also $\frac{2\pi^2 m e^4}{h^3} = 3,1 \cdot 10^{15}$, während derselbe Faktor aus der Beobachtung der Spektrallinien zu $3.290 \cdot 10^{15}$ gefunden wurde.

Bohr nimmt mit *Rutherford* an, dass die Elektronenbahnen alle in ein und derselben Ebene liegen und stellt nebenstehendes mögliche Schema auf für die Anordnung der Elektronen bei den 24 leichteren Elementen. Die hinter dem Symbol des Elements in Klammer stehenden Zahlen geben die Anzahl der einem und demselben Ringe angehörenden Elektronen an. Bei den Elementen mit höherem Atomgewicht kann nach *Bohr* die Gruppierung nicht in dieser einfachen Weise fortgeführt werden. Die in den letzten Klammern stehenden Zahlen geben die Anzahl der Elektronen des äusseren Ringes an; diese sind am schwächsten mit dem Kern verbunden und stellen die „Valenzelektronen“ dar.

Ein Molekül besitzt soviele Kerne als es Atome enthält. Ein Wasserstoffmolekül besteht z. B. aus zwei positiven Kernen, um deren Verbindungslinie zwei Elektronen

auf einem gemeinsamen Ringe rotieren. Beim Methan CH_4 soll der Kern des C-Atoms im Schwerpunkte eines Tetraeders liegen, die Kerne der 4 H-Atome in den Ecken eines Tetraeders. Um die vier Verbindungslinien in der Richtung der Tetraedernormalen kreist jedesmal ein Elektronenpaar in einem einzigen Ringe, von denen das eine Elektron vom Kohlenstoffatom, das andere vom betreffenden H-Atome herrührt.

Während *N. Bohr* namentlich die Linien des Wasserstoffspektrums und die wasserstoffähnlichen Serien (ionisiertes Helium, Röntgenspektrum) abgeleitet hat, wurden von *A. Sommerfeld* auch die Serien der Spektrallinien solcher Elemente abgeleitet, welche eine Reihe verschiedener Serien (Hauptserien, Nebenserien und ihre Kombinationen) und verschiedene Serientypen aufweisen (einfache Serien, Dubletten, Tripletserien).

Während beim Wasserstoffatom eine besondere Einfachheit der *Kepler'schen* Bewegungen vorliegt, führen bei den übrigen Elementen die den verschiedenen Ellipsenbahnen analogen, aber entsprechend komplizierter gestalteten Bahntypen je zu verschiedenen Linien, die sich weiterhin zu verschiedenen Serientypen anordnen lassen. Das allgemeine Serienschema hängt dann nicht mehr von zwei (n_1 und n_2), sondern von mindestens 4 ganzen Zahlen ab.

J. J. Thomson hat zuerst die Ansicht ausgesprochen, dass das gewöhnliche Lichtspektrum eines Elements dann ausgesandt wird, wenn eines oder mehrere Elektronen des äussern Ringes hinausgedrängt werden, dass dagegen Röntgenstrahlen entstehen, wenn etwa durch Kathodenstrahlen Elektronen der inneren Ringe abgedrängt werden. *Sommerfeld* weist darauf hin, dass sich bisher im Gebiet der Röntgenspektren noch keine Andeutung des „periodischen“ Systems der Elemente gezeigt hat, und dass also nur die äusseren Teile des Atoms, in denen sich die optischen und chemischen Vorgänge abspielen, periodisch geartet sind. Die inneren Teile, in denen diejenigen Elektronenbewegungen verlaufen, die zur Emission und Absorption von Röntgenstrahlen Anlass geben, sind dagegen völlig einheitlich und linear fortschreitend durch die Nummern des Elements bestimmt, wie namentlich aus den von *Moseley* bestimmten Spektren hervorgeht.

Debye entwickelte (1917) für die von einem Atom ausgehende Schwingungszahl folgende Beziehung: Ist z die Ordnungszahl des Kernes, e die Elektronenladung, m die Elektronenmasse, h das *Planck-*

sche Wirkungsquantum, p die Anzahl von Elektronen auf einem Kreis, und setzt man $R = \frac{2\pi^2 m e^4}{h^3}$, ferner

$$S_p = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^{i=p-1} \frac{1}{\sin i \frac{\pi}{p}},$$

so wird die Schwingungszahl ν der Strahlung, welche bei der Rückbildung des Zustandes I aus II ausgesandt wird, bestimmt durch

$$\frac{\nu}{R} = p(z - S_p)^2 - (p-1)(z - S_p - 1)^2 - \frac{1}{2^2}(z - p + 1)^2.$$

Aus den beobachteten Werten von ν kommt dann *Debye* zu dem Resultate, dass „mit erheblicher Wahrscheinlichkeit alle Atome mit Ausnahme der Anfangselemente um den Kern einen ersten Ring enthalten, welcher aus 3 Elektronen besteht.“

Als wesentlich an *Bohrs* Modell ist anzusehen, dass die Schwingungszahlen der emittierten Spektrallinien nicht, wie in der bisherigen Theorie, identifiziert werden mit den Eigenfrequenzen schwingender und strahlender Elektronen, und dass die einzelnen Spektrallinien durch Einsatz universeller Konstanten e , m , h quantitativ genau berechnet werden können.

Setzt man in der Beziehung $R_n = \frac{nA_0}{A_n}$ voraus, dass R_n der Abstand des Atomkerns von der äusseren Elektronenbahn darstelle, so folgt unter Berücksichtigung der Erfahrung, dass erst bei der Reihe des Na $n=1$ gesetzt werden darf; dass die Abstände der inneren Elektronen gegenüber den nachfolgenden nur sehr klein sind, und dass bezüglich der vom Na ab neu hinzutretenden Elektronen die Abstände zwischen den einzelnen Elektronenbahnen annähernd gleich sind. Die weitere Erfahrung, dass in den Fällen, in welchen $R_2 : R_1 = \text{tg } 30^\circ$ eine trigonale Achse vorhanden ist, ist bei der scheibenförmig gedachten Anordnung leicht zu verstehen. Stehen die beiden Scheibenebenen zueinander senkrecht, so bestimmen sie ein rechtwinkliges Dreieck, dessen spitze Winkel 30° bzw. 60° bilden, welches als das ebene Bauelement der trigonalen Anordnung gelten kann.

Es bestehen gegen die *Bohrsche* Theorie zur Zeit jedoch noch manche Bedenken:

Vor allem ist zu beachten, dass die 3 genannten *Bohrschen* Gesetze nicht aus der bisherigen Elektrodynamik übernommen oder abgeleitet, sondern als Axiome aufgestellt werden.

L. Zehnder bemerkt (1916) bezüglich des 2. Bohrschen Axioms: „Von Bohr wird bei seinem Atommodell verlangt, dass ein um den Atomkern kreisendes Elektron keine Strahlung emittiere, solange es mit konstanter Geschwindigkeit in seinem Ring konstanten Durchmessers kreise, dass es nur beim Überspringen von dem einen zu einem anderen Elektronenringe strahle.“ „Handelte es sich stets um Elektronenpaare, die symmetrisch zur Rotationsachse um den Atomkern kreisen, oder bestände jedes Elektron aus zwei gleichen in solcher Weise kreisenden Teilen, so könnte man sich das Fehlen einer Strahlung leicht vorstellen; sonst aber wohl nicht; noch leichter wäre diese Vorstellung, wenn etwa jedes Elektron als gleichmässiger Ring den Atomkern umkreiste.“

Verf. möchte noch auf weitere Eigenschaften der Bohrschen Theorie aufmerksam machen.

1. Es bleiben völlig unberücksichtigt die Atomvolumina.

2. Die Valenz hängt zwar nach Bohr von der Anzahl der Elektronen des äusseren Ringes ab, aber die Bohrschen Angaben über die Verteilung der Elektronen auf die einzelnen Ringe wird nicht etwa theoretisch begründet, oder direkt aus Beobachtungen abgeleitet, sondern nur in der angegebenen Weise vorausgesetzt, um eben damit die Valenz begründen zu können. Debye hält ja auch eine ganz andere Verteilung für wahrscheinlicher. Ferner ergibt sich aus dem Bohrschen Schema kein Unterschied zwischen der Valenz gegenüber dem Sauerstoff und dem Wasserstoff bzw. den Alkalien. Von jeder Atomtheorie muss man aber verlangen, dass sie diese beiden Grundeigenschaften des natürlichen Systems der Elemente abzuleiten imstande ist.

3. Die von Rutherford übernommene Annahme, dass sämtliche Atomringe in einer und derselben Meridianebene liegen sollen, bedarf einer physikalischen Begründung. Bei unserem Sonnensystem trifft diese Voraussetzung zwar annähernd zu, gilt aber hier als Beweis für die Annahme, dass sich die Planeten aus einer einzigen rotierenden Nebelmasse allmählich abgegliedert haben.

Endlich 4. Die Möglichkeit des Zerfalls der radioaktiven Elemente in neue Atome, von welchen jedes nicht nur seine eigenen Elektronen, sondern auch seinen eigenen Kern besitzt, beweist, dass auch der Atomkern nicht als eine einzige kompakte Masse gedacht werden darf.

Das von Zehnder hervorgehobene Bedenken liesse sich etwa in folgender Weise beseitigen: Die von Rutherford gemachte Beobachtung, dass die positive Ladung des Atomkerns ungefähr der Hälfte

der Gewichtszahl des Atoms entspricht, lässt vermuten, dass die positive Elementarladung wohl richtiger auf die Hälfte der bisher angenommenen Grösse gesetzt werde, und dass dementsprechend auch die negative Elementarladung auf die Hälfte der Ladung des Elektrons festzusetzen sei; dann hat die positive und die negative Ladung einen Wert, welcher gleich ist der Anzahl der in ihr enthaltenen Masseneinheiten von der ungefähren Grösse des H-Atoms.

Das Wasserstoffmolekül besteht aus 2 positiven Kernen und 2 negativen Elektronen; nach *Bohr* kreisen die beiden Elektronen im Abstände von 180° auf einer konstanten Bahn, welche einen Kreis um den Mittelpunkt der Verbindungslinie der beiden Kerne bildet. Ausser diesem gibt es aber ein ganzes System von kreisförmigen Bahnen, welche mit der genannten parallel und konzentrisch sind und eventuell von den beiden Elektronen befahren werden können.

Damit das Elektron auf solchen Bahnen bleibt, müssen diese nach Ansicht des Verfassers elektrische Niveaulinien darstellen, was bei der vorhin gemachten Annahme auch tatsächlich der Fall ist. Zwischen diesen konstanten Bahnen finden sich aber noch unzählige viele Niveaulinien, und es entsteht die Frage, weshalb die Elektronen auf diesen sich nicht halten können. *Bohr* bringt diesen Umstand mit der *Planckschen* Konstanten h in Zusammenhang. Nehmen wir aber an, die beiden Elektronen kreisen nicht um den Mittelpunkt der Verbindungslinie der beiden Kerne, sondern um einen der beiden Kerne selbst, und zwar wieder senkrecht um die genannte Verbindungsgerade, so stellen auch diese Bahnen Niveaulinien dar, und da der Abstand zwischen den beiden Kernen sehr klein ist im Vergleich zum Radius der Elektronenbahn, so müssen die beiden Elektronen infolge ihrer gegenseitigen Abstossung auch in diesem Falle um 180° voneinander abstehen.

Nach *Bohr* sollen nicht nur die Elektronen, sondern auch die Kerne an der Rotation sich beteiligen. Diese Rotation muss aber notwendigerweise, wenn wir nicht etwa die Kerne als mathematische Punkte oder als absolut homogene Kugeln oder als absolut homogene Kugelschalen oder Ringe betrachten wollen, zu Schwingungen Veranlassung geben. Setzen wir voraus, die von den beiden Kernen ausgehenden Schwingungen hätten die entgegengesetzte Phase, so muss sich um jeden Kern senkrecht zur Verbindungslinie je ein System von konzentrischen Kreisen bilden, auf welchen infolge von Interferenz die Primitivbewegung

einen minimalen Wert hat. Wir können dieselben als Knotenlinien bezeichnen. Knotenlinien bilden sich natürlich auch dann, wenn die Phasendifferenz zwischen beiden Kernen irgend einen andern Wert hat. Es lässt sich nun aber leicht vorstellen, dass auf einer Niveaulinie, auf welcher die Primitivbewegung einen minimalen Wert besitzt, auch der Reibungswiderstand gegen die Rotation der Elektronen einen minimalen Wert haben muss. Der Übergang von einer Knotenlinie zu einer anderen verlangt dagegen einen grösseren äusseren positiven oder negativen Energieaufwand, mit welchem eine Strahlung verbunden sein muss.

Das Heliumatom hat das Atomgewicht 4, besitzt also das Gewicht von zwei Wasserstoffmolekülen, aber nur die Elektronenzahl von zwei Wasserstoffatomen oder einem Wasserstoffmolekül. Setzen wir auf Grund seines Atomgewichtes voraus, dass beim Helium 4 Kernteile bestehen, so müssen diese infolge ihrer gegenseitigen Abstossung die Ecken eines regulären Tetraeders einnehmen. Nach *Rutherford* besitzt der Atomkern 2 positive elektrische Einheiten, wenn das Elektron eine negative Einheit genannt wird. Verteilen wir die 2 positiven Einheiten auf die 4 Wasserstoffatome des Heliums, dann erhält jedes nur eine halbe positive Einheit und es liegt dann nahe, auch das Elektron in zwei Halbelektronen zu zerlegen, welche allerdings bisher in keiner Weise getrennt werden konnten. Bilden die 4 Kernteile die Ecken eines Tetraeders, dann liegen die Niveaulinien und die Knotenlinien um jeden der 4 Kernteile in Kreisen, welche der gegenüberliegenden Tetraederfläche parallel gehen, also jedesmal senkrecht zu einer Tetraedernormale. Liegt in jeder Tetraederfläche eine von einem Elektron befahrene Bahn, dann bilden die 4 Tetraedernormalen magnetische Achsen, welche miteinander ein astatisches System bilden, d. h. in einigem Abstände keine magnetische Wirkung nach aussen ausüben.

Legt sich an das Heliumatom ein weiteres Wasserstoffmolekül, d. h. zwei weitere Wasserstoffatome an, so müssen diese sich so orientieren, dass ihre Verbindungslinie mit einem der 4 Heliumkernteile in eine gerade Linie fallen. Liegen drei Schwingungserreger $a b c$, welche Bäuche eines stehenden Schwingungssystems darstellen und deren Dimensionen gegenüber den Wellenlängen klein sein sollen, in gleichen Abständen auf einer geraden Linie, so fallen die Knotenpunkte des Systems $a c$ zusammen mit den Knotenpunkten der Systeme $a b$ und $b c$. Die etwa von a ausgehende und bei b ankommende Welle trifft den Erreger

b in der gleichen Phase, welche sie selbst besitzt. Dasselbe gilt für die von c ausgehenden und bei b ankommenden Wellen usw. Liegen also die drei Erreger in den Abständen von je einer halben Wellenlänge auf einer geraden Linie, so stehen sie untereinander in vollkommener „Resonanz.“ Die von den beiden Nachbarn ausgehende Schwingung trifft bei dem dritten genau die Primitivbewegung an, welche sie diesem erteilt; die Primitivbewegung wird also verstärkt. Setzen wir voraus, dass zwischen der Energie der Schwingung und der Energie der Umgebung ein bestimmtes Verhältnis hergestellt wird, so kann das schwingende System der drei Punkte ein Maximum von Energie an die Umgebung abgeben, wenn sie sich so ordnen, dass die besprochene Resonanz eintritt. Entsprechend dem zweiten Satze der mechanischen Wärmetheorie wird also die Tendenz dahin gehen, zwischen den drei Schwingungserregern „Resonanz“, d. h. Anordnung nach geraden Linien und in den genannten Abständen herzustellen.

Nach dem magnetischen Grundgesetze müssten die drei Atomkerne, falls sie für sich allein ständen, parallele, d. h. zur Verbindungsgeraden senkrechte und gleich gerichtete Elektronenumläufe haben.

Die Gruppe von $4 + 2$ positiven Kernteilen mit den zugehörigen Elektronen stellt das Li-Atom dar. Dasselbe bildet kein astatiches System, weil die beiden neu hinzugekommenen H-Atome nicht kompensiert sind.

Setzt sich ein zweites H_2 -Molekül an einen anderen H-Kern der Heliumgruppe, so erhält man das Berylliumatom, beim Ansatz von 2 weiteren das B-Atom und endlich das C-Atom.

Das C-Atom ist nun wieder vollständig astasiert. Je drei H-Kerne fallen in eine Gerade, welche einer Tetraedernormalen parallel geht. Die Niveaukurven und die Kurven minimaler Primitivbewegungen liegen parallel den vier Tetraederflächen; damit sich die einzelnen magnetischen Achsen nicht gegenseitig schneiden, müssen sie asymmetrisch (windschief) angeordnet sein.

Die Anordnung der Elektronenbahnen auf diesen asymmetrischen Achsen ist am dichtesten, wenn die Verteilung der Halbkerns von der Grösse des Atomkerns des Wasserstoffes nach einem doppelt kubischen Gittersystem erfolgt; mit Rücksicht auf die magnetischen Achsen, d. h. die Normalen zu den Elektronenbahnen, erfolgt somit die Anordnung der Elektronenbahnen nach dem vom Verf. früher¹⁾ mit p' bezeichneten asymmetrischen System.

Legen sich zwei weitere Wasserstoffkerne an die entgegengesetzte (negative) Seite einer der vier magnetischen Achsen, so entsteht

¹⁾ Kristalloptik. S. 590.

das N-Atom. Bei Hinzufügung eines weiteren Paares an den negativen Zweigen einer anderen der 4 Achsen das O-Atom, darauf das F-Atom und schliesslich das Ne-Atom. Bei letzterem sind wieder alle vier magnetischen Achsen in gleicher Weise besetzt, also völlig astasiert. Das Neon ist wie das Helium ein einatomiges (Edel-) Gas.

Fehlt ein Paar der Wasserstoffkerne des Ne, so ist aus Symmetriegründen die Lage der Niveaulinien und der Knotenlinien ähnlich, als wenn das Paar vorhanden wäre. Es kann deshalb etwa das Li-Atom seine beiden äusseren Halbelektronen an das F-Atom abgeben, und diese umfahren dann nicht mit positiven Kernen besetzte Knotenpunkte in ähnlicher Weise wie beim Ne-Atom, bei welchem aber die Knotenpunkte besetzt sind. Das F-Atom hat eine negative, das Li-Atom eine positive Valenz, d. h. bei dem ersten fehlt die Besetzung einer Bahn, bei dem letzten ist eine Bahn mehr besetzt als zu einer astatischen Anordnung gehört.

Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Fluor bilden zweiatomige Moleküle.

Man bezeichnet als Valenz oder Wertigkeit die Eigentümlichkeit gewisser Elemente, mit Vorliebe nur eine ganz bestimmte Anzahl von Wasserstoffatomen oder auch von Chloratomen zu binden. Was die Atome veranlasst, sich zu zusammengesetzten Molekülen zu vereinigen, wissen wir nicht. Die „rätselhafte Kraft,“ welche in ihnen dabei wirksam ist und alle Äusserungen chemischer Energie hervorruft, nennt man „Affinität“ oder „Verwandtschaft“. Die Erfahrung lehrt, dass nicht diejenigen Atome die grösste Affinität zueinander zeigen, welche verwandte Eigenschaften besitzen, sondern dass im Gegenteil die Elemente sich am festesten binden, deren Eigenschaften ganz unähnlich sind. Dieser Umstand weist auf eine Analogie zwischen den Affinitätserscheinungen und den elektrischen Erscheinungen hin, da auch bei der Elektrizität die polar entgegengesetzt geladenen Körper sich am stärksten anziehen.

Wenn wir nun andererseits beobachten, dass auch zwei oder mehr gleiche Atome sich zu einem Molekül vereinigen können, so müssen wir daraus schliessen, dass auch in einem derartigen Molekül die beiden Atome in einem elektrischen Gegensatze stehen, dass das eine Atom an das andere einen Teil seiner elektrischen Ladung abgegeben hat.

Die Valenz wird häufig eine andere, wenn man nicht die Verbindungen mit Wasserstoff, sondern diejenigen mit Sauerstoff zugrunde legt; die Valenz ist also keineswegs eine unveränderliche Eigenschaft des Atoms.

Aus den Versuchen von *J. J. Thomson* geht hervor, dass Wasserstoff das einzige Element ist, welches niemals mit einer positiven Ladung auftritt. Das Wasserstoffmolekül besteht demnach nicht aus zwei mit verschiedener Ladung behafteten Atomen, sondern jeder der beiden H-Kerne des Wasserstoffmoleküls wird von seinem Elektron bzw. zwei Halbelektronen umkreist. Die Anordnung der Elektronen kann deshalb beim Wasserstoffmolekül nicht astatisch sein, sondern die beiden magnetischen Achsen müssen hier in Serienstellung hintereinander liegen. Magnetische Astasierung kann hiernach beim Wasserstoff nur zwischen 2 Molekülen stattfinden, zwischen denen dann aber kein elektrischer Gegensatz besteht. Nach *Bohr* sollen die beiden Elektronen um den Mittelpunkt der Verbindungslinien der beiden Kerne und zwar senkrecht zu dieser Linie kreisen. Da der Radius der Elektronenbahnen als gross angenommen wird, so besteht zwischen der Annahme des Verf., dass je eine Bahn um den Mittelpunkt der beiden Kerne liege, und der von *Bohr* zwar rein geometrisch nur ein geringer Unterschied, aber die Annahme des Verf. ist vorzuziehen, weil nur dadurch Niveaulinien mit geringstem Reibungswiderstande zustande kommen können.

Die Edelgase haben weder eine freie positive noch eine freie negative Valenz, da alle Elektronenbahnen astasiert sind; sie sind deshalb einatomige Gase.

Die (freie) negative Valenz des F-Atoms kann durch die freie positive Valenz des Li-Atoms astasiert, d. h. gebunden werden. Man kann aber nicht ohne weiteres erkennen, wie die freie negative Valenz eines F-Atoms durch die freie negative Valenz eines zweiten F-Atoms gebunden werden könnte. Das F-Atom hat $2 + 4 + 3 = 2 + 4 + 2 + 1$ Elektronen. Nehmen wir an, dass die zwei vorletzten Elektronen ebenso wie die beiden innersten Elektronen (die des Heliumatoms) wenigstens bei dem einen Atom eines F-Moleküls als vier Halbelektronen sich unter sich astasieren, so bleibt für dieses F-Atom ein freies positives Valenzelektron, welches die freie negative Valenz des andern F-Atoms zu binden vermag.

Das N-Atom hat $2 + 4 + 1 = 2 + 2 + 2 + 1$ Elektronen; folglich sind 3 freie negative Valenzen vorhanden. Zerfallen bei einem Atom das erste und das zweite Paar in vier unter sich astasierte Halbelektronen, dann können auch hier die drei positiven Valenzen dieses Atoms drei negative Valenzen eines zweiten Atoms astasieren, d. h. binden. Das Doppelatom N_2 hat $4 + 4 + 4 + 4 = 2$ Elektronen von welchen das eine N-Atom $2 + 4$, das andere $2 + 4 + 4 = 2$

Elektronen besitzt; beide sind also in sich astasiert, aber elektrisch verschieden, wie es beim Anion und Kation der Fall ist:

Das O-Atom hat $2 + 4 + 2$ d. h. 2 freie Elektronen oder 2 positive und dementsprechend auch 2 negative Valenzen. Es könnte also ohne weiters ein O-Atom ein zweites O-Atom binden.

Das C-Atom scheint beim sog. amorphen Kohlenstoff, beim Graphit und beim Diamant ein zweiatomiges Molekül zu besitzen, da die Atome der einatomigen Elemente Cu, Ag, Au nach einem vierfachen kubischen Gitter, die Atome des Diamanten dagegen nach zwei vierfach kubischen Gittern angeordnet sind, und da die Struktur des Graphits durch eine Dehnung in der Richtung einer trigonalen Achse aus der Struktur des Diamanten hervorgeht. Das C-Atom hat $2 + 4$ Elektronen, also vier positive und 4 negative Valenzen und ist infolge der inneren Astasierung ziemlich indifferent.

Tritt etwa in der Methangruppe CH_4 ein Halogen an die Stelle eines H-Atoms, so muss man annehmen, dass dieses nicht mit seiner freien negativen, sondern mit der vorhin abgeleiteten positiven Valenz sich mit dem C-Atome verbinde.

Das C- und das N-Molekül setzen einer Sprengung einen grossen Widerstand entgegen, das O- und das H-Molekül einen mittleren, das F-Molekül einen geringen; das Ne-Molekül besteht nur aus einem einzigen Atome.

Eine besondere Erwähnung verdienen noch die sog. mehrfachen Bindungen, z. B. $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$. Auch hier muss man nach dem Vorhergehenden den beiden C-Atomen eine entgegengesetzte Valenz zuschreiben. An jedes derselben gibt je ein H-Atom ein Elektron ab, so dass die beiden C-Atome 5 positive oder 3 negative Valenzen haben. Werden von den 5 positiven Valenzen bei dem einen C-Atom 4 halbe Elektronen in sich gebunden, so bleiben 3 positive Valenzen übrig, welche sich mit den drei negativen Valenzen des zweiten C-Atoms ohne weiters zu binden vermögen.

Sehr bemerkenswert ist die Multi- (Poly-) Valenz z. B. beim Stickstoff. Das Stickstoffatom hat $2 + 4 + 1$ Elektronen, also 3 negative Valenzen. Beim Ammoniak NH_3 sind die 3 negativen Valenzen durch je ein H-Atom gebunden, beim Kaliumamid NH_2K durch 2 H und 1 K etc. Die 4 positiven Valenzen sind in sich astasiert, verlangen also nicht mit Notwendigkeit noch eine anderweitige Bindung.

N bildet mit O die Verbindungen N_2O , NO , N_2O_3 , NO_2 , N_2O_4 , N_2O_5 . Es erscheint demnach N gegen Sauerstoff 1, 2, 3, 4, 5-wertig.

Die 1- und 5-Wertigkeit entsprechen den $4 + 1$ äusseren Elektronen, also der normalen Anordnung. Sind von den vier vorletzten Elektronen 2 in Form von 4 Halbelektronen in sich gebunden, so bleiben noch 3 positive Valenzen übrig. Es bleiben also noch zu erklären die 2- und 4-Wertigkeit. NO vereinigt sich mit O sofort zu NO_2 bzw. N_2O_4 ; bei 150° ist aber N_2O_4 vollständig in 2NO_2 dissoziiert; N_2O_4 scheint also aus 2 Atomen NO_2 zu bestehen, wovon das eine 4 Halbelektronen mehr besitzt als das andere.

In ähnlicher Weise wie NO_2 als eine dissoziierte Form von N_2O_4 wird man NO als eine dissoziierte Form von N_2O_2 annehmen müssen, so dass das N-Atom des einen Ions 4 Halbelektronen mehr besitzt als das N-Atom des andern. Das eine N-Atom hat dann noch 4 Elektronen, das andere $4 + 2$. Das letztere kann ohne weiteres ein O-Atom binden, das erstere nur dann, wenn wir auch bei ihm statt der 4 Elektronen $2 + 4/2$ einsetzen, von denen die letzteren für sich astasiert sind.

2 Stickstoffatome haben 2 freie positive Valenzen; tritt noch ein drittes N-Atom hinzu, so können die beiden freien positiven Valenzen 2 negative Valenzen des dritten N-Atoms binden. Die drei N-Atome haben also noch eine negative Valenz übrig, welche durch ein H-Atom gebunden werden kann. Auf diese Weise kann die Bindung des sehr explosiven Körpers N_3H gedeutet werden.

Von Li bis zu C nimmt das Atomvolumen ab, von N bis F zu. Die Abnahme in der ersten Hälfte der Reihen lässt darauf schliessen, dass die Abstände zwischen den konstanten Bahnen mit steigendem Atomgewicht abnehmen. Die beim Stickstoff, Sauerstoff, Fluor und Neon neu hinzutretenden Elektronen liegen zwar auf den negativen Seiten der tetraedrischen Achsen des Heliums; aber ihre Bahnen sind den Elektronenbahnen auf der positiven Seite parallel und gleichgerichtet und so nahe, dass sie gewissermassen derselben Ebene angehören. Die Phasen der entsprechenden Bahnen können deshalb nicht voneinander unabhängig sein. Die neu hinzutretenden Elektronen werden gleichsam in die Bahnen der Elektronen der ersten Hälfte hineingeschoben und bewegen sich jedesmal in der Mitte zwischen zwei Elektronen der ersten Hälfte. Infolge der gegenseitigen Abstossung der Elektronen müssen dann konstante Bahnen mit grösserem Radius befahren werden.

Vom Na ab wiederholen sich die Verhältnisse, wie sie vom Li ab soeben erörtert wurden. Wie bei Li ist auch bei Na das neu hinzutretende Elektron weit ab vom Kern und kann deshalb leicht

abgesprengt werden. Die bei Na, Mg, Al, Li neu hinzutretenden Elektronen liegen auf der positiven Seite der Tetraedernormalen des Argons, die von P, S, Cl, As auf den negativen Seiten.

Die dritte Periode beginnt beim Kalium und verläuft bis zum Ti wie vom Na bis zum Si. Die Abstände zwischen den Kernteilen sind aber nunmehr soviel grösser geworden, dass sich die Punkte einer andern asymmetrischen Achse des doppelt kubischen Gitters mit H-Atomkernen besetzen lassen. Dadurch entsteht die Atomreihe vom V bis zum Fe. Bei normalem Fortschreiten müsste das Fe-Atom also $18 + 4 + 4$ positive Valenzen haben oder nullwertig sein. Bei FeS₂ kann man annehmen, dass 4 Elektronen für sich astasiert, die anderen durch die 2 S-Atome gebunden sind. Als $\ddot{\text{Fe}}$ erscheint jedoch Eisen nur dreiwertig, es muss demnach ein Elektron eine anderweitige Verwendung finden. Als $\ddot{\text{Fe}}$ dagegen ist Eisen zweiwertig, hier müssen also von jedem Fe-Atom 2 Elektronen bzw. $4/2$ Elektronen sich auf die vier Tetraederflächen verteilen. $\ddot{\text{Fe}}$ hat nur schwachen, $\ddot{\text{Fe}}$ dagegen stark metallischen Charakter¹ und gehört deshalb in der Tabelle S. 139 vor das Ni, während $\ddot{\text{Fe}}$ den Schluss der vorhergehenden Reihe bildet. Der metallische Charakter eines Atoms wächst mit der Leichtigkeit der Abgabe von Elektronen, er nimmt also zu:

1. Mit dem Abstände der (negativen) Elektronen von dem positiven Kerne.

2. Mit der gegenseitigen Abstossung, d. h. also mit der Anzahl der in der Atmosphäre des Kerns befindlichen Elektronen. Infolgedessen wächst der metallische Charakter in den horizontalen Reihen des periodischen Systems der Elemente von rechts nach links, in den vertikalen von oben nach unten. Die Elektronenzahl des zweiwertigen und des dreiwertigen Eisens ist aber die gleiche. Es muss demnach beim zweiwertigen Eisen der Abstand der Valenzelektronen vom Kern grösser sein als beim dreiwertigen.

Während bisher die neuen Kernteile bei normaler Lagerung sich radial an die Kernteile des Heliums anschlossen, wird nunmehr der Abstand in tangentialer Richtung so gross, dass dazwischen noch weitere Punkte des doppelt kubischen Gitters für die Besetzung mit (Wasserstoff) Kernteilen zur Verfügung stehen. Beim Fe-Atom werden diese derartig mit Elektronen besetzt, dass, wie vorhin erwähnt, die Zwei- bzw. Dreiwertigkeit des Eisens entsteht. Es reichen die zwischenliegenden Netzpunkte aber auch noch zur Unterbringung von 4 weiteren Wasserstoffkernen, so dass bei Hinzufügung von 2 Kern-

teilen das Kobalt- und von nochmals 2 Kernteilen das Nickel-Atom entsteht. Erst dann werden wieder in normaler Weise die Gitterpunkte auf den negativen Seiten der vom Helium ausgehenden radialen Richtungen besetzt, womit also die Cu-Reihe beginnt. Je weiter sich die Elektronen vom Heliumkern entfernen, um so mehr Zwischenschaltungen zwischen die radialen Reihen sind möglich.

Nicht nur bei Fe, sondern auch bei Mn, Co, Ni und Cu ist die Multivalenz sehr ausgeprägt.

Das Mn-Atom hat normalerweise $18 + 4 + 3$ Elektronen, von welchen $4 + 3$ der äusseren Umgrenzung angehören und auf der positiven Seite des Heliumatoms kreisen. Es hat in dieser Form also 3 oder 7 positive Valenzen. Da Mn aber auch zweiwertig auftritt, so kann 1 Elektron sich auch auf eine weitere Seitenlinie einstellen. Auch bei dreiwertigem Eisen kann 1 Elektron auf einer Seitenlinie liegen, während bei zweiwertigem Eisen entweder $4/2$ Elektronen sich gegenseitig astasieren, oder 2 Elektronen in einer Seitenlinie liegen. Beim dreiwertigen Co müssen 2 Elektronen auf einer Seitenlinie liegen oder als 4 Halbelektronen sich gegenseitig binden. Beim zweiwertigen Co können sich 2 Elektronen gegenseitig binden und ausserdem noch 1 Elektron auf einer Seitenlinie liegen. Beim dreiwertigen Ni können 3 Elektronen auf einer Seitenlinie liegen, beim zweiwertigen Ni können sich 4 Elektronen gegenseitig binden entsprechend dem Schema: $18 + 4 + 4 + 2$ oder es können sich 2 Elektronen gegenseitig binden und ausserdem 2 Elektronen auf einer Seitenlinie liegen entsprechend dem Schema: $(18 + 4 + 4/2 + 2) + 2$.

Liegen von der Gruppierung $28 = (18 + 4 + 4 + 2)$ die beiden letzten Elektronen in einer Seitenlinie, sodass sie an der Valenz nicht beteiligt sind, so stellt die Gruppierung $(28) + 1$ das einwertige Cu dar. Läge das letzte Elektron auf einer Seitenlinie, dann hätte Cu die Valenz 8 oder 0, und es scheint das kristallisierte Cu tatsächlich ein einatomiges Molekül zu haben. Ganz ähnliche Verhältnisse wie bei Cu kehren bei Ag und Au wieder. Die Anordnung der Edelmetalle Cu, Ag, Au nach einem vierfach kubischen Gitter scheint für einatomige Moleküle zu sprechen.

Als Beispiel für die Elektronengruppierung bei Salzen möge CaCO_3 besprochen werden. Ca hat $(2 + 16) + 2$, C $(2) + 4$, O $(2 + 4) + 2$ Elektronen. Ca gibt seine beiden Valenzelektronen an zwei O-Atome ab, C kann zwei Elektronen an das eine und je ein Elektron an die beiden anderen O-Atome abgeben. C erhält infolgedessen zwar einen

positiveren Charakter als Ca; indessen die Elektronen des Ca-Atoms stehen weit von den Kernteilen ab, während die Elektronen des C-Atoms den Kernteilen nahe stehen. Die „Abgabe“ der Elektronen an die O-Atome besteht in einer derartigen Drehung der Elektronenbahnen, dass die Valenzelektronen des C- bzw. Ca-Atoms mit den Elektronen des O-Atoms astatische Systeme bilden. Der Brennpunkt der Bahn der Valenzelektronen verschiebt sich dabei bis zum nächst benachbarten nicht besetzten Knotenpunkte des Systems der O-Atome. Infolge des bedeutend grösseren Abstandes der Valenzelektronen der Ca-Atome vom positiven Kerne haften dieselben auch nur weniger fest am Kerne als die C-Atome; bei der Elektrolyse bleibt deshalb das C-Atom bei den 3 O-Atomen, während das Ca-Atom unter Zurücklassung seiner beiden Valenzatome davon getrennt wird. Die Gruppe CO_2 hat infolgedessen einen Überschuss, das Ca-Atom einen Fehlbetrag von 2 Elektronen.

Die vorstehend angegebenen Anordnungen der Elektronen sind keineswegs die einzig möglichen, und es sollte nur angedeutet werden, dass die Anordnung der Elektronenbahnen nach den 4 Tetraedernormalen eine mit wachsendem Atomgewicht zunehmende Mannigfaltigkeit zulässt.

Die Stärke der Affinität nimmt im allgemeinen mit wachsendem Atomgewichte ab, weil der Einfluss der Aufnahme oder Abgabe von Valenzelektronen auf die Astatierung des Gesamtsystems mit der Anzahl der Elektronen des Gesamtsystems abnimmt.

Die positiven halben Kerneinheiten, welche dem Wasserstoffkern entsprechen, liegen nach der im vorhergehenden gemachten Annahme in den Knotenpunkten eines doppelt kubischen Gitters. Diese Knotenpunkte können als Interferenzpunkte gedeutet werden, hervorgebracht durch Schwingungen, die von den Kernteilen ausgehen, und deren Schwingungszahl der Anzahl der Kernteile bzw. der Atomgewichte proportional ist. Wenn auch jeder dieser Kernteile im Brennpunkte einer Elektronenbahn gedacht werden muss, so gehen doch die Elektronenbahnen weit über das Kernsystem eines Atoms hinaus. Die einander parallel sich gegenüberliegenden Elektronenbahnen befinden sich so dicht aneinander, dass die Phasen nicht voneinander unabhängig sein können. In jeder der 4 Scharen von parallelen Bahnen folgen die Elektronen in gleichen Abständen. Durch die Elektronenatmosphäre hindurch setzt sich das doppelt kubische Gitter in Form von Interferenzpunkten fort, und dieses wird von 4

Scharen sich nicht schneidender (also asymmetrischer, d. h. windschiefer) magnetischer Achsen durchzogen.

Die nicht astasierten magnetischen Achsen der Peripherie stellen die Valenz des betreffenden Atoms dar. Die Valenzelektronen des metallischen Bestandteils eines chemischen Moleküls gehören elektrisch zum metallischen Atom, indem sie dessen positiven Kernteil neutralisieren, magnetisch dagegen zum nichtmetallischen Atom, dessen freie magnetische Achsen sie astasieren. Das Kation und das Anion eines dissoziierten Atoms sind magnetisch astasiert, aber nicht elektrisch neutral. Das Kation hat seine Valenzelektronen an das Anion abgegeben, jenes hat deshalb eine elektrisch positive, dieses eine elektrisch negative „Ladung“. Es ist bisher nicht möglich, je zwei Halbelektronen, welche nach unserer Annahme eine Phasendifferenz von 180° haben, und von denen das eine wohl zur positiven, das andere zur negativen Seite des Heliumkerns gehört, zu sprengen.

Bei einem homogenen Kristall muss man annehmen, dass das System der Kernteile aller Atome gleicher Art zu einem und demselben doppelt kubischen Gitter gehört, wodurch die Beziehungen aller Kristalle zur regulären Syngonie verständlich werden.

W. Barlow betrachtet die Atome als kugelförmig und nimmt an, dass die Kugeln möglichst dicht, aneinander gepackt sind. Die Radien der Kugelschalen sollen von der Valenz abhängen. Ein Kohlenstoffatom soll z. B. infolge seiner Vierwertigkeit den vierfachen Raum eines Wasserstoffatoms einnehmen. Das Methan CH_4 soll aus zentralen C-Kugeln und je 4 diese berührenden Wasserstoffatomen bestehen.

Dem widerspricht das Verhältnis von Diamant und Graphit. Graphit kristallisiert trigonal und gehört in die Reihe der „isotypen“ Kristalle, deren Achsenverhältnis $a:c$ annähernd $1:1,633$ ist. Betrachtet man den regulären Würfel als Grundrhomboeder, so stellt ein Rhomboeder mit dem Achsenverhältnisse $a:c=1:1,633$ das Rhomboeder $\frac{4}{3}R$ dar, d. h. ein Rhomboeder, dessen Achse a gleich der horizontalen Achse des Grundrhomboeders ist, während seine Achse c $\frac{4}{3}$ mal so gross ist als die Würfeldiagonalen. Das spez. Gewicht des Graphits schwankt zwischen 1,80 und 2,28, das des Diamanten ist 3,52. Der Diamant kristallisiert regulär, ist Nichtleiter der Elektrizität, farblos und durchsichtig. Der Graphit ist Leiter der Elektrizität, schwarz und undurchsichtig. Seine Leitfähigkeit nimmt mit der Temperatur zu, erinnert also in dieser Hinsicht

an die Elektrolyte. Wäre das spez. Gewicht des Graphits 1,75, dann wäre es genau halb so gross als das des Diamanten.

Die Verbrennungswärme des Graphits ist nach *Berthelot* 94,81 Kal., bezogen auf 12 g; die des Diamanten 94,31 Kalorien, ebenfalls auf 12 g bezogen. Aus der Gleichheit der Verbrennungswärme muss man schliessen, dass die chemischen Bindungen bei beiden Formen des Kohlenstoffs dieselben sind, und dass beide das gleiche Atom besitzen.

Verf. schloss aus diesen Verhältnissen (1906), dass sowohl dem Graphit als dem Diamanten ein kubisches Gitter zugrunde liege, dass aber beim Graphit nur halb so viele Atome auf das gleiche Gitter kommen als beim Diamanten. Der Überschuss des Kohlenstoffgehaltes im gleichen Volumen beim Graphit über die Hälfte des Kohlenstoffgehaltes beim Diamanten sollte auf C-Atome zurückgeführt werden, welche nicht an der Gitterstruktur beteiligt sind, sondern zwischen den Gitteratomen sich aufhalten. Auf diese „vagabundierenden Atome“ führte Verf. die elektrolytische (gewissermassen konvektive) Leitung und die schwarze Farbe des Graphits zurück. Beim Diamanten sind die Zwischenräume für derartige Atome zu eng.

Neuerdings (1917) fanden *P. Debye* und *P. Scherrer*, dass die zur Hauptachse senkrechten Atomschichten des Graphits dieselben seien wie die zu einer trigonalen Achse senkrechten Schichten des Diamanten, dass aber die Abstände dieser Schichten voneinander sich beim Graphit und Diamanten verhalten sollen, nicht wie 2:1, sondern wie 10,22:6,12, also annähernd wie 5:3.

Jedenfalls stehen die Abstände der Atome in der Richtung der trigonalen Achse des Graphits zu den Abständen des Diamanten in den Richtungen einer trigonalen Achse, wie aus den genannten Achsenverhältnissen des Graphits unzweifelhaft hervorgeht, in einem einfachen Verhältnisse, während sie in den dazu senkrechten Richtungen gleich sind.

Diese Tatsachen lassen sich mit der Hypothese von *Barlow* nicht in Einklang bringen. Verf. schliesst daraus, dass das C-Atom beim Graphit und beim Diamanten Wellen von der gleichen Länge aussendet. Ausser den von den Kernen ausgehenden Wellen müssen aber auch von den Atomen Wellen mit multiplen Längen, d. h. von der Grösse des Radius der äussersten Elektronenbahnen in Betracht kommen, der früher annähernd durch die Gleichung $R_n = \frac{A_0 n}{A_n}$ definiert wurde, wobei n die Anzahl der zwischen dem Schwerpunkte und

der äussersten Elektronenbahn liegenden stabilen Bahnen bezeichnet. Da die Abstände der mittleren stabilen Bahn annähernd gleich gesetzt werden können, so kann wie früher erwähnt für n auch annähernd die Nummer der horizontalen Reihe des periodischen Systems gesetzt werden, wenn auch die Anzahl der stabilen Bahnen ohne Frage grösser ist als die Zahlen; die Zahlen stellen dann ein Multiplum der Nummer der Elektronenbahnen dar.

Diese Wellen mit den multiplen Längen bilden miteinander ein System stehender Wellen, dessen Knotenpunkte aber nur zum Teil mit Atomschwerpunkten besetzt zu sein brauchen. Auch diese Hypothese steht im Zusammenhang mit den auffallenden Beziehungen wohl aller Kristalle zur regulären Syngonie.

Bekanntlich bevorzugen gewisse Elemente in ihren Verbindungen mit O oder S das Auftreten von einer oder von vier trigonalen Achsen der Kristallform, z. B. Al, Si, Fe, Mn. Aus der Gleichung $R_n = \frac{nA_o}{A_n}$

ergibt sich: $R_{Al} = 1,0225 \text{ tg } 30^\circ$, $R_{Si} = 0,9757 \text{ tg } 20^\circ$,

$R_{Mn} = 1,0078 \text{ tg } 30^\circ$, $R_{Fe} = 0,9928 \text{ tg } 30^\circ$.

Da R_S fast genau gleich 1, d. h. gleich R_o ist, so gelten diese Zahlenwerte ebenso gut für die Verbindungen mit O als mit S.

Steht hiernach der Abstand zwischen zwei Al- oder Si- oder Mn- oder Fe-Atomen in einem einfachen Verhältnisse zu dem Abstände der Knotenpunkte eines kubischen Gitters in der Richtung g [110], dann kann der Abstand der S- oder O-Atome genau in dem gleichen Verhältnisse zu dem Abstände der Gitterpunkte in der Richtung l [112] stehen. Strahlen die Atome Wellen von der angedeuteten Länge auch nach allen Richtungen aus, so können wirksame Wellen doch nur nach solchen Richtungen zustande kommen, nach welchen die Abstände der Massenpunkte in einem zu den Wellenlängen passenden Verhältnisse stehen. Die trigonale Symmetrie der genannten Kristalle wird also nicht durch die Form der Atome Al, Si, Mn, oder Fe, sondern durch das Verhältnis der von diesen ausgehenden Wellenlängen im Vergleich zu den Wellenlängen des O- bzw. S Atoms bedingt.

Eine merkwürdige Beziehung besteht in dieser Hinsicht zwischen der Kristallform von SiO_2 und FeS_2 . Die Atomgewichte der in Frage kommenden Elemente sind: $A_{Fe} = 55,9$, $A_S = 32,06$, $A_{Si} = 28,4$, $A_O = 16$, demnach sind die Molekulargewichte von $FeS_2 = 120,02$, von $SiO_2 = 60,4$. Das Molekulargewicht von FeS_2 ist fast doppelt so gross als das von SiO_2 ; auch das Atomgewicht von S ist fast doppelt so gross als das von O, jenes von Fe nur wenig kleiner als

das doppelte Atomgewicht von Si. Das Molekularvolumen ist für Quarz 23,6, für Pyrit 23,5.

Die Anzahl der Elektronen ist bei O = 8, bei S = 16, bei Si = 14, bei Fe = 26. Die Anzahl der Elektronen ist also bei den einzelnen Atomen von FeS_2 fast genau doppelt so gross als bei den Atomen von SiO_2 , die Abstände zwischen den einzelnen Bahnen müssen also bei Fe und S ungefähr halb so gross sein als bei Si und O, d. h. die Abstände zwischen den einzelnen konstanten Elektronenbahnen müssen dem Atomgewichte umgekehrt proportional sein.

Bezüglich der Annahme von Molekularströmen, welche nunmehr durch die Rotation der Elektronen und des Atomkerns oder der Kernteile zu ersetzen sind, hat O. Lehmann (1889) das Bedenken geäussert, „dass nach den uns geläufigen Vorstellungen die Existenz solcher Ströme ohne wirksame elektromotorische Kraft nicht möglich erscheint.“ Dieses Bedenken gilt natürlich in gleichem Masse bezüglich der Bohrschen Annahme wie bezüglich der Annahme des Verfassers.

Die Bewegungen des Kernes und der Elektronen gehören zum Energieinhalt des Atomes und dieser ist ein Teil der Gesamtenergie des Weltalls. Woher diese Energie in letzter Linie stammt, ist wohl kaum eine Frage der Naturwissenschaften, sondern der Philosophie, und meines Erachtens hat schon *Dubois-Reymond* darauf die Antwort erteilt: „Ignorabimus.“

Es kann sich hier nur um die Frage handeln, ob die genannten Rotationen einen Verlust an Energie für das Atom bedingen. Da das System keine Arbeit leistet, so kann Energieverlust nur durch Strahlung eintreten. *Bohr* hilft sich durch das Axiom: Das rotierende Elektron strahlt in seiner stabilen Bahn nicht; ebensowenig der rotierende Atomkern.

Nach *Planck* ist der Energievorrat, der den Atomen bei 0° absolut verbleibt, so gross, dass demgegenüber alle in den gewöhnlichen physikalischen und chemischen Prozessen vorkommenden Wärmetönungen minimal sind (a. a. O. S. 30).

Nach der vorhin entwickelten Theorie findet keine elektromagnetische Strahlung der Elektronen statt, solange sie sich in den konstanten Bahnen bewegen, weil diese Niveaulinien sind. Da diese ausserdem Linien minimaler Primitivbewegung bilden, so hat auch ein der Reibung zu vergleichender Energieverlust in den stabilen Bahnen einen minimalen Wert. Dagegen muss eine periodische Schwingung

von den Kernteilen ausgehen, wenn man nicht die spezielle Voraussetzung macht, die Kernteile seien genau isotrope Kugeln oder Kugelscheiben oder Ringe. Sinkt infolge der genannten Rotation der Kernteile die Energie des Atoms, so kann sie durch Zustrahlung von aussen wieder ersetzt werden, sodass also zwischen dem gesamten Energieinhalt des Atoms und seiner Umgebung ein stationärer Gleichgewichtszustand bestehe. Wird dagegen der Energievorrat durch Strahlung allmählich erschöpft, da muss ein entsprechender Zerfall sowohl der Kristallstruktur als der Atome eintreten.

Man kann sich endlich auch vorstellen, dass die Kernteile gegenüber den gesamten Bewegungen der Umgebung dieselbe Bedeutung haben wie ein Rohr oder ein Draht von bestimmter Länge, welche aus den ganz unregelmässigen Bewegungen der Luft diejenigen Schwingungen auslesen, welche zu ihren Dimensionen in Resonanz stehen und diese in verstärkter Form aussenden.

Die Annahme von stehenden Schwingungen macht u. a. auch die Grundannahme der Elastizitätstheorie verständlich. Diese setzt voraus, dass durch äusseren Zug in einem festen Körper immer anziehende, durch äusseren Druck immer abstossende Kräfte geweckt werden. Nach der Theorie der stehenden Schwingungen besteht das Bestreben, dass die Knotenpunkte sich kreuzender Wellen zusammenfallen, und dieses Prinzip muss jeder Art von Änderung, sei es Vergrösserung oder Verkleinerung des Abstandes der Massenpunkte entgegenwirken.

Als „elektrische Achsen“ muss man nach der entwickelten kinetischen Theorie die Verbindungslinien je zweier Atome eines chemischen Moleküls betrachten, denn das metallische Atom hat sein negatives Valenzelektron an das nichtmetallische Atom abgegeben. Die Verbindungsstrecke ist also an dem einen Ende positiv, am andern negativ elektrisch. Ausserdem kann auch der elektrische Gegensatz zwischen Kern und Elektronen eine Polarität der Atome bedingen. Es ist auf diese Weise denkbar, dass auch bei homogener Anordnung der Atomschwerpunkte die elektrischen Achsen an verschiedenen Stellen verschieden orientiert sind. Ein anscheinend holoedrischer Kristall kann demnach eine elektrische Felderteilung zeigen, welche auf eine Zwillingsstellung der elektrisch polaren Achsen zurückzuführen ist.

Wegen der nachgewiesenen Beziehungen zwischen der optischen und elektrischen Felderteilung kann auch eine optische Felderteilung

bei homogener oder doch nahezu homogener Anordnung der Atom-
schwerpunkte auftreten.

Infolge der Elektronenbewegung zerfällt ein linear polarisiert einfallender Lichtstrahl in zwei entgegengesetzt rotierende Komponenten, welche bei schraubenförmiger Anordnung der Schichten in bezug auf die elektrischen oder magnetischen Achsen oder im Magnetfelde sich mit ungleicher Geschwindigkeit fortpflanzen, so dass das von *Sohncke* ausgesprochene Bedenken beseitigt ist.

Bei doppelt kubischen Systemen haben die Abstände in der Richtung der Oktaedernormalen den kleinsten Wert. Von den verschiedenen möglichen Anordnungen der magnetischen Achsen innerhalb eines doppelt kubischen Systems ermöglicht die früher vom Verfasser mit p' bezeichnete Anordnung die dichteste Anordnung der Elektronenbahnen, und zwar derart, dass die magnetischen Achsen sich gegenseitig nicht stören.

Fedorow wies statistisch nach, dass die Flächenverteilung der Kristalle auf eine Bevorzugung des doppeltkubischen Gitters bezüglich der Anordnung der Atome hinweise. Die Beobachtungen von *Bragg* ergeben indessen eine Bevorzugung des vierfach kubischen Gitters. Dieser Widerspruch kann durch die Annahme des Systems der Kernteile in Form eines doppelt kubischen Gitters gehoben werden.

Das Atom ist nach der soeben entwickelten Hypothese elektrisch neutralisiert; die Normalen zu den einzelnen Elektronenbahnen stellen magnetische Achsen dar.

Im chemischen Molekül sind die vier magnetischen Achsen astasiert, aber die Verbindungslinie der Schwerpunkte der durch Valenzen verketteten Atome stellen polare elektrische Achsen dar.

Bei einem homogenen regulären Kristalle sind die chemischen Moleküle anscheinend immer nach einem vierfach kubischen Gitter angeordnet. Das vierfach kubische Gitter besteht aus vier ineinander gestellten einfachen kubischen Gittern. In jedem dieser einfachen kubischen Gitter sind die elektrischen Achsen aller Moleküle nach der gleichen Tetraedernormalen orientiert. Im homogenen regulären Kristalle sind daher die elektrischen Achsen der chemischen Moleküle astasiert.

Die kristallisierten Edelmetalle Cu, Ag, Au, aber auch die Me-

talle Pb und Al haben hiernach einatomige Moleküle, der kristallisierte C dagegen ein zweiatomiges Molekül, da bei den ersteren die Atomanordnung nach einem, bei letzterem nach zwei vierfach kubischen Gittern erfolgt. Die zwischen den Metallen und den Metalloiden stehenden Elementen As, Sb, Bi und das Wolfram haben nach dieser Hypothese im kristallisierten Zustande vieratomige Moleküle.

Bei nicht regulären Kristallen kann die Astasierung nach den beiden anderen möglichen Formen (nach zwei parallel und entgegengesetzt, oder nach den sich unter 120° schneidenden Achsen) erfolgen, oder aber nach denjenigen vier Richtungen, welche den vier Tetraedernormalen entsprechen.

Als Träger der Lichtschwingungen wurde bekanntlich von *Huyghens* der Lichtäther eingeführt; aber es wurden für und gegen die Existenz des Lichtäthers verschiedene Gründe angegeben. (Vgl. *J. Beckenkamp* Kristalloptik, S. 450—458.)

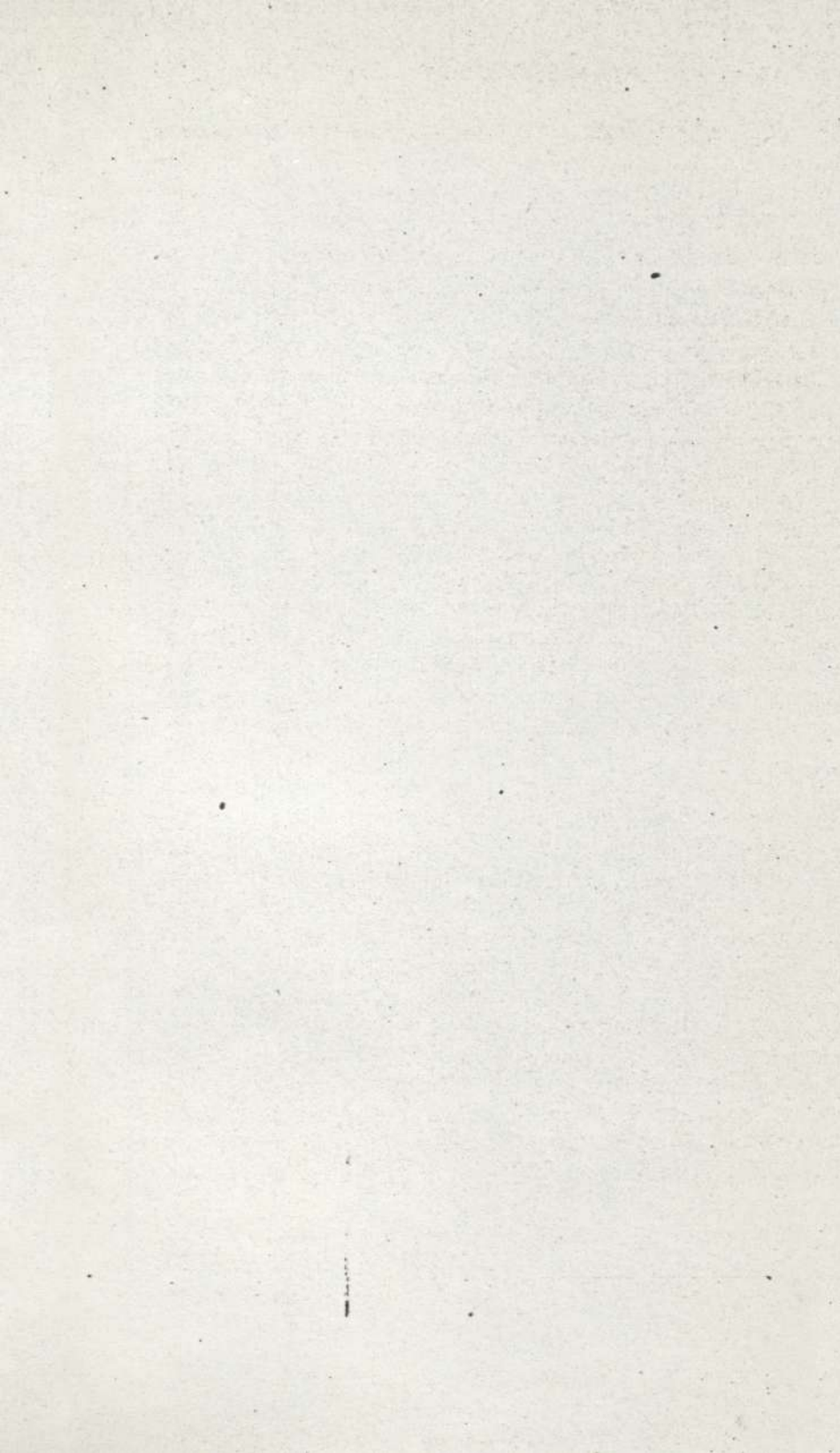
Nerist und *Zehnder* vertreten die Ansicht, dass der Äther existiere. Nach *Zehnder* ist „im unermesslichen Weltraum der Äther gasförmig, aber in unmittelbarer Umgebung der grössten Massenansammlungen, der Sonnen und ihrer Planeten, ist er so dicht, dass er sich als quasi fester Körper verhält, ähnlich wie ja auch die Sonnengase im Sonnenkerne als quasi fest angenommen werden. Demnach ist nur quasi fester Äther an der unmittelbaren Oberfläche sicheren Messungen zugänglich, wobei wir eben die Transversalität der Lichtwellen und ihre Polarisierung beobachten“, während wir bei Schallwellen in Gasen longitudinale Primitivbewegungen haben. Nach *Zehnder* ist „die Wärme des Äthers die Elektrizität, der Schall des Äthers das Licht“. Die Ätherhülle eines unelektrischen Körperatoms besitzt einen solchen inneren Bewegungszustand, dass ihre Ätheratome mit den Ätheratomen der Umgebung im thermodynamischen Gleichgewichte stehen. Zu jeder Zeit verliert die Ätherhülle ebenso viele Ätheratome durch „Verdampfung“ in den Aussenraum, als sie neue durch „Kondensation“ gewinnt. Ist dieser Gleichgewichtszustand gestört, so ist das Körperatom elektrisch. Wenn der Bewegungszustand der Ätherhülle eine grössere Intensität als der des Äthers der Umgebung besitzt, so verliert die Ätherhülle Ätheratome durch „Verdampfung“. „Die negative Elektrizität entspricht dem Zustande grösserer Intensität der Ätherbewegung in der Atomhülle. Das Elektron soll ungefähr 10^{20} Ätheratome enthalten.“ Jedoch soll „dem Elektron ein statistischer Wert zukommen, gebildet durch eine mittlere Zahl von Äther-

atomen, die bei jeder Abspaltung eines einwertigen Körperatoms aus einem Molekül immer wiederkehren.“

A. Sommerfeld betrachtet dagegen die Elektronen als „die Atome der Elektrizität“, als „Zentren elektrischer Kraftlinien“, die mit einer negativen Elementarladung und mit einer gewissen Masse, welche 1844 mal kleiner ist als die des Wasserstoffatoms, begabt sind.

Die vorstehend entwickelte Theorie unterscheidet sich von der Bohrschen im wesentlichen dadurch, dass sie die Valenz aus einem einheitlichen Prinzip, der astatischen Anordnung der Elektronenbahnen ableitet und die Bohrschen Axiome aus allgemeinen mechanischen bzw. elektromagnetischen Gesetzen ableitet.

Da die Bohrsche Theorie eine wesentlich andere Anordnung der Atombahnen voraussetzt als die von Debye als wahrscheinlich abgeleitete, so darf man voraussetzen, dass auch die Anordnung der Strombahnen nach den Tetraeder- bzw. Oktaederflächen die empfindliche Probe der Spektrallinien bestehen wird.





VERHANDLUNGEN

DER

PHYSIKALISCH-MEDICINISCHEN GESELLSCHAFT

ZU

WÜRZBURG.

N. F. BAND 45.

№ 6.



ÜBER DIE
BEDEUTUNG DER POLARITÄT DER ATOME

BEZÜGLICH

DER OPTISCHEN DREHUNG, DER ELASTIZITÄT, DER
SPALTBARKEIT UND DER SOGENANNTEN ANOMALEN
ERSCHEINUNGEN UND ÜBER DEN EINFLUSS DER LAGE-
RUNG DER ATOME BEI CHEMISCHEN PROZESSEN.

VON

PROF. DR. J. BECKENKAMP.

MIT 12 TEXTFIGUREN.


WÜRZBURG UND LEIPZIG.

CURT KABITZSCH VERLAG.

1918.



Jede Nummer ist als Separatabdruck auch einzeln käuflich.



Über die Bedeutung der Polarität der Atome bezüglich der optischen Drehung, der Elastizität, der Spaltbarkeit und der sogenannten anomalen Erscheinungen und über den Einfluss der Lagerung der Atome bei chemischen Prozessen.

Von
J. Beckenkamp, Würzburg.

Mit 12 Textfiguren.

Nach dem Vorgange von *Frankenheim* versuchte *A. Bravais* (1850) die geometrischen und physikalischen Eigenschaften der Kristalle auf die Eigenschaften und die Anordnung von Molekülen zurückzuführen.

Auf zwei Scharen paralleler Geraden seien Punkte in gleichen Abständen verteilt, aber ohne dass die Abstände auf der einen Geraden die gleichen sein müssten wie die Abstände auf der andern Geraden. Die beliebig weit fortgesetzte Punktanordnung bildet ein Punktnetz. Werden beliebig viele solche Punktnetze in gleichen Abständen parallel zueinander gestellt und zwar so, dass die gleichartigen Geraden in allen Netzebenen parallel sind, so bildet die Punktanordnung ein

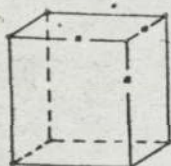


Fig. 1. Einfach kubisches Gitter.

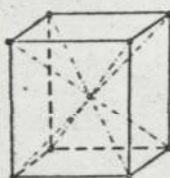


Fig 2. Doppelt kubisches oder raumzentriertes Gitter.

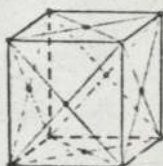


Fig. 3. Vierfach kubisches oder flächenzentriertes Gitter.

Raumgitter. *Bravais* zeigte, dass es 14 verschiedene Arten von Raumgittern gibt. Von diesen gehören drei der regulären Syngonie (dem regulären System) an. (Fig. 1, 2, 3.) Hier sind die Abstände zwischen

den nächstbenachbarten auf drei zueinander senkrechten Geraden gelegenen Punkten gleich und die Winkel zwischen den drei Scharen von Netzebenen gleich 90° . Fig. 1 nach allen Seiten beliebig fortgesetzt gibt das einfach kubische Gitter, Fig. 2 das doppelkubische oder raumzentrierte Gitter, Fig. 3 das vierfach kubische oder flächenzentrierte Gitter; bei 2 durchdringen sich zwei, bei 3 dagegen vier einfach kubische Gitter (Elementargitter).

Die übrigen Raumgitter ausser dem dreiseitig prismatischen Gitter (Fig. 4) entstehen aus den regulären Gittern durch Deformation. So z. B. sind beim rhomboedrigen Gitter wie beim regulären die Punktabstände nach allen drei Richtungen gleich, aber die drei Winkel sind zwar wie beim regulären Gitter untereinander gleich, aber im Gegensatz zu diesem von 90° verschieden.

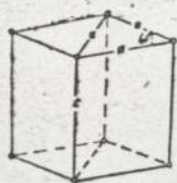


Fig. 4. Dreiseitig prismatisches Gitter.

Das dreiseitig prismatische Gitter ist in den regulären Gittern als Teilgitter enthalten. Man kann auch bei den rhomboedrigen Gittern eine Durchdringung von 2 oder von 4 Gittern annehmen; doch lassen sich diese im Gegensatz zu den regulären Gittern auf ein einziges rhomboedrisches Gitter zurückführen, welches seinerseits wieder aus drei dreiseitig-prismatischen Gittern besteht.

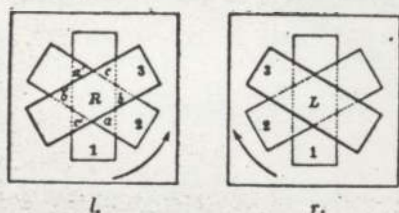


Fig. 5. Linker und rechter Glimmersatz nach E. Reusch.

Nachdem E. Reusch (1869) gezeigt hatte, dass man die Drehung der Schwingungsebene des linear polarisierten Lichtes, wie sie z. B. beim Quarz für Strahlen parallel zur Hauptachse bekannt war, durch einen sog. Glimmersatz (Fig. 5) künstlich nachahmen könne, versuchte L. Sohncke (1876) die natürliche optische Drehung bei Kristallen durch eine schraubenartige Anordnung der kleinsten Massenteile im Kristalle zu erklären. Speziell für den Quarz glaubte er eine Anordnung der Moleküle nach dem rechten oder linken abwechselnden Dreipunktschraubensystem (Fig. 6) annehmen zu müssen, indem er die Schraubenachsen mit dem Glimmersatz von Reusch verglich.

Eine Schwierigkeit sah schon Sohncke darin, für das regulär kristallisierende chloressige Natron, welches eine für alle Richtungen

Eine Schwierigkeit sah schon Sohncke darin, für das regulär kristallisierende chloressige Natron, welches eine für alle Richtungen

gleich starke optische Drehung zeigt, ein passendes System von Schraubenachsen aufzustellen. Endlich machte auch schon *Sohncke* darauf aufmerksam, dass es nicht erklärlich sei, warum ein linear polarisiert einfallender Strahl bei der Annahme der Schraubenachse in zwei zirkular polarisierte Strahlen zerfalle.

Verfasser (*J. Beckenkamp*) entwickelt deshalb (1899) ein Strukturmodell für den Quarz mit der Annahme, dass die kleinsten Massenteile von elektrischen Kreisströmen, in neuerer Bezeichnungsweise also von Elektronen umkreist werden. Das damals abgeleitete Modell ergab optische Drehung nur für Strahlen parallel zur Hauptachse; nun wurde aber später (1900) von *Drude* und von *Voigt* experimentell erkannt, dass beim Quarz auch für Strahlen senkrecht zur Hauptachse

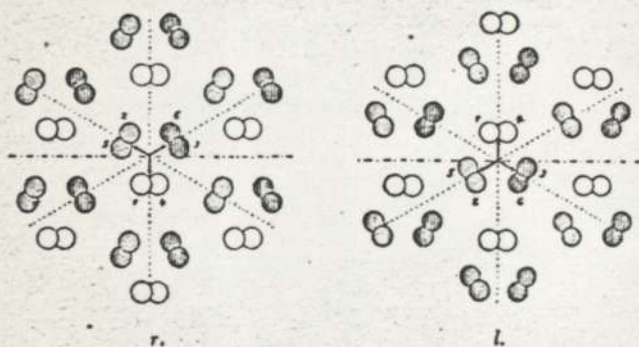


Fig. 6. Rechtes und linkes abwechselndes Dreipunktschraubensystem: die Ziffern geben die Schichtnummer an, wobei die Schicht 6 unten, die Schicht 1 oben gedacht ist.

eine „reine optische Drehung“ besteht, deren Beobachtung durch die der Drehung überlagernde Doppelbrechung erschwert wird.

Verf. leitete daher (1915) eine Struktur ab, welche er mit q oder q_2 bezeichnete, die nach allen Richtungen gleiche optische Drehung ergibt, nach welcher also die reine optische Drehung durch eine Kugel dargestellt wird, die aber bei den niedriger symmetrischen Kristallen entsprechend deformiert wird. Bei der vom Verf. (Kristallographie S. 578 u. ff.) mit q_2 bezeichneten Anordnung eines doppelt kubischen Punktsystems besteht wie beim Glimmersatze von *Reusch* eine einheitliche Schraubung ganzer Schichten; dabei wird angenommen, dass jeder Punkt eine bevorzugte Richtung parallel einer der 4 Tetraedernormalen habe (Fig. 7 a, 7 b), und speziell bei der Anordnung q_2 sollen alle Punkte, welche zur gleichen, einer Tetraedertfläche parallelen Punktschicht

gehören, gleich gerichtete bevorzugte Richtungen besitzen. Alle 4 Tetraedernormalen sind dann völlig gleichwertige Schraubenachsen. Bei der Anordnung q_2 haben alle Punkte desselben vierfach kubischen Teilgitters die gleiche Orientierung der polaren trigonalen Achsen. Schreitet man auf irgend einer der 4 Tetraedernormalen fort, so wiederholen sich die zu ihr senkrechten Schichten mit einer Periode von 4 Schichten; bei der einen Schicht geht die bevorzugte Richtung parallel der betreffenden Tetraederachse, bei den 3 andern steht sie schief dazu; die erstere Schicht verhält sich optisch einachsigt, die drei andern haben mit Rücksicht auf ihre bevorzugten Richtungen

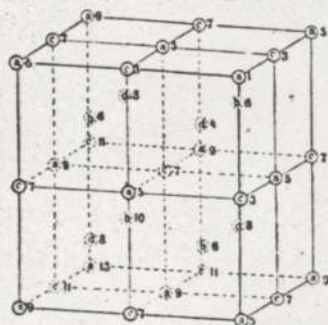


Fig. 7a. Anordnung q_2 eines doppelt-kubischen Gitters. Die Ziffern bedeuten die von vorn oben rechts nach hinten unten links folgenden Schichten senkrecht zu der Diagonalen 1—13, die Buchstaben die Orientierung einer polaren Richtung entsprechend der Figur 7b.

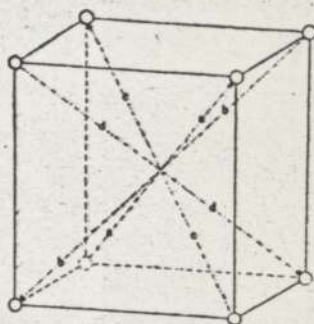


Fig. 7b. Bezeichnung der 4 polaren Raundiagonalen eines Würfels (d. h. der 4 Tetraedernormalen) durch Buchstaben.

monoklinen Charakter und zwar sind ihre Spiegelebenen um je 120° gegeneinander um die erste Tetraedernormale gedreht.

Ersetzen wir die Punkte durch (elektrisch oder magnetisch) polare Atome, deren Polarität den genannten Richtungen parallel läuft, oder welche in gleicher Weise orientierte Molekülachsen besitzen, dann muss ein derartig gebauter Kristall die Schwingungsrichtung eines linear polarisierten Lichtstrahls drehen. Platten von gleicher Dicke, aber in verschiedenen Richtungen aus dem Kristall geschnitten, müssen die gleiche Stärke der Drehung ergeben.

W. H. Bragg fand mit Hilfe der Durchleuchtung mit Röntgenstrahlen für die Quarzstruktur ein dreiseitig prismatisches Gitter mit den Dimensionen $a : c = 1 : 1,1$ und dazwischen noch zwei weitere ähnliche Gitter; er vermutete, dass diese drei Gitter miteinander ein

einfaches Dreipunktschraubensystem bildeten, welches an Stelle der Doppelpunkte in Fig. 6 nur je einen Punkt hat. Abgesehen davon, dass das einfache Dreipunktschraubensystem nur die Symmetrie der trigonal-pyramidalen Klasse besitzt, während dem Quarz die Symmetrie der trigonal-trapezoedrischen Klasse zugeschrieben wird, könnte dieses System, wie schon erwähnt, eine optische Drehung nur für Strahlen parallel zur Hauptachse, nicht aber auch, wie durch Beobachtung festgestellt ist, für Strahlen senkrecht zur Hauptachse ergeben und der Zerfall in zwei entgegengesetzt rotierende Strahlen, welcher zuerst von *Fresnel* und später von andern wiederholt nachgewiesen wurde, kann mit Hilfe von Dreipunktschraubensystemen nicht erklärt werden.

Setzen wir voraus, dass die Atome von Elektronen parallel zu den Tetraederebenen umkreist werden, so zerfällt ein linear einfallender Lichtstrahl beim Eintritte in einen mit solchen Atomen erfüllten Kristallraum stets in zwei entgegengesetzt rotierende Komponenten. Betrachten wir etwa die Elektronenbewegungen, welche einer Tetraederfläche parallel gehen, so bestimmen diese einen gewissen Drehungssinn. Die Elektronenbewegungen nach den drei andern Tetraederflächen liefern für jene Ebene eine Komponente, deren Drehungssinn jenem gleich und entgegengesetzt ist. Im allgemeinen pflanzen sich beide Komponenten mit gleicher Geschwindigkeit fort und beim Austritte aus dem Atom-bereiche setzen sie sich dann wieder zu einer linearen Schwingung zusammen, welche die gleiche Richtung hat wie der einfallende Strahl.

Ist aber der Schichtenbau der Atome schraubenförmig oder befindet sich der Kristall in einem Magnetfelde, so pflanzen sich die beiden in entgegengesetztem Sinne rotierenden Strahlen mit verschiedener Geschwindigkeit fort, und setzen sich beim Austritte aus dem Atom-bereiche zu einer linearen Schwingung zusammen, welche gegen die einfallende Schwingungsrichtung gedreht ist. Hat das Atomsystem mit Rücksicht auf eine elektrische Polarität oder auf die Molekül-achsen den Bau der Anordnung q_2 , so ist die Intensität der beiden Komponenten unabhängig von der Richtung des einfallenden Strahles.

Das doppelkubische Gitter kann aufgefasst werden als Durchdringung von vier vierfach kubischen Gittern (Fig. 8.) Eine regelmässige Verteilung aller Atome SiO_2 des Quarzes auf die Punkte des doppelt kubischen Gitters lässt sich nicht durchführen. Dagegen

verteilen sich nach *Bragg* z. B. beim Flusspat die Atome CaF_2 auf drei vierfach kubische Teilgitter des doppelt kubischen Gitters.

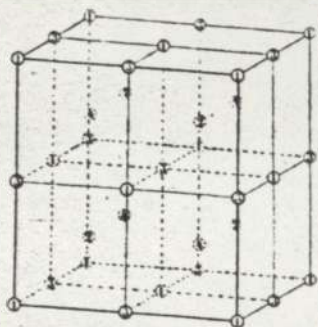


Fig. 8. Doppelt kubisches Gitter als Durchdringung von 4 vierfach kubischen Gittern 1, 2, 3, 4 aufgefasst.

Die Punkte des einen vierfach kubischen Teilgitters sind mit Ca-, die von zwei anderen mit F-Atomen besetzt, die Punkte des vierten Teilgitters sind beim Flusspate unbesetzt. Es läge nahe, beim Quarz die gleiche Verteilung der Atome SiO_2 anzunehmen, wobei dann allerdings beim Quarz eine übrigens nur geringe Deformation in der Richtung einer der 4 Tetraedernormalen eintritt. Aus Symmetriegründen müsste man dann annehmen, dass die Punkte desjenigen vierfach kubischen Gitters unbesetzt blieben, deren polare Richtung der deformierten Tetraedernormalen parallel

geht. Setzen wir beim Quarz im übrigen die gleiche Polarität der Atome voraus, wie bei der Anordnung q_2 , so ergäbe sich auch in diesem Falle eine optische Drehung sowohl für Strahlen parallel als senkrecht zur Hauptachse.

Bei der Anordnung q_2 folgen nach jeder der 4 Tetraedernormalen in gleichen Abständen gewissermassen aufeinander: 1. eine Lamelle eines optisch zweiachsigen Glimmers; 2. 3. 4. Lamellen eines optisch zweiachsigen Glimmers, deren Schwingungsrichtungen um 120° gegeneinander um die betreffende Tetraedernormale gedreht sind. Es erfolgt demnach optische Drehung für Strahlen nach allen vier Tetraedernormalen in gleichem Grade, folglich auch für Strahlen nach jeder beliebigen Richtung in gleichem Grade. Fehlt eines der 4 vierfach kubischen Gitter, wie beim Quarz anzunehmen wäre, etwa dasjenige, dessen Atome eine nach der Richtung *a* orientierte polare Achse haben, dann folgten in der Richtung *a*, der Hauptachse, gewissermassen aufeinander: 1. eine unbesetzte Schicht 2. 3. und 4. Lamellen eines optisch zweiachsigen Glimmers, deren Schwingungsrichtungen um 120° gegeneinander um die Achse *a* gedreht sind. In den Richtungen *b*, *c* und *d* dagegen folgten gewissermassen aufeinander: 1. eine unbesetzte Schicht 2. eine Lamelle eines optisch einachsigen Glimmers 3. und 4. Lamellen eines optisch zweiachsigen Glimmers, deren Schwingungsrichtungen um 120° gegeneinander gedreht sind. Auch die Strahlen nach den Richtungen *b*, *c* und *d* müssten also eine Drehung ihrer Schwingungsrichtung erfahren, welche für alle drei Richtungen gleich stark, aber

schwächer als für Strahlen parallel der Hauptachse wäre. Strahlen, welche zur Hauptachse senkrecht gehen, durchsetzen gewissermassen drei gegeneinander gedrehte Lamellen eines optisch zweiachsigen Glimmers, aber schief zur Lamellenebene.

Während die reine optische Drehung bei der Anordnung q_2 durch eine Kugel darstellbar ist, besitzt die Oberfläche der reinen Drehung bei der zuletzt besprochenen Struktur nur eine einzige Rotationsachse, die Hauptachse.

Betrachten wir die Atome als Punkte oder Kugeln, so hätte die Anordnung der Atome SiO_2 (genau oder infolge der Polarität der Atome nur wenig gestört) die Symmetrie der ditrigonal-skalenoedrischen Klasse, für welche die Hauptachse eine dreizählige Deckachse, die drei zur Hauptachse senkrechten Nebenachsen, welche drei regulären Richtungen g [110] entsprechen, zweizählige Deckachsen, und die drei durch die Hauptachse gehenden zu den drei Nebenachsen senkrechten Zwischenebenen Spiegelebenen sind. Berücksichtigen wir jedoch auch die Polarität der Atome, so hätte die homogene Masse nur die Symmetrie der pedalen Klasse der triklinen Syngonie. Die drei Tetraedernormalen, folglich auch deren Mittellinie, die Hauptachse, wären hemimorphe Richtungen. Da die eine der drei Richtungen b , c , d ihre Polarität den Atomen Si , die beiden andern den beiden Atomen O verdanken, so wäre die Hauptachse mit Berücksichtigung der Polarität auch keine dreizählige Deckachse. Als eine dieser Anordnung entsprechende Masse muss der Quarzin aufgefasst werden.

Beim Quarz dagegen liegt ein quasi homogenes Zwillingssaggregat von submikroskopischen gleichartigen (d. h. entweder rechten oder linken) Quarzinpartikeln vor, für welches die Nebenachsen g infolge der Zwillingbildung anscheinend zweizählige, die Hauptachse anscheinend dreizählige Deckachsen werden. An die Stelle der drei elektrisch polaren Tetraedernormalen treten infolge der Zwillingbildung nach den drei Richtungen diese drei Nebenachsen g als elektrisch polare Resultierende ¹⁾.

Durch die in Fig. 7a dargestellte Orientierung der Atome nach den 4 Tetraedernormalen zerfällt das ganze System in vier Scharen sich gegenseitig durchdringender Schichten nach den 4 Tetraederflächen. Jede derartige Schicht enthält drei Scharen von Richtungen g [112], welche bei regulärer Symmetrie Granatoedernormalen entsprechen;

¹⁾ Ein Modell, welches die hier beschriebene Lagerung der Atome SiO_2 und die genannten polaren Richtungen angibt, kann durch den Hausmeister des mineralogischen Instituts Würzburg bezogen werden.

wird das reguläre Gitter in ein rhomboedrisches deformiert, so werden die drei zur Hauptachse senkrechten Richtungen Nebenachsen. Optische Drehung und elektrische Polarität würden ebenso wie bei der vorhergehenden Voraussetzung auch dann erfolgen, wenn von jeder Schar von Schichten eine Richtung g , welche bei rhomboedrischer Deutung Nebenachse wird, elektrisch polar wäre. Die der Basis (111) parallelen Schichten fallen dann aus, und nur die den drei Flächen $(\bar{1}11)$, $(1\bar{1}1)$ und $(11\bar{1})$, d. h. den Flächen des Rhomboeders — $2R$ entsprechenden Schichten, sind mit Atomen besetzt; eine Schar mit Si-Atomen, die beiden anderen mit O-Atomen. Auch diese Struktur wäre mit dem Glimmersatze von *Reusch* zu vergleichen; jedoch stehen die Lamellen unter dem Neigungswinkel von $-2R$ zur Hauptachse schief gegen die Schraubenachse, wenn man die Atome so zu Schichten zusammenfasst, dass die polaren Achsen alle in der betreffenden Schicht liegen; man kann aber auch die Atome so zu Schichten gruppieren, dass nur in einer Schicht einer Periode die polare Achse g in der Schicht liegt, bei den anderen dagegen schief dazu; dann bestehen vier Schraubenachsen und die Lamellen stehen zu diesen senkrecht. Kommt zu der elektrischen Polarität nach den horizontalen Richtungen g noch irgend eine andere, dann wird die Masse hemimorph nach der Schraubenachse. Die ungleichwertige Besetzung der drei Schichten bedingt, dass die entsprechende homogene Masse nur pseudotrigonal sein kann. Es würde auch in diesem Falle eine dem Quarz in entsprechende homogene Masse entstehen, durch deren quasi homogene Mischung die Eigenschaften des Quarzes resultierten. Man könnte etwa Tetraedernormalen als magnetisch, und dazu senkrechte Granatodernormalen g als elektrisch polare Richtungen betrachten.

Grössere Wahrscheinlichkeit besitzt auch das vom Verf. schon früher (Kristalloptik 1915. S. 586 unter Nr. 3) abgeleitete Strukturbild.

Betrachten wir den Komplex eines Si-Atoms mit den beiden ihm zunächst benachbarten O-Atomen als ein chemisches Molekül, so mag die durch den Schwerpunkt des Si-Atoms gehende Verbindungsgerade der beiden O-Atome „Molekülachse“ heissen. Die Schwerpunkte der chemischen Moleküle, d. h. also auch der Si-Atome bilden ein doppelt kubisches Gitter und die Molekülachsen wechseln entsprechend der Anordnung q_2 nach den 4 Tetraedernormalen. Ein Komplex von vier in der Richtung einer beliebigen Oktaedernormalen unmittelbar aufeinander folgenden chemischen Molekülen umfasst alle vier möglichen Orientierungen. Einen solchen Komplex von chemischen Molekülen, durch dessen parallele Anordnung im Raume die Kristallmasse erzeugt

wird, kann man als „Kristallmolekül“ bezeichnen. Endlich ist auch die Annahme möglich, dass die (magnetisch polaren) Molekülachsen nach p_2 und elektrisch polare Achsen nach q_2 orientiert sind.

Sowohl nach der *Starkschen* als nach der *Bohrschen* Theorie sind die Atome azentrische Gebilde. Auch das chemische Molekül muss dann sowohl für Richtungen, welche parallel zur Hauptachse sind, als auch für die zur Molekülachse geneigten Richtungen als (magnetisch oder auch elektrisch) polar angenommen werden. Bei paralleler Anordnung der Kristallmoleküle kann deshalb die Kristallmasse im allgemeinen streng genommen nur die Symmetrie der triklin-pedialen Klasse besitzen.

Da erfahrungsgemäss die Dissoziation der Elektronen bei Kristallen weit geringer ist als bei amorphen Körpern, so muss man annehmen, dass die Vereinigung von je zwei Atomen O mit einem Atom Si zu einem Molekül im allgemeinen eine stabile ist und nur unter besonderen Bedingungen (z. B. höherer Temperatur) die Polarität der Atome durch fortwährende zeitliche Änderung in der Lagerung der Elektronen zurücktritt.

Für die Anordnung der Si-Atome nach einem doppelt kubischen Gitter spricht auch die inzwischen (*Philos. Mag.* 1916, 32, 68) von *L. Vegard* aus den Röntgenspektren abgeleitete Struktur des Rutil TiO_2 . Auch bei diesem Mineral bilden die Si-Atome ein doppelt kubisches, also vier ineinander gestellte vierfach kubische Gitter. Die Molekülachsen liegen jedoch beim Rutil senkrecht zur Hauptachse. Auch beim Rutil kann man eine Anzahl chemischer Moleküle mit verschieden orientierten Molekülachsen zu einem Kristallmolekül zusammenfassen. Beim Anatas dagegen findet *Vegard* die Anordnung der Si-Atome nur nach einem vierfach kubischen Gitter und die Orientierung der Molekülachsen parallel zur Hauptachse.

Die Orientierung dieser Achsen parallel zur Hauptachse hat eine Verlängerung der letztern, die Orientierung senkrecht dazu eine Verlängerung der Nebenachsen zur Folge. Die Orientierung nach den vier trigonalen Achsen sollte an sich keine Veränderung der relativen regulären Dimensionen zur Folge haben. Tatsächlich ist die Abweichung des Quarzes von der Würfelform auch nur gering. Sie wird nach Ansicht des Verf. bedingt durch die Bedeutung der Kante T von R:—R. Die O-Atome und die Si-Atome bilden deshalb beim Quarz in den Ebenen parallel zur Basis dieselben kongruenten gleichseitigen Dreiecke, während in den drei andern den Oktaederflächen entsprechenden Ebenen diese gleichseitigen Dreiecke zwar gestört sind, aber

weniger als bei Rutil und Anatas. Verf. vertritt die Ansicht, dass diese Tatsache dadurch bedingt wird, dass die Radien der Atombereiche von Si und O annähernd im Verhältnisse von $\text{tg } 30^\circ : 1$ stehen. Die Hauptwirkung des einen der beiden Atome erfolgt daher in der Richtung l [112], die des anderen in der Richtung g [110]. Bei regulärer Anordnung verhalten sich die Punktabstände in diesen beiden Richtungen wie $\text{tg } 30^\circ : 1$.

Bestimmte Angaben über die Verteilung der Polarität bei den Atomen lassen sich jedoch wohl noch nicht aufstellen, es sollte aber im vorhergehenden nachgewiesen werden, dass die optische Drehung und die elektrische Polarität der Kristalle auf Polarität der Atome zurückgeführt werden können.

Vereinigen sich rechte und linke Quarzinpartikel gleichzeitig am Aufbau, so werden auch die Zwischenebenen für das quasi homogene Aggregat anscheinend Spiegelebenen und das Aggregat wird als Zwilling nach dem Brasilianergesetze gedeutet.

Das quasi homogene Aggregat aus nur gleichartigen Quarzinpartikeln hat die Symmetrie der trigonal-trapezoedrischen Klasse; fehlt die Zwillingsstellung nach der Nebenachse, dann erscheinen die Kristalle nur trigonal-pyramidal. Beteiligen sich rechte und linke Quarzinpartikel an dem quasi homogenen Aggregat, dann hat dieses die Symmetrie der ditrigonal-skalenoedrischen Klasse.

Bei dem Dauphineer Gesetze erscheint das eine Individuum gegen das andere um 180° um die Hauptachse gedreht. Betrachten wir die Atome als Kugeln, so bildet die Hauptachse bei der beschriebenen homogenen Anordnung keine geradzählige Deckachse. Die Verwachsung nach dem Dauphineer Gesetze kann deshalb auch bei gewöhnlicher Temperatur nicht zu einer quasi homogenen Masse führen; aber bei höherer Temperatur, bei welcher die Polarität nur noch einen geringen Widerstand gegen Zwillingsstellung nach diesem Gesetze leistet, werden die einzelnen Individuen doch so klein, dass das Aggregat einheitlich hexagonal-trapezoedrisch erscheint.

Die Beobachtungen von *Bragg* stehen mit der für den Quarzin zugrunde gelegten Atomanordnung nicht in Widerspruch; aber das von *Bragg* abgeleitete Gitter ist nur ein Teilgitter der Si-Atome, und die Vermutung *Braggs*, dass die Schwerpunkte der drei Atomarten ein schraubenförmiges Gitter bilden, ist, wie schon erwähnt, nicht bewiesen. Das Gesamtgitter der Si-Atome bildet vermutlich ein rhomboedrisches Gitter; das von *Bragg* festgestellte dreiseitig prismatische Teilgitter bleibt bei der nie fehlenden Zwillingsbildung nach dem Dauphineer

Gesetze über die Zwillingsgrenze hinaus homogen und kommt deshalb bei der Durchleuchtung des Quarzes stärker zum Ausdruck.

Sei Fig. 9 ein solches dreiseitig prismatisches Gitter und Fig. 10 ein auf dieses Gitter bezogener Kristall, so stehen die Kantenlängen $g:T$ annähernd in dem Verhältnisse 2:3, und in dem Bestreben, dieses Verhältnis zu erreichen, scheint die Ursache der Deformation der regulären Dimensionen in die des Quarzes zu bestehen. (Ausführlicheres vgl. Zentr. Blatt f. Min. 1916 S. 233 u. ff.). Die Richtungen g und T sind die Hauptzonenachsen des Quarzkristalls; da diese beiden Richtungen sowohl den positiven als den negativen Rhom-

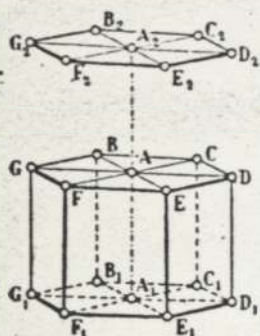


Fig. 9. Dreiseitig prismatische Anordnung der Punkte A—G.

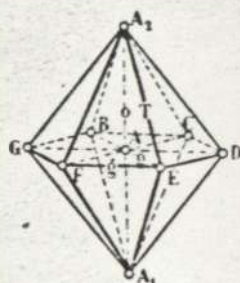


Fig. 10. Beziehung der Flächen des positiven und des negativen Grundrhomboeders zu dem bevorzugten dreiseitig prismatischen Gitter.

boedern gemeinsam sind, so liegt hierin wohl die Ursache für die Häufigkeit der Zwillinge nach dem Dauphineer Gesetze. Dazu kommt, dass das bevorzugte dreiseitig prismatische Punktsystem über die Zwillingsgrenze hinaus homogen bleibt.

Die Atomanordnung p_2 des doppelt kubischen Gitters hat vier Scharen dreizähliger asymmorpher (windschiefer) Achsen parallel zu den 4 Tetraedernormalen (vgl. Fig. 11). Auch die Atomanordnung des Eisenkieses hat nach *W. L. Bragg* die gleichen windschiefen Achsen, und sie hat wie der Flussspat nur drei vierfach kubische Gitter. In Fig. q_2 können wir annehmen, dass etwa die Punkte a mit Fe-Atomen besetzt und die Punkte c unbesetzt seien. Die Punkte b und d seien mit S-Atomen besetzt, sollen aber nicht wie in Fig. p_2 und q_2 in der Mitte der 8 kleinen Würfel liegen, sondern auf den asymmorphen

Achsen der Fig. p_2 und zwar beiderseits der Fe-Atome im Abstände $\frac{1}{10}O_4$, wenn der Abstand der Punkte 1—13 in Fig. 7a als O_4 bezeichnet wird. Es kann beim Pyrit kaum zweifelhaft sein, dass hier die Achsen der chemischen Moleküle S-Fe-S auf den asymmorphhen Achsen liegen. Wegen der nahen Beziehung zwischen den Atomgewichten und dem Molekularvolumen von Quarz und Eisenkies muss man aber dann annehmen, dass auch beim Quarz (und wohl auch beim Flussspat) wie beim Eisenkies (Fig. 12) die Molekülachsen auf 4 Scharen von Achsen verteilt sind, welche trigonalen Achsen entsprechen.

Da die Differenz zwischen den benachbarten Atomgewichten in den Reihen des periodischen Systems wechselt, so können die Achsen

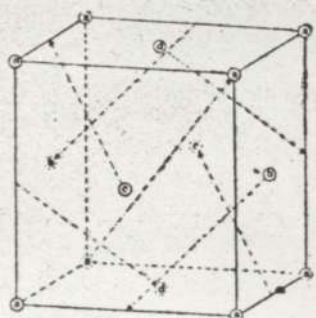


Fig. 11. Asymmorphie (windschiefe) dreizählige Achsen des doppeltkubischen Gitters; die mit gleichen Buchstaben versehenen Punkte haben die gleiche Orientierung der polaren Achse.

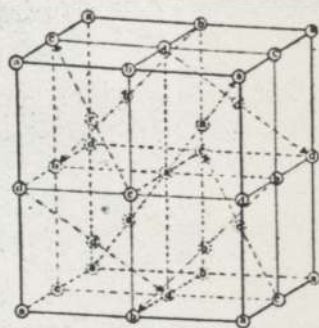


Fig. 12. Asymmorphie Achsen eines vierfach kubischen Gitters.

eines Atoms in den Richtungen der 4 Tetraedernormalen nicht gleichwertig sein, und deshalb kann auch keine vollkommene Astasierung im Atom eintreten. Setzen wir voraus, dass die stärksten der 4 polaren (magnetischen) Richtungen eines Atoms mit den asymmorphhen (also den Molekül-) Achsen zusammenfallen, so können die nächst starken polaren (elektrischen) Atomrichtungen sich nach dem Schema q_2 orientieren, während die Anordnung der Atomkerne nach meiner früheren Annahme dem Schema p_2 entspricht. Für die anderen Modifikationen der Kieselsäure d. h. für Tridymit und Cristobalit kann man das gleiche chemische Molekül O-Si-O, aber eine andere Anordnung und Orientierung dieses Moleküls annehmen wie für den Quarz. Der Unterschied beruht dann nur auf der verschiedenen Orientierung

der polaren Achsen der Atome; von diesen hängt dann die Verschiedenheit der Kristallklasse, des spezifischen Gewichtes und der Löslichkeit ab.

Beim regulären Natriumchlorat NaClO_3 ist wie bei SiO_2 eine regelmässige Verteilung der Atome nach dem doppelt kubischen Gitter nicht möglich. Nehmen wir an, dass sich die Atome in der Form $\text{Na-O}_3\text{-Cl}$ zu einem chemischen Molekül anordnen und dass sie sich in der gleichen Reihenfolge auf den 4 trigonalen Achsen wiederholen, so erhalten wir auch hier die Anordnung wie bei F-Ca-F oder wie bei O-Si-O . Im Gegensatz zu beiden letzteren Kristallarten ist aber bei NaClO_3 die Molekülachse schon in bezug auf die Verteilung der Atomschwerpunkte polar, indem man den Schwerpunkt des Na -Atoms nicht für gleichwertig mit den Schwerpunkten des Cl -Atoms setzen darf. Infolge der Polarität des chemischen Moleküls sind dann auch die trigonalen Achsen polar; 4 asymmetrische polare trigonale Achsen bedingen an sich schon, also ohne Rücksicht auf eine etwaige Polarität der Atome die Symmetrie der tetraedrisch-pentagonododekaedrischen Klasse (Tetartoedrie der regulären Syngonie). Die Ebene der Atomgruppe O_3 muss aus Symmetriegründen jedesmal senkrecht zur betreffenden trigonalen Achse stehen. Quasi homogene Massen mit höherer Symmetrie als der der pentagonositetraedrischen Klasse kommen deshalb beim Natriumchlorat nicht vor; das Natriumchlorat ist ausgesprochen hemimorph nach den trigonalen Achsen.

Nehmen wir im übrigen die gleiche Polarität und Anordnung bei den Atomen von NaClO_3 an wie bei SiO_2 , so ergibt sich zunächst ein homogen regulär tetartoedrischer Kristall, dessen optische Drehung jedoch der eines optisch einachsigen Kristalls entsprechen würde. In bezug auf die Verteilung der Atomschwerpunkte sind jedoch die drei Hauptachsen h $[100]$ zweizählige Deckachsen und wenn wir (wie beim Quarz nach den 3 Richtungen g) bei NaClO_3 nach den drei Achsen h submikroskopische Zwillingsbildung annehmen, so hat das entstehende quasi homogene Aggregat von NaClO_3 die gleiche optische Drehung und gleiche elektrische Polarität nach den 4 Tetraedernormalen.

Die sowohl bei Quarz als bei NaClO_3 nachweisbare elektrische Polarität oder die Orientierung der Molekülachsen sind die Ursache der optischen Drehung.

Beim Natriummetaperjodat-Hexahydrat $\text{Na}_2\text{J}_2\text{O}_8 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ist wie beim Natriumchlorat die Molekülachse an sich polar; der

Kristall ist also auch ohne Berücksichtigung der Polarität der Atome hemimorph nach der Hauptachse. Quasi homogene Zwillinge wie beim Quarz, welchem es sonst ähnlich ist, kommen bei Natriummetaperjodat nicht vor.

Durch die neuen Untersuchungen von *M. v. Laue*, *W. H.* und *W. L. Bragg* und *P. Debye* ist die Erkenntnis der Atomanordnung im Raume wesentlich gefördert worden. Wie schon *Poisson* (1842) erkannte, und später (1878) von *W. Voigt* ausführlich nachgewiesen wurde, genügt aber die Anordnung der Atomschwerpunkte keineswegs zur Ableitung der elastischen Eigenschaften der Kristalle. Es müssen zwischen den einzelnen Atomen noch Kräfte auftreten, deren Intensität nicht nur von der gegenseitigen Entfernung abhängt, sondern auch mit der Richtung wechselt. Solche Kräfte nannte *W. Voigt* polar und kam zu der Vermutung, dass sie elektrischer Natur seien.

Dieselben Kräfte kommen nun aber nicht nur bei der Elastizität, sondern so ziemlich bei allen Eigenschaften der Kristalle zur Geltung: bei der Symmetrie der geometrischen Formen, bei der Spaltung, der optischen Drehung und namentlich bei den sog. anomalen Erscheinungen. Die Spaltflächen sind nach der vom Verf. schon seit vielen Jahren vertretenen Ansicht Zwillingsgrenzen submikroskopischer Aggregate in bezug auf elektrisch-polare Richtungen. An den Zwillingsgrenzen stossen gleichartige Pole aneinander. Die anomalen Erscheinungen kommen nach der ebenfalls vom Verf. schon seit längerer Zeit vertretenen Ansicht dadurch zustande, dass submikroskopische polare Partikeln mit einer bestimmten Orientierung unter gewissen Umständen an gewissen Stellen vorherrschen, während bei normaler Ausbildungsweise die nach der Symmetrie der Atomschwerpunkte gleichartigen Orientierungen sich im gleichen Verhältnisse mischen.

Werden optisch anomale Kristalle erwärmt, so verschwindet häufig die Anomalie bei einer gewissen Übergangstemperatur, ohne dass dabei eine merkliche Änderung der Lagerung der Atomschwerpunkte zu erkennen wäre. Man muss daher annehmen, dass die optische Änderung in diesen Fällen auf einer Änderung der Valenzrichtungen bzw. der elektrischen Polarität beruht, indem bei der höheren Temperatur die nach der Anordnung der Atomschwerpunkte gleichwertigen Richtungen sich bezüglich der Polarität gleichmässig mischen.

Man darf deshalb die geometrischen, elektrischen und optischen Anomalien sowie die anomalen Ätzfiguren nicht als unwesentliche Zu-

fallserscheinungen ignorieren. Gerade an den Resultaten der Untersuchungen mit Röntgenstrahlen lässt sich unzweifelhaft nachweisen, dass, wie Verf. schon (seit 1889) wiederholt betont hat, die gewöhnlich beobachteten Erscheinungen von einem quasi homogenen Aggregate herrühren. Will man die wahre Symmetrie der homogenen Kristallpartikel erkennen, so darf man also die Anomalien durchaus nicht als unwesentlich betrachten.

Wird Graphit oder Holzkohle oxydiert, so entsteht Mellithsäure, welche zu den aromatischen Kohlenstoffverbindungen gehört, bei denen man einen 6-gliedrigeren Ring annimmt. Bei der Oxydation des Diamanten erhält man nur CO_2 . Beim Diamanten wird jedes C-Atom in gleicher Weise von 4 anderen C-Atomen umgeben, beim Graphit bilden die C-Atome in der Basisebene reguläre Sechsecke, und man darf wohl annehmen, dass die verschiedene Art der Oxydation mit dieser Art der Atomlagerung in Zusammenhang steht.

Sowohl bei der Diamant- als bei der Graphitstruktur ist kein Unterschied zwischen den einzelnen C-Atomen zu erkennen und die nächstliegende Annahme wäre die, dass beim Diamant jedes C-Atom je eine Valenz nach einem der vier nächst benachbarten C-Atome richtet. Beim Graphit müsste in ähnlicher Weise jedes C-Atom in der Richtung senkrecht zur Hauptachse je eine Valenz nach einem der drei nächst benachbarten C-Atome und eine vierte parallel zur Hauptachse richten. Dann bestände weder der Diamant noch der Graphit aus diskreten chemischen Molekülen. Der ganze homogene Kristall wäre gewissermassen ein einziges chemisches Molekül.

Sowohl nach der Theorie von *Stark* als nach der Theorie von *Rutherford* zieht das eine Atom die Valenzelektronen des andern an sich heran, und dadurch bildet sich ein elektrischer Gegensatz zwischen den Atomen eines chemischen Moleküls.

Aus dem Umstande, dass bei der grossen Mehrzahl der bis jetzt in bezug auf ihre Atomstruktur bekannten Salze das Raumgitter aus soviel Atomen besteht, als vierfach kubische Gitter sich gegenseitig durchdringen, kann man die Vermutung ableiten, dass sowohl beim Graphit als beim Diamanten ein zweiatomiges Molekül vorhanden ist; für die gleiche Molekülgrösse bei Diamant und Graphit spricht auch die für beide Mineralien gleiche Verbrennungswärme. Die erwähnte Verschiedenheit der Oxydation ist dann auf die Verschiedenheit der Anordnung der Atomschwerpunkte zu-

rückzuführen. Wie bei der Erwärmung anomaler Kristalle eine Änderung der Valenzrichtungen nachweisbar ist, so muss natürlich auch bei der Oxydation des C-Atoms die Valenzrichtung eine Änderung erfahren und man kann deshalb aus der Valenzrichtung bei der Mellithsäure keinen Schluss auf die Valenzrichtung bei Graphit ziehen. Ich möchte jedoch auch an dieser Stelle nochmals wiederholen, dass eine bestimmte Entscheidung über die Art der Verkettung der Atome durch Valenz zur Zeit noch unmöglich scheint, und dass die endgültige Lösung dieser Frage der Chemie zu überlassen ist.

**Nachtrag zu der Mitteilung des Verfassers:
Kineto-elektro-magnetische Theorie der Kristalle**
(diese Abh. 1918, S. 133).

Nach *Bohr* ist der Träger des Wasserstoffspektrums das neutrale H-Atom, während das seines Elektrons beraubte H^+ -Ion nach *Bohr* kein Spektrum liefern kann. *J. Stark* macht neuerdings (Ann. d. Phys. 54, 111) darauf aufmerksam, dass in den Kanalstrahlen H_2^+ -Ionen, d. h. positiv geladene Wasserstoffmoleküle, vorhanden sind, welche ein Spektrum liefern.

Bohr betrachtet das neutrale H_2 -Molekül als eine Vereinigung von zwei getrennten positiven H-Kernen, um deren Verbindungsachse zwei Elektronen im Abstände von 180° rotieren. Nehmen wir statt dessen an, beim neutralen H_2 -Molekül rotieren 4 Halbelektronen um das eine H-Atom in 4 Tetraederebenen, während das andere H-Atom sein Elektron an das erstere abgegeben hat, dann entspricht das neutrale H_2 -Molekül genau der (in oben genannter Abhandlung) vom Verf. angenommenen Struktur der neutralen Moleküle. Die bei der Dissoziation des neutralen H_2 -Moleküls freiwerdenden elektronenfreien Atome H^+ greifen benachbarte neutrale H_2 -Moleküle an und bilden positive H_2 -Moleküle, welche nur von zwei Halbelektronen umkreist werden. Diese H_2^+ -Ionen müssen, entsprechend der *Bohrschen* Hypothese, ein Spektrum liefern.

19326

VERHANDLUNGEN

DER

PHYSIKALISCH-MEDICINISCHEN GESELLSCHAFT

ZU

WÜRZBURG.

N. F. BAND 45.

№ 7.



NEUE ERGEBNISSE IN DER ERFORSCHUNG
DES
AUFBAUES DER TRIGEMINUSMUSKULATUR.

VON

W. LUBOSCH.

MIT 2 TAFELN.

WÜRZBURG UND LEIPZIG.
CURT KABITZSCH VERLAG.
1918.

Jede Nummer ist als Separatdruck auch einzeln käuflich.



Neue Folge. Band XLIII.

- Heft 1: **Weismantel**, Die Hassberge, Landesnatur, Bevölkerung und Wirtschaftskultur. Mit 6 Abbildungen im Text und 1 Doppeltafel. (Preis M. 5.—.)
Heft 2: **Boveri**, Über die Charaktere von Echiniden-Bastardlarven bei verschiedenem Mengenverhältnis mütterlicher und väterlicher Substanzen. (Preis M. —.80.)
Heft 3: **Wolff**, Über die Lage der Schneidezahnkeime im Unterkiefer des Menschen. Mit 1 Doppeltafel. (Preis M. 1.50.)
Heft 4: **Goldschmidt**, Die Flora des Rhöngebirges I. 2. Aufl. (M. 1.—.)
Heft 5: **Mehling**, Über die gynandromorphen Bienen des Eugsterschen Stockes. Mit 4 Textabbildungen, 4 Tabellen und 8 Tafeln. (M. 6.—.)

Neue Folge. Band XLIV.

- Heft 1: **Klughardt**, Die Lagerungsverhältnisse des Buntsandsteins und der übrigen Triasschichten bei Thüngersheim. Mit 10 Abbildungen im Text und 1 Tafel. (Preis M. 6.—.)
Heft 2: **Kniep**, Über rhythmische Lebensvorgänge bei den Pflanzen. Ein Sammelreferat. (Preis M. 1.50.)
Heft 3: **Emmert**, Gedächtnisrede auf Ludwig Medicus. Mit 1 Porträt. (Preis M. 1.—.)
Heft 4: **Spemann**, Gedächtnisrede auf Theodor Boveri. Mit 1 Porträt. (Preis M. 1.50.)
Heft 5: **Krazer**, Gedächtnisrede auf Friedrich Prym. Mit 1 Porträt. (Preis M. —.75.)
Heft 6: **Kniep**, Gedächtnisrede auf Gregor Kraus. Mit 1 Porträt. (Preis M. 1.50.)

Neue Folge. Band 45.

- Heft 1: **Kraus**, Zur Kenntnis der Würzburger Rosenflora. Nachgelassene Schriften. Herausgegeben von H. Kniep. (Preis M. 2.—.)
Heft 2: **Plaetzer**, Untersuchungen über die Assimilation und Atmung von Wasserpflanzen. Mit 18 Figuren im Text. (Preis M. 5.—.)
Heft 3: **Baltzer**, Über die Eibildung bei *Bonellia viridis*. Mit 1 Tafel. (Preis M. 2.—.)
Heft 4: **Müller**, Beitrag zur Psychologie der Türken. (Preis M. 2.—.)
Heft 5: **Beckenkamp**, Kineto-elektro-magnetische Theorie der Kristalle. (Preis M. 2.—.)
Heft 6: **Beckenkamp**, Über die Bedeutung der Polarität der Atome bezüglich der optischen Drehung, der Elastizität, der Spaltbarkeit und der sogenannten anomalen Erscheinungen und über den Einfluss der Lagerung der Atome bei chemischen Prozessen. Mit 12 Textfiguren. (Preis M. 1.—.)
Heft 7: **Lubosch**, Neue Ergebnisse in der Erforschung des Aufbaues der Trigeminusmuskulatur. Mit 2 Tafeln. (Preis M. 2.—.)

**W. C. Röntgens grundlegende Abhandlungen
über die X-Strahlen.**

Zum siebenzigsten Geburtstag des Verfassers
herausgegeben von der

Physikalisch-medizinischen Gesellschaft zu Würzburg.

3 Bg. mit Porträt und 1 Abbildung im Text. — Preis 70 Pfg.

Archiv für Frauenkunde und Eugenetik
unter ständiger Mitarbeit hervorragender Mediziner, insbesondere Gynäkologen, von Soziologen, Juristen, Sexualforschern und Statistikern.

Herausgegeben von Dr. Max Hirsch, Frauenarzt in Berlin.

Erscheint in zwanglosen Heften von etwa 6—10 Bogen Umfang.

Abonnementspreise für den Band von etwa 30 Bogen (3—4 Hefte) M. 16.—.

Zu den angegebenen Preisen treten die jetzt eingeführten
Teuerungszuschläge.

Neue Ergebnisse in der Erforschung des Aufbaues der Trigeminiuskulatur.

(Vortrag gehalten in der Phys.-med. Gesellschaft am 2. Mai 1918.)

Von

W. Lubosch.

Mit 2 Tafeln.

M. H.! Meine heutige Betrachtung leidet unter dem Nachteil, dass trotz der langen Zeit, die seit dem Beginn meiner Untersuchungen über die Trigeminiuskulatur verflossen ist, doch kein fertiges Bild von ihrem Aufbau entworfen werden kann. Die Unterbrechung, die die Arbeiten im Sommer 1914 erfahren haben, ist daran schuld und auch bis heute ist es unmöglich gewesen, alle damals abgerissenen Fäden wieder anzuknüpfen, da die Schwierigkeiten des Literaturstudiums wie auch der technischen Arbeit nur durch Stetigkeit zu überwinden sind. Nachdem ich Untersuchungen über die Kaumuskulatur der Amphibien und teilweise der Reptilien im Jahre 1913 abgeschlossen hatte (die Abhandlung wurde während des Krieges erst gedruckt [1914/15]), war ich bis zum Kriegsausbruch mit der Untersuchung an Fischen beschäftigt. Hierüber habe ich eine kurze vorläufige Mitteilung ebenfalls während des Krieges im Jahre 1916 erscheinen lassen. Erst in den letztvergangenen Wochen habe ich dann die Arbeiten wieder aufgenommen und ältere, schon im Jahre 1912 begonnene Präparate von Säugetieren durchgearbeitet und ergänzt. Nicht die ganze Frage der vergleichenden Anatomie der Muskeln des 1. Viszeralbogens will ich heute zu behandeln unternehmen. Ich möchte vielmehr Ihre Aufmerksamkeit vorzugsweise auf ein Element dieser Muskulatur richten, mit dessen Behandlung sich aber eine kurze Schilderung dessen, was wir über den Aufbau der Trigeminiuskulatur neu erfahren haben, wohl verbinden lässt. Dies Element ist der Ihnen aus der menschlichen Anatomie bekannte *M. pterygoideus externus*. Dieser Muskel ist nach der anatomischen und funk-

tionellen Seite hin so eigentümlich ausgezeichnet, dass man in ihm nicht mit Unrecht eines der bedeutsamsten Muskelindividuen der Säugetiere überhaupt sehen kann. Anatomisch bietet der Muskel, das bekannte Verhalten dar, dass er mit einem Teil seiner Fasern in den Discus articularis des Kiefergelenkes einstrahlt. Das Verhalten ist so ungewöhnlich, dass man, soweit ich urteilen kann, kein zweites Beispiel dafür kennt, dass sich ein Muskel mit einem intra-artikulären Gelenkbestandteil in Verbindung setzt. Ein erster Schritt zum Verständnis dieses Verhaltens war zwar der Nachweis (*Kjellberg* 1904, *Gaupp* 1905, *Lubosch* 1906, 1907, 1911), dass es Formen bei Säugetieren gibt, bei denen kein selbständiger Diskus besteht, sondern der fragliche Muskel in die derbe periostale Überkleidung des Kondylus ausstrahlt, so dass man in dem Diskus die gelockerte und selbständig gewordene Endsehne des Muskels erblicken muss. Doch ist damit die Frage nur verschoben, denn was nun das Homologon des Condylus mandibulae und des Diskus bei denjenigen Wirbeltieren ist, die ein Quadrato-Artikulargelenk besitzen, und welches bei den Emammalien derjenige Muskel ist, der bei den Säugetieren als *M. pterygoideus externus* auftritt, das ist unbekannt.

Das führt uns auf die zweite wichtige Besonderheit dieses Muskels, seine funktionelle. Da es der einzige Muskel ist, der vor dem Gelenk entspringt, ist er derjenige, der das Vorgleiten des Kondylus herbeiführt und bei einseitig-abwechselnder Tätigkeit die Mahlbe-
wegung, Bewegungen also, die durch die Differenzierung von Gelenk und Gebiss einzig den Säugetieren eigentümlich sind, ja gerade bei der bedeutsamsten Tätigkeit, während des Saugaktes wichtig werden. So ist gerade die Differenzierung dieses Gelenkes und dieses *M. pterygoideus* eng verbunden mit der Differenzierung auch der übrigen wichtigen Säugetiermerkmale, und die Erforschung der mit jenen Bildungen zusammenhängenden Kopfprobleme führt unmittelbar zu derjenigen Frage, die man gemeinhin als die nach dem „Ursprung der Säugetiere“ bezeichnet.

Indem ich nun beabsichtige, die Homologieverhältnisse des *M. pterygoideus externus* zu erörtern, muss ich natürlich auch ganz allgemein ein Bild der Trigeminusmuskulatur entwerfen. Dies soll zusammen den Hauptteil des Vortrages bilden. Einen zweiten kürzeren Teil will ich dann anschliessen, um wenigstens anzudeuten, wie sich unter dem Einfluss dieser neuen Ergebnisse gewisse weitere Richtlinien für die Beurteilung der Umbildungen im Bereiche des 1. Viszeralbogens ergeben.

I.

Als Trigemini-muskulatur wird die gesamte, vom 3. Aste des N. trigeminus versorgte Muskulatur des 1. Viszeralbogens bezeichnet. Sie umfasst bei Säugetieren ausser den 4 Kaumuskeln Masseter, Temporalis Pterygoideus externus und internus einen fünften Muskel, der aber nur bei Monotremen vorkommt, von hinten an den Kieferwinkel angreift und etwa so gelagert ist, wie bei anderen Säugetieren der sog. hintere Biventerbauch. Dazu gehört: 6. der vordere Biventerbauch, 7. der M. mylohyoideus, 8. der M. tensor tympani, 9. der M. tensor veli palatini und 10. bei Säugetieren weit verbreitete eigentümliche Muskelrudimente, die als M. pterygo-spinosus oder (*Lubosch* 1907) pterygo-tympanicus bezeichnet werden.

Der erste Versuch über die speziellen Homologien dieser Muskulatur Licht zu verbreiten wurde schon vor 50 Jahren unter der Leitung *Gegenbaur's* von *Vetter* (1876 und 1878) unternommen, *Vetter* gelang es zwar, in der Kiemenregion der Fische die bis dahin unbekannte, sehr regelmässige Gliederung der Muskulatur nachzuweisen, aber gerade für den ersten Bogen musste er Dunkelheiten bestehen lassen.

Vetter gelangte zu dem Ergebnis, dass die Anordnung der viszeralen Muskulatur nur zu begreifen sei durch das Verständnis ihrer Beziehung zu den viszeralen Skeletteilen. Vom 2. bis zum jeweils letzten der Viszeralbögen gibt es in typischen Fällen drei Bestandteile der Muskulatur. Der erste Bestandteil zieht vom Schädel oder der Wirbelsäule zu den oberen Bogenstücken. Er bildet den sog. Constrictor dorsalis. Ein zweiter Bestandteil zieht von den unteren Bogenstücken zu den Copulae und bildet den sog. Constrictor ventralis. Ein dritter Bestandteil ist der „Adductor arcuum“, der zwischen oberen und unteren Gliedstücken schleimhautwärts von ihnen liegt. Über die ursprüngliche Beschaffenheit der beiden Konstriktoren, ob sie etwa eine Einheit bildeten, einen gemeinsamen Konstriktor des Kiemengerüsts, ebenso über die Herkunft des Adductor arcuum war und ist nichts bekannt. Jeder Bogen steht mit seiner Muskulatur unter einem Gehirnnerven und bei allen Umbildungen und Verlagerungen der Skel-let- und Muskelemente bleiben die Nerven sichere Führer um das Zusammengehörige zu finden.

Am Mandibularbogen bestand nun die grosse Schwierigkeit, dass die dort vorhandene Muskulatur, die die Teile des Bogens einander nähert, aussen auf dem Skelett lag, nicht schleimhautwärts davon. Es war also die Frage, ob sie einem „Konstriktor“ oder einem „Adduktor“ der hinteren Bögen gleichwertig sei? *Vetter* hat sich damals, obwohl er beide Auffassungen erwogen hat, für die zweite entschieden, und so trägt seitdem vergleichend-anatomisch bezeichnet die Trigemini-muskulatur die Bezeichnung eines „Adductor mandibulae“, und man nimmt an,

dass sich aus ihm alle Muskelkomponenten der höheren Wirbeltiere gesondert haben. *Gegenbaur* (1898) erörtert später in seinem Lehrbuch die grossen Schwierigkeiten dieser Vorstellung, hielt aber doch noch an ihr fest. Erst neuerdings hat *Luther* (1912) triftige Gründe dafür beigebracht, dass es sich bei den Selachieren um Elemente eines Konstriktorensystems handle. Ich war nun selbst im Sommer 1914 in der Lage an Knochenfischen Beobachtungen zu machen, die für diese Frage von Bedeutung sind, und die ich Ihnen in Abbildungen vorführe.¹⁾

Zunächst sehen Sie hier die Oberfläche des Kopfes von *Tetrodon* (einem plektognathen Teleostier), von Haut entblösst. Er zeigt das überraschende Bild einer mächtigen Hautmuskulatur die sich in drei Zügen oberhalb des Auges, unterhalb des Auges und im Bereich des Unterkiefers hinzieht. Ein Präparat, das die Elemente mikroskopisch als quergestreifte Muskelfasern zeigt, ist hier eingestellt. Die Muskelzüge entspringen am Parietale, am Periorbitalring und am Präoperkulum; vorn strahlen sie in die fibröse Überkleidung des Maxillare und Prämaxillare aus. Sie liegen einer derben Fascie auf, verlaufen aber weder in einfacher Schicht, noch durchweg miteinander parallel. Vielmehr ziehen in der Tiefe auch Fasern schräg und quer zur Längsachse des Kopfes; verschieden gerichtete Züge stehen in Verbindung; auch nach der Tiefe bestehen Verbindungen, so dass die gesamte Muskulatur aus Fasern besteht, die in der Fläche und in der Tiefe miteinander maschenförmig anastomosieren. Dieser merkwürdige Hautmuskel ist mir bisher nur in diesem einen Fall entgegengetreten. Er ist wenn auch abweichend bereits von *Wiedersheim* (1887) beschrieben worden. Seine Bedeutung ist, namentlich da die Innervation bei dem ungünstigen kleinen Präparat nicht festgestellt werden konnte, nicht ganz sicher. Aller Wahrscheinlichkeit nach aber handelt es sich um Elemente eines Konstriktors, dessen Existenz im Bereiche des ersten Viszeralbogens damit nachgewiesen wäre. Bei *Scarichthys* habe ich subkutan eigentümliche derbe, glänzende Fasermassen, indes ohne Muskulatur, gefunden.

Einen anderen, mir wichtig erscheinenden Befund konnte ich an einem Kopfe von *Scarichthys* machen, (*Sc. [Anampses] coeruleopunctatus*), einem Scariden, der schon lange dadurch berühmt ist, dass sich bei ihm das *Os dentale* ähnlich wie bei Säugetieren mit einem mächtigen Hakenfortsatz an die Schädelbasis anlagert. Die meisten Knochenfische zeigen an der Innenseite des Unterkiefers einen breiten, sehnig überkleideten Muskel, der mittels einer sehr kompliziert ge-

¹⁾ vgl. die Bemerkung zur Figurenerklärung am Schluss des Textes.

bauten Sehne mit den Kaumuskeln zusammenhängt, ausserdem aber durch eine weitere kurze Sehne an die Schleimhautfläche des sog. *Metapterygoids* geheftet ist. Die Bedeutung dieser schon oft beschriebenen kleinen Sehne ist dunkel. In dem erwähnten Fall zeigte sich aber nun an ihrer Statt eine Aponeurose, die noch im Bereich des *Metapterygoids* und an der Grenze des *Präoperculum*s gegen das *Quadratum* hin in einen Muskel übergeht. Dieser Muskel liegt weiterhin an der Schleimhautseite des *Quadratum*s und begibt sich mit einer Endsehne an den gegen das Artikulare gerichteten Ausschnitt des *Os dentale* (vgl. Abbildung von *Molva*). Hier steht er mit einem weiteren Muskel in Verbindung, der von seiner Endsehne entspringt und das bewegliche *Dentale* nach abwärts zieht. Auf diese Verhältnisse will ich hier nicht eingehen. Auch die Innervation, die wichtig ist, wurde festgestellt.

Ein weiteres ausserordentlich wichtiges Element der Knochenfischmuskulatur schliesslich ist eine bis an die Symphyse des Unterkiefers hinreichende Portion, die *Vetter* bei seinen alten Untersuchungen schon kennen gelehrt hat, und die er als eine besondere Schicht des Adduktor („A“) auffasste.

Er bezeichnete die einzelnen Schichten des Adduktor mit 1, 2, 3 usw. Die soeben genannte als „Aω“.

Diese Portion besteht nach meinen Untersuchungen eigentlich aus vier Teilen. 1. und 2. aus je einer Muskellamelle, wie ich sie in den beiden Abbildungen von *Molva* vorführe. Von diesen inseriert die eine an der unteren Kante und inneren Fläche des *Os dentale*; die andere dagegen befestigt sich am *Meckelschen Knorpel*. Ihren Ursprung besitzen beide an derjenigen Sehne, durch die sich der sog. *Adductor mandibulae* am *Dentale* befestigt.

Die Funktion dieser beiden Muskeln besteht, wie leicht ersichtlich, darin, dass das *Dentale* isoliert gehoben werden kann und nicht gleichzeitig mit der Bewegung im Kiefergelenk bewegt zu werden braucht.

Es hängt das mit Einrichtungen zusammen, die ich Ihnen hier kurz an einigen Abbildungen erläutern möchte. Der Unterkiefer kann nämlich in sich bewegt werden. Das *Dentale* kann nicht nur isoliert gehoben, sondern auch gesenkt werden, teils durch eigene Muskeln (*Scarichthys*), teils durch Wirkung der Muskeln des Mundbodens. Ebenso kann die obere Begrenzung des *Mauls* in sich bewegt werden. *Maxillare* und *Prämaxillare* stehen gelenkig mit den *Nachbarknochen* in Verbindung. Sie öffnen sich automatisch durch die Spannung eines wichtigen Bandes, des *Ligam. maxillo-mandibulare*, das seinerseits bei der Senkung des Unterkiefers gespannt wird. Antagonistisch wirkt eine besondere Portion des Adduktor, die das Band entspannt und das *Maxillare* zurückzieht. Besonders ausgebildet ist dieser Mechanismus bei den *Scariden* und

Labriden, fehlt aber bei keinem Teleostier. Ich habe diese Einrichtung wegen ihrer theoretischen Bedeutung als Streptognathie bezeichnet (über den Mechanismus vgl. Petersen 1914).

Ich demonstriere:

1. die Abbildung eines Zanderkopfes mit ad maximum geöffneten Maule,
2. und 3. das Maul eines Scariden mässig und stark offen,
4. den Unterkiefer von Scarus von innen her mit Muskeln.

Ausser jenen beiden Portionen wäre zu unterscheiden 3. die sie bedeckende Aponeurose und 4. die Sehne, die Aponeurose und Muskeln mit dem Metapterygoid verbindet. Das sind die vier Teile.

Auf Grund des Befundes bei Scarichthys glaube ich nun annehmen zu können, dass von diesen Teilen die Aponeurose und die kurze Sehne nur umgewandelte Teile eines im übrigen nicht mehr vorhandenen Muskels sind, der als ein echter Adductor arcus an der Schleimhautseite des 1. Bogens gelegen, durch das Übergewicht der aussen gelegenen Muskeln keine besondere, sich vielleicht nur bei besonders beweglichem Dentale erhaltene Ausbildung erlangt hat. Ich halte es also, zumal wir auch noch Teile eines Konstriktors nachweisen können, mit Vetter für wahrscheinlich, dass die gesamte aussen gelegene Muskulatur zwischen Schädeldach und 1. Viszeralbogen Teile eines Konstriktors sind, die an differenten Stellen des Viszeralskelettes Anheftung gefunden haben. Dies würde es zugleich möglich machen, sich als Ausgang der Trigeminiuskulatur bereits eine Vielheit von geschichteten Elementen vorzustellen.

Wie sich nun die einzelnen Muskelkomponenten bei Fischen verhalten, und wie jede einzelne Komponente zu beurteilen ist, das ist nach den Untersuchungen von Luther und mir noch unentschieden. Ich will daher hier nicht weiter darauf eingehen und die Trigeminiuskulatur da demonstrieren, wo sie in ihrer reichsten Fülle entfaltet ist, d. i. bei den Amphibien. Hier habe ich die Dinge im Jahre 1913 untersucht und als grundlegende Einteilung (1913) die feststellen können, dass die Kaumuskulatur durch den zwischen ihren Komponenten verlaufenden Stamm des 3. Trigeminiastes konstant in eine laterale und mediale Gruppe zerlegt wird, oder — um im Sinne Schulmans zu sprechen, der diese auch für die Säugetiere geltende Gesetzmässigkeit zuerst im Jahre 1906 (1906) erkannt hatte — in eine dorsale und eine ventrale. Die Portio minor des Trigemini entsendet ihre motorischen Äste nämlich so, dass ein Teil dorsal — da ja der Stamm fast horizontal verläuft — ein anderer Teil ventral

am Stamme entlang verläuft und daran kann man die Zugehörigkeit der Muskeln vergleichend immer feststellen, da die Nervenlagerung so konservativ ist, dass sie auch bei abweichender Lage der Endorgane trotzdem beharrt. Das geht soweit, dass es bei Verschmelzungen von Muskeln zu Plexusbildungen der motorischen Äste längs des sensiblen Stammes kommt, wie ich solche vor allem bei Anuren und gewissen Reptilien (Krokodil, Varanus) aufgefunden habe. Ein Beispiel dafür habe ich hier in einer Zeichnung wiedergegeben. Die Sonderung in dorsale und ventrale Trigemini-muskeln ist auch entwicklungsgeschichtlich begründet (*Edgeworth 1913*).

Bei allen früheren Schilderungen der Amphibienmuskeln hat man auf die Nerven nicht geachtet; man hatte ferner den Fehler begangen, darauf auszugehen, einen „Masseter“, „Temporalis“, „Pterygoideus externus“ und „internus“ auch bei Amphibien wiederfinden zu wollen. Dies war natürlich eine Quelle endloser Irrtümer. Nachdem schon *Gaupp* die Einführung einer neuen Nomenklatur für Reptilien versucht hatte, habe ich eine solche durchgehend angewendet und habe die vorhandenen Namen „Capitmandibularis“ (*Gaupp 1913*) und „Pterygoideus“ (*Gaupp-Bradley 1903*) zur Kennzeichnung der dorsalen und ventralen Muskulatur benutzt. Innerhalb dieser wurde dann ein *M. mandibularis externus* und *Craniomandibularis* sowie ein *Pterygoideus anterior* und *posterior* unterschieden.

Von diesen sei vor allem der *Craniomandibularis* erwähnt, ein Muskelkomplex von mannigfach reicher Schichtung und der Tendenz sich in immer weitere Schichten zu spalten. Nächstem ist auf den sog. *Pterygoideus posterior* aufmerksam zu machen, dem als Muskel des Gelenkteiles des Unterkiefers eine besonders wichtige Aufgabe zufällt. Ich demonstriere die Kaumuskulatur von *Cryptobranchus* und *Siren*, bei denen die beschriebenen Gliederungen am schönsten zu sehen sind.

Die Gliederung der Muskulatur ist auch funktionell wichtig, da die lateral-dorsale Masse die Einwärtsrollung, die medial-ventrale Masse die Auswärtsrollung, beide gemeinsam aber den Schluss des Maules, die Hebung des Unterkiefers herbeiführen.

Ehe wir weitergehen, seien noch die kleinen, ganz unscheinbaren rudimentären Muskelchen erwähnt, die im Bereiche der Mundöffnung liegen und sich von der seitlichen Schädelwand zum Maxillare oder zur *Membrana pterygo-mandibularis* oder auch in die Umgebung der Nase erstrecken. Sie waren bei *Siren* und *Amphiuma* schon bekannt. Bei *Cryptobranchus*, wo sie die schönste Ausbildung

besitzen, habe ich sie im Jahre 1913 aufgefunden und beschrieben. Ihre vergleichenden Beziehungen sind noch dunkel. Funktionell sind sie aber insofern wichtig, als sie wohl ein sicherer Beweis dafür sind, dass unter den Ahnen dieser Formen solche mit beweglichem Maxillare und Prämaxillare gewesen sind, somit wahrscheinlich doch wohl auch mit in sich beweglichem Unterkiefer wie bei den Knochenfischen. — Wir werden alsbald noch einen weiteren Anhaltspunkt für diesen Schluss gewinnen. Auf die Streitfrage der Homologie dieser Muskeln (*Versluys* 1912) gehe ich hier nicht ein.

Über die Verhältnisse bei Reptilien und Vögeln möchte ich kurz hinweggehen; sie sind erst zum Teil untersucht worden und manche Fragen sind dabei noch nicht spruchreif. Im allgemeinen lässt sich aber eines mit Sicherheit sagen, dass wenigstens bei Reptilien und Krokodilen die gesamte mächtige, oft, z. B. beim Krokodil, ganz gewaltige Muskelmasse fast ausschliesslich eine Differenzierung der medialen-ventralen Muskulatur ist; während die dorsal-laterale Muskulatur (d. h. der *Kraniomandibularis*) sich nur mit schwachen Komponenten vertreten findet. Es lässt sich das durch den Verlauf und die Anordnung der Nerven genau feststellen. Unter den bei Reptilien von mir gemachten Befunden interessiert uns nun ganz besonders der Nachweis eines intramandibularen Muskels beim Krokodil, den man bei dem mächtigen, starren Unterkiefer dieses Tieres am wenigsten hätte erwarten sollen. Das Krokodil besitzt einen „Mandibularkanal“ innerhalb seines Unterkiefers. In diesem liegt bei dem von mir untersuchten Exemplar (1914) der *Meckelsche* Knorpel, der hinten in das Artikulare übergeht. Eine Fortsetzung der Kaumuskulatur, und zwar ihrer medialen Portionen, erstreckte sich weit hinein, und zwar so, dass von einer Zwischensehne aus zwei Muskelplatten, die eine zum Dentale, die andere zum *Meckelschen* Knorpel trat. Auch die Nerven liessen sich bestimmen und es tritt hierdurch das ganze Gebilde in engere Beziehung zu der symphysialen Portion des Muskels, die wir bei Knochenfischen als Merkmale eines in sich beweglichen Unterkiefers kennen gelernt hatten. Inwieweit von *Allis* und von *Luther* (1912) bei *Amia* und *Polypterus* beschriebene Muskeln dem des Krokodils vergleichbar sind, kann ich noch nicht sagen. Wahrscheinlich handelt es sich um homologe Dinge. Gewiss aber ist eines, dass die Verhältnisse des Krokodils dafür sprechen, dass Formen mit in sich beweglichem Kieferskelett auch

unter ihren Ahnen gewesen sind. Schon *Gaupp* (1913) hatte, im Anschluss an ältere Untersucher (*Conybear* und *Buckland*) die Ansicht ausgesprochen, dass man sich selbst bei Krokodilen den Unterkiefer in vivo nicht als ganz starr vorstellen dürfe. Man kennt auch schon seit langem den 1910 von *v. Huene* (vgl. bei *Gaupp* 1913 S. 97) genauer beschriebenen Fall der fossilen Reptiliengruppe der *Mosasauroi*. Diese besitzen zwischen dem Dentale und Supraangulare einen gelenkartigen Spalt, während ein anderer Knochen, das sog. „Goniale“, über den Spalt hinwegzieht. *v. Huene* nahm nun an, dass der Unterkieferast in seiner Mitte nach aussen und innen geknickt werden könnte; das sei nützlich beim Verschlingen grosser Bissen gewesen. Ähnlich *Zittel* (1911 p. 214). Die dünne Lamelle des Goniale sollte den Gelenkbewegungen federnd entgegenwirken. Ich glaube aber, es ist keine einzelne „Anpassung“; dazu griff sie zu tief in die ganze Organisation ein. Der Grund muss wohl wo anders gesucht werden, ich komme darauf noch zurück. Wird hier ein ähnlicher Muskel, wie beim Krokodil vorausgesetzt, so würde sich die Sachlage auch funktionell anders verhalten haben als *v. Huene* annimmt. Nicht die Deckknochen bildeten Gelenke, sondern der Knorpel im Inneren bog sich und die Deckknochen lagen so locker, dass sie Verschiebungen gegeneinander gestatteten: sie würden sich wie die Panzerstücke eines Armpanzers zu dem sich darin bewegenden Arm verhalten haben. Freilich ist dazu das Studium des Fossils selbst nötig, was mir noch nicht möglich gewesen ist.

Ganz anders nun als bei den Reptilien und Vögeln gestalten sich die Dinge bei den Säugetieren. Diese besitzen das sekundäre Kiefergelenk, und während bei allen übrigen Wirbeltieren vor dem Kiefergelenk Trigemini-muskulatur, hinter ihm Fascialis-muskulatur liegt, ist das anders bei den Säugetieren, wenigstens deren ältesten Formen, den Monotremen. Hier liegt hinter dem Kiefergelenk ein Muskel, der als *Detrahens mandibulae* bezeichnet wird und, wie ich (1914) nachgewiesen habe, ein Homologon des *M. mandibularis externus* der Amphibien ist. Er fehlt später dann allen höheren Säugetieren. Seine Lage ist dadurch erklärlich, dass sich eben das sekundäre Kiefergelenk zwischen den Trigemini-muskeln selbst anlegt. (*Gaupp*).

Im übrigen entwickeln die Säugetiere gerade diejenigen Komponenten zu ganz besonderer Mächtigkeit, die bei den Reptilien und Vögeln weniger entwickelt sind, nämlich die dorsalen Elemente der

Muskulatur. Dieser gewiss sehr auffällige Antagonismus innerhalb der Amnioten stimmt aber gut zu allem, was wir über die gegensätzliche Ausbildung der Organisation bei diesen Formen überhaupt wissen. Die Unterscheidung in dorsale und ventrale Trigeminiuskeln verdanken wir *Schulman* (l. c.), der sie im Jahre 1906 bei Monotremen zuerst als grundlegend festgestellt hat. Auf der Abbildung ist nach *Schulman* dies Verhältnis der Nerven erläutert. Hierdurch wurde nun in der Tat, und zwar zunächst für die Säugetiere, eine wissenschaftlich exakte Vergleichung der Muskelteile ermöglicht. Es zeigte sich dadurch, dass als ventrale Muskeln zu gelten haben: der Pterygoideus internus, der Tensor tympani, Tensor veli palatini, Mylohyoideus, vorderer Biventerbauch und die rudimentären Muskeln (Pterygotympanicus). Es sei erwähnt, dass auffälligerweise bei Monotremen kein M. pterygoideus internus vorhanden ist. (*Schulman*).

Während also bei den Emammalia nach einwärts vom Ramus III zwei Muskeln liegen, liegt bei den Säugetieren nur einer einwärts davon. Der andere, den ich bei Amphibien M. pterygoideus posterior genannt habe, und der speziell den Gelenkteil des Unterkiefers bewegt, enthält das Material, aus dem bei den Säugetieren vornehmlich der M. tensor tympani wird, möglicherweise auch der M. pterygotympanicus. Diese früher schon angenommene Homologie kann, wie ich meine, nach meinen Untersuchungen bei Amphibien als gesichert gelten.

Hinsichtlich der dorsalen Muskulatur will ich von dem wahrscheinlich nur den Monotremen zukommenden M. detrahens mandibulae absehen. Es bleibt dann der, die Hauptmasse der Säugetiermuskeln bildende Komplexe Masseter-Temporalis und besonders der Pterygoideus externus übrig. So leicht man also auch durch den traditionellen Namen dazu verleitet wird, so muss man sich doch den Pterygoideus externus als ein von internus scharf zu sonderndes Element vorstellen. All diese genannten Muskeln stecken in demjenigen Komplex der Amphibienmuskeln, die wir dort als Craniomandibularis kennen gelernt haben.

Wir verdanken nun *Schulman* die wichtige Einsicht, dass in dem „Temporalis“ der Säugetiere eigentlich zwei verschiedene Muskelindividuen stecken. Schon lange weiss man ja für den Menschen, dass hier die Nn. temporales profundi, die den Temporalis versorgen, aus zwei Quellen stammen. Eine hintere Gruppe (Nn. temp. prof. post.) kommt aus dem N. massetericus, eine vordere (Nn. temp. prof. ant.) läuft eine Strecke weit in der Bahn des N. buccinatorius und tritt dann in eine vordere tiefe Portion des Muskels ein. Bei den Monotremen ist nun diese letztere tiefe Portion ganz selbständig, so dass sie

frühere Untersucher sogar für einen Pterygoideus internus gehalten haben. Eine ähnliche Selbständigkeit hat *Schulman* dann für *Tamandua*, ferner einen Karnivoren (*Lynx*) und bei einem Affen (*Inuus*) festgestellt. Ich selbst habe nun die Innervation des Temporalis bei einer ganzen Anzahl von Säugetieren¹⁾ untersucht (*Didelphys*, *Tamandua*, *Lepus*, *Capromys*, *Bos*, *Canis*, *Sus*, *Erinaceus*, *Centetes*, *Ateles*, *Pteropus*, *Homo*) und gefunden, dass der Anteil der mit dem N. buccin. verläuft, d. h. also die Nn. tempor. proff. antt. überall vorhanden und unter Umständen sehr reich an Ästen ist. Ihm entspricht eine tiefe Portion des M. Temporalis, die aber bei den von mir untersuchten Formen nicht immer völlig selbständig war. Ganz selbständig fand ich sie bei *Didelphys*, *Bos*, *Erinaceus* und *Centetes*. Sehr selbständig, aber doch noch mitinerviirt von hinteren Temporalnerven bei *Pteropus*. In allen Fällen aber können wir sagen, dass, wenn auch oft mit dem Temporalis verschmolzen, eine besondere, oft sehr mächtige, durch ihre Nerven ausgezeichnete Portion vorhanden und mit dem darüber liegenden Musc. Temporalis verschmolzen ist. Ihr Ursprung am Schädel liegt stets in der Nähe des Ursprunges des M. pterygoid. externus, oft am Orbitosphenoid oder an tieferen Stellen des grossen Keilbeinflügels.

Das Wichtige ist nun, dass schon durch seine Innervation der Pterygoideus externus diesem sog. „Musc. Temporalis anterior“ am nächsten steht; auch durch seinen Ursprung tut er dies, da sein oberer Kopf meist in engster Nachbarschaft zu jenem entspringt. *Schulman* hat gerade über ihn wenig mitgeteilt. Ich selbst habe über die Innervation doch einiges bisher nicht Beachtete gefunden. Nicht in allen Fällen ist er zweiköpfig. Bei *Didelphys* und den Karnivoren ist er nur undeutlich in zwei Köpfe gesondert. In den meisten Fällen haben wir zwei Köpfe, die von einem einzigen sich mannigfach teilenden Nerven versorgt werden²⁾ (Fig. 1) (*Didelphys*, *Lepus*, *Canis*, *Erinaceus*, *Centetes*, *Pteropus*, Mensch). Einige Schemata dieses Verhaltens habe ich angezeichnet. In anderen Fällen (*Capromys*, *Bos*, *Cebus*, *Ateles*) erhielt aber jeder Kopf seinen eigenen Nerven, die beide vom Ursprung ab selbständig sind. Bei *Cebus* (Fig. 2) habe ich sogar drei Nerven gefunden, von denen zwei selbständig zu je einem Kopf, der dritte zu beiden gemeinsam gingen. Endlich waren mir sehr merkwürdig die Be-

¹⁾ Das Material stammt aus dem Jenaer anatomischen Institut und wurde zum grossen Teil noch in Jena im Sommer 1912 bearbeitet.

²⁾ Über die Köpfe des Muskels gibt es zahlreiche Angaben in der Literatur, über die Nerven keine.

funde bei einem Tamanduafoetus und einem menschlichen Neugeborenen. Hier empfing nämlich der obere Kopf einen Ast nicht nur aus dem *N. pterygoideus externus*, sondern aus dem, dem *Masseterico-temporalis* angehörigen Aste. Beim menschlichen Neugeborenen war dieser Teil des oberen Kopfes sogar als eine Art dritter Kopf selbständig, während sein Rest vom *N. pterygoideus externus* aus versorgt wurde. (Fig. 3).

Hinsichtlich des Abgangs vom Stamm finde ich in Übereinstimmung mit *Schulman* diesen *N. pterygoideus externus* zwischen *Nn. temp. prof. anteriores* und *medii* abtretend. Das Bild, das ich hier von einem besonders instruktiven Fall (Fig. 4) zeige, lehrt, dass seine Ablösung vom Stamm durch sensible Bündel vom ventral verlaufenden *N. pterygoideus internus* gesondert ist¹⁾. Alle diese Befunde sprechen nun dafür, dass der *Temporalis anterior* und der *Pterygoideus externus* innerhalb der dorsalen Trigeminiuskeln wiederum eine engere Gemeinschaft darstellen, so zwar, dass der *Pterygoideus externus* nichts anderes als das durch besondere Verlaufsrichtung und Funktion ausgezeichnete tiefste Bündel des *Temporalis anterior* ist. Hierfür spricht auch die Insertion. Bei den *Monotremen* liegt, wie die *Schulman* entnommene Skizze zeigt, die Insertion des *Temporalis anterior* an der medialen Seite dicht vor der Insertion des *Pterygoideus ext.*, so dass sich beide nur durch ihre Faserrichtung unterscheiden. Bei höheren Säugetieren breitet sich ebenfalls die dem *Temporalis anterior* entsprechende Portion medial an der Basis des *Proc. coronoides* bis in die Nähe des *Kondylus* aus. Als Homologon für diese Sonderung können nach der ganzen Sachlage nur Elemente angenommen werden, die dem *Craniomandibularis* der Amphibien gleichwertig sind, jenes Muskels, der durch seinen Schichtenreichtum und die Neigung in einzelne Komponenten zu zerfallen als Mutterboden für jene Sonderungen besonders in Betracht kommt.

Ich möchte mir dabei vorstellen, dass diese Umbildung nicht monophyletisch von einer Grundform ausgegangen ist, sondern dass von einem gegebenen Material eines vielfach geschichteten *Craniomandibularis* aus, in mannigfacher Weise für die einzelnen Säugetierordnungen das Material für die Differenzierung eines *Pterygoideus externus* den oberen sich zum *Temporalis* zusammenschliessenden Muskeln entnommen worden ist. Denn, wie die Innervation bei Tamau-

¹⁾ Dass das zum oberen Kopf ziehende Nervenbündel viel weiter nach aussen liegt kommt in dieser Reproduktion des Originals nicht scharf zum Ausdruck

dua, Homo zeigt, es stecken im oberen Kopf auch Elemente des mittleren und hinteren Teiles des Temporalis. Massgebend für die Sondernung der tiefsten Portion kann aber nur die bei den Säugetieren und schon deren Jungen unerlässliche Vorziehung des Unterkiefers gewesen sein, und so stehen wir auf dem Punkte, von dem wir ausgegangen waren.

II.

Wenn ich nun noch mit kurzen Worten auf die sich hieraus ergebenden weiteren Fragen eingehe, so sehen Sie, dass sich uns ein „Pterygoideusproblem“, gestaltet, nicht weniger wichtig und schwierig als das „Kieferproblem“; sind doch im Grunde beide das gleiche. Nachdem *C. G. Carus* i. J. 1818 (§ 373) ausgesprochen hatte, dass das *Os quadratum* der niederen Wirbeltiere dem *Ambos* der Säugetiere gleichwertig sei und nachdem *Meckel* i. J. 1820 (*Menschl. Anat.* Bd. IV. S. 47) den hinteren Teil des nach ihm benannten Knorpels bei Fischen, Amphibien und Vögeln als „Rudiment des Hammers“ bezeichnet hatte, beschrieb *Reichert* i. J. 1837 (l. c. § 10 p. 178) die Bildung der Gehörknöchelchen und (S. 195) die Bildung des Kiefergelenks („... das obere Ende des Dentale hat die beiden Fortsätze erzeugt, von welchen der hintere das Schläfenbein berührt, sich überknorpelt und gelenkig mit demselben verbindet“). Das Verhältnis ist der bekannten Abbildung *Köllikers* zugrunde gelegt, die ich hier demonstriere.

In diesen Dingen ist gar nichts Problematisches; alles ist klar, von keiner „Theorie“ ist die Rede, insbesondere nicht von einer sog. „*Reichertschen Theorie*“ (vgl. die vortrefflichen Ausführungen bei *Gaupp* 1913 S. 393). Jene älteren Embryologen verfolgten nur im Sinne ihrer Zeit den Gedanken, die „Homologien“ innerhalb der verschiedenen Organisationen festzustellen. Unter „Metamorphose“ wurde damals bereits mehr und mehr die embryonale Umwandlung verstanden. Erst später machte man aus diesen Homologiebeziehungen eine „Theorie“, die jetzt das Verhältnis genetisch erfassen wollte und, da ja die Säugetiere von Tieren abstammten, die kein sekundäres Kiefergelenk hatten, so entwickelte sich das Problem, wie die Säugetiere ihr Kiefergelenk „erworben“ hätten. Die mannigfachsten Versuche wurden gemacht (*Gaupp, Fürbringer, Klaatsch, Rabl* u. a.) um begrifflich zu machen, wie historisch ein neues Kiefergelenk vor

dem alten und gleichzeitig mit dem alten entstehen könne. Auch an Gegnern hat es nicht gefehlt, die, weil dieser Übergang funktionell unmöglich sei, sogar die ganze embryologische Grundlage, die Beobachtungen von *Reichert* in ihrer Bedeutung anders beurteilten und die Verbindung zwischen *Hammer* und *Meckel'schem* Knorpel als eine sekundäre (cänogenetische) erklären wollten. In einem grossen, um diese Fragen seit dem Jahre 1904 geführten literarischen Streit ist die alte Ansicht von der Nictithomologie der Kiefergelenke schliesslich siegreich geblieben und der Hauptgegner hat erklärt (*Fuchs* 1915), nun auch seinerseits dieser Ansicht von der Nictithomologie beizutreten. Alle Momente, die während dieses fast zwölfjährigen literarischen Kampfes geltend gemacht worden sind, haben stets nur erneut dargetan, dass das Kiefergelenk der Säugetiere vorwärts von dem der Nichtsäuger liegt und dass das Kiefergelenk dieser, dem *Hammeramboss*gelenk jener homolog sei. Knochen, Muskeln, Nerven in ihren topographischen Beziehungen, alles spricht dieselbe Sprache, und doch ist die Frage ungelöst wie vorher. Da schien mir vor allem die Untersuchung der bewegenden Kräfte notwendig, als unerlässliche Voraussetzung jedes Urteils über die Umbildungsvorgänge. Diese aber und alles, was wir uns vorher vergegenwärtigt haben, legt nun eine von allen bisherigen abweichende Vorstellung nahe. Ist überhaupt eine Neubildung vorhanden oder eine solche anzunehmen — oder kann nicht auch die Verbindung zwischen *Dentale* und *Squamosum* aus einer älteren, schon vorhandenen, durch Umbildung hervorgegangen sein? Wir würden damit nur zur eigentlichen Aufgabe der vergleichenden Anatomie zurückkehren, der nämlich, die Homologien festzustellen und zu verfolgen. Besteht die Möglichkeit sich vorzustellen, dass schon bei Fischen und etwa auch bei den Ahnenformen der terrestrischen Tiere ausser dem *Quadrato-Artikulargelenk* und vorwärts davon der *Unterkiefer* mit dem *Schädel* verbunden war? Wie war diese Verbindung beschaffen? Wie haben sich zu dieser Verbindung die bewegenden Kräfte verhalten? — Eine solche Verbindung ist nun nicht nur möglich, wir haben sogar noch ein Beispiel für eine solche Verbindung in dem *Ligamentum maxillo-mandibulare* der *Teleostier*. Sie ist, kurz gesagt, nur möglich bei *Unterkiefern*, die in sich beweglich sind. Ich habe anzudeuten versucht, dass mannigfache Anhaltspunkte für die Annahme vorliegen, dass ein *streptognather* Zustand bei den *Wirbeltieren* eine weitere Verbreitung besessen hat, als man annehmen möchte. In der weiteren Erforschung dieser Ver-

hältnisse liegen die Aufgaben, die sich an meine jetzigen Untersuchungen anschliessen müssen. Damit ist für die Erforschung des Wirbeltierkopfes auch eine wichtige Aufgabe gestellt. Schon heute liegen manche erwähnenswerte Momente vor, doch ist es mir nicht möglich, solche gleichsam als Appendix hier vorzutragen. Ich wünsche, dass es mir möglich sein möge, in nicht zu ferner Zeit Ihnen über den Fortgang dieser Untersuchungen zu berichten.

Literatur.

1903. *Bradley*, The muscles of mastication and the movements of the skull in *Lacertilia*. Zool. Jahrbücher. Abt. 7. Anatomie. Bd. 18.
1818. *Carus*, Lehrbuch der Zootomie. Leipzig.
1911. *Edgeworth*, On the morphology of the cranial muscles in some vertebrates. Quarterly Journal of microscop. sciences. Vol. 56.
1915. *Fuchs*, Über den Bau und die Entwicklung des Schädels der *Chelone imbricata*. Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte und vergleichenden Anatomie des Wirbeltierschädels. I. Teil: Das Primordialskelett des Neurocraniums und des Kieferbogens. Voeltzkow Reisen in Ostafrika. Bd. V. p. 297.
1907. *Gaupp*, Zur Entwicklungsgeschichte und vergleichenden Morphologie des Schädels von *Echidna aculeata* var. *typica*. Jenaer Denkschriften. VII. Bd.
1913. Derselbe, Hammer-, Amboss- und Kieferfrage. Archiv für Anatomie und Entwicklungsgeschichte. Anat. Abteilung.
1898. *Gegenbaur*, Lehrbuch der vergleichenden Anatomie. Bd. I.
1904. *Kjellberg*, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte des Kiefergelenkes. Gegenbaur's Morph. Jahrb. Bd. 32.
1906. *Lubosch*, Über das Kiefergelenk der Monotremen. Jenaische Ztschr. Bd. 41.
1907. Derselbe, Das Kiefergelenk der Edentaten und Marsupialier nebst Mitteilungen über die Kaumuskulatur dieser Tiere. Jenaer Denkschriften. Bd. VII.
1911. Derselbe, Was lehrt der allgemeine Bau der Wirbeltiergelenke für die Entstehung des Kiefergelenkes der Säugetiere. Vortrag auf der Naturf. und Ärzte-Versammlung in Karlsruhe. Abgedruckt im Biolog. Zentralblatt Jahrg. 1911.
1913. Derselbe, Die Kaumuskulatur der Amphibien verglichen mit der der Sauropsiden und Säugetiere. Verhdlg. d. Anat. Gesellschaft. 27. Versammlung, Greifswald.
1914. Derselbe, Zwei vorläufige Mitteilungen über die Kaumuskulatur der Krokodile. Jen. Ztschr. Bd. 51. N. F. Bd. 44.
- 1914/15. Derselbe, Vergleichende Anatomie der Kaumuskeln der Wirbeltiere in fünf Teilen. I. Teil: Die Kaumuskulatur der Amphibien. Jen. Ztschr. Bd. 53. N. F. 46. Bl.
1916. Derselbe, 2. Teil: Die Kaumuskeln der Knochenfische, Ligamentum maxillomandibulare, Wesen der Streptognathie und Genese des Squamoso-dentalgelenkes. Jenaische Ztschr. 54. Bd. N. F. 47. Bd.

1909. *Luther*, Untersuchungen über die vom N. trigeminus innervierte Muskulatur der Selachier. Acta soc. scient. fennicae. Bd. XXXVI. Helsingfors.
1913. Derselbe, Über die vom N. trigeminus versorgte Muskulatur der Ganoiden und Dipneusten *ibid.* Bd. 41.
1820. *Meckel*, Handbuch der menschlichen Anatomie. IV. Bd. Halle und Berlin.
1914. *Petersen*, Studien zur vergleichenden und allgemeinen Mechanik des Tierkörpers. 1. Teil: Das Kiefergelenk des Kabeljau. Habilitationsschrift Leipzig. Engelmann. (Archiv für Entwicklungsmechanik Bd. 39)
1837. *Reichert*, Über die Visceralbögen der Wirbeltiere im allgemeinen und deren Metamorphose bei den Vögeln und Säugetieren. Müllers Archiv. S. 120.
- 1904/08. *Schulman*, Vergleichende Untersuchungen über die Trigeminiuskulatur der Monotremen. Jenaer Denkschriften. Bd. VI. Teil 2.
1912. *Verzulys*, Das Streptostylieproblem und die Bewegungen im Schädel bei Sauropsiden. Zool. Jahrbücher. Suppl. XV. II. Bd. Festschrift für Spengel.
1878. *Vetter*, Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie der Kiemen- und Kiefernuskulatur der Fische. I. Teil. Jen. Ztschr. Bd. VIII. N. F. Bd. I.
1878. Derselbe, II. Teil. Jen. Ztschr. Bd. N. F. Bd. V.
1887. *Wiedersheim*. Das Geruchsorgan der Tetrodonte nebst Bemerkungen über die Hautmuskulatur derselben. — Köllikerfestschrift. Leipzig. Engelmann.
1911. *Zittel*, Grundzüge der Paläontologie II. Abtlg. Vertebrata. München-Berlin-Oldenbourg.

Tafelerklärung.

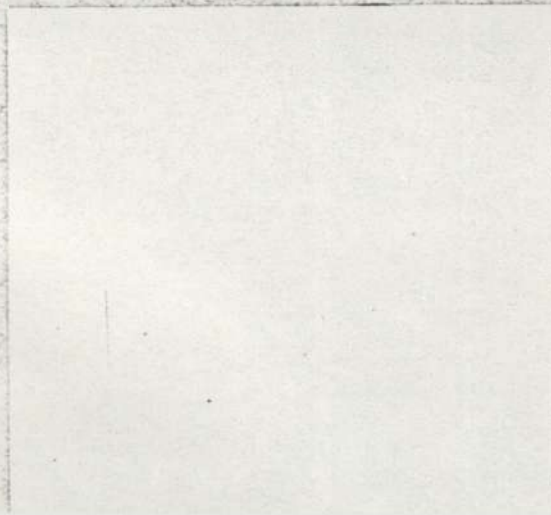
Eine grössere Anzahl von Wandtafeln, nach den Originalzeichnungen vergrössert, diene zur Erläuterung des Vorgetragenen. Auf sie beziehen sich die Hinweise im Text. Nur vier Abbildungen davon sind hier reproduziert und zwar:

Fig. 1. *Pteropus medius*, Kaumuskeln und Nerven von medial.

Fig. 2. *Cebus spoc?* Dasselbe.

Fig. 3. Neugeborener Mensch. Dasselbe.

Fig. 4. Rind. 3. Ast des N. trigeminus von medial her gesehen.



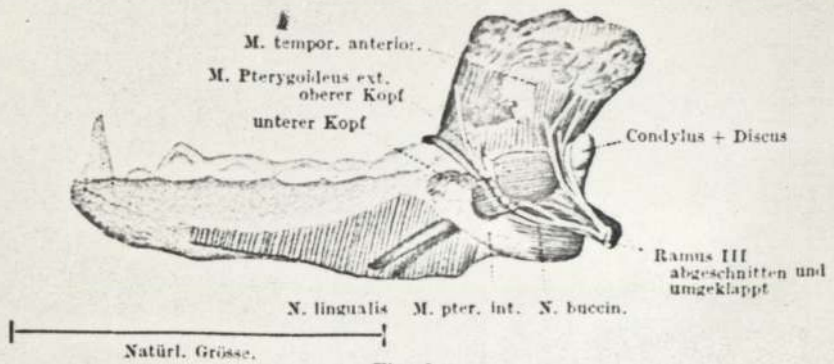


Fig. 1.

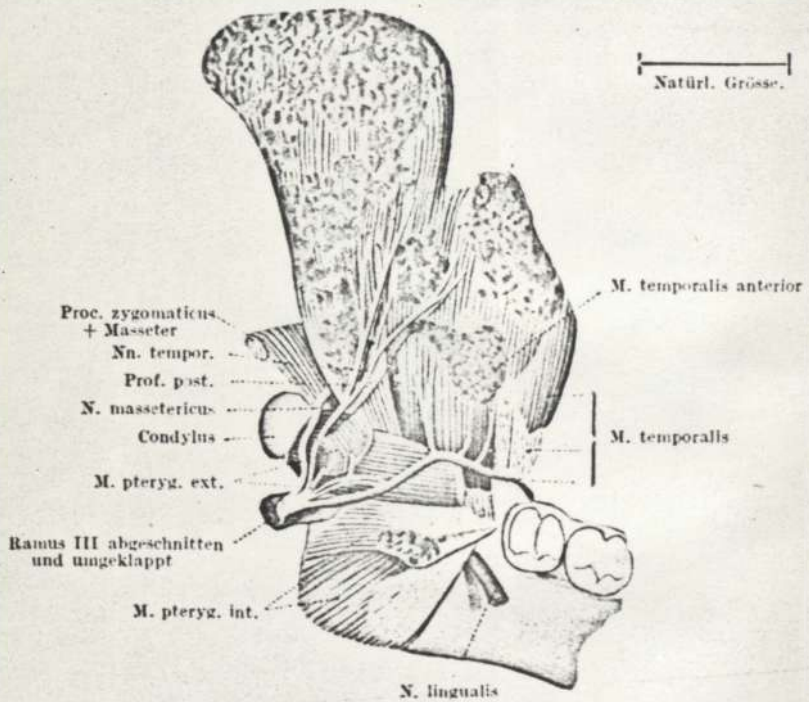


Fig. 2.

W. Lubosch, Neue Ergebnisse in der Erforschung des
Aufbaues der Trigemismuskulatur.

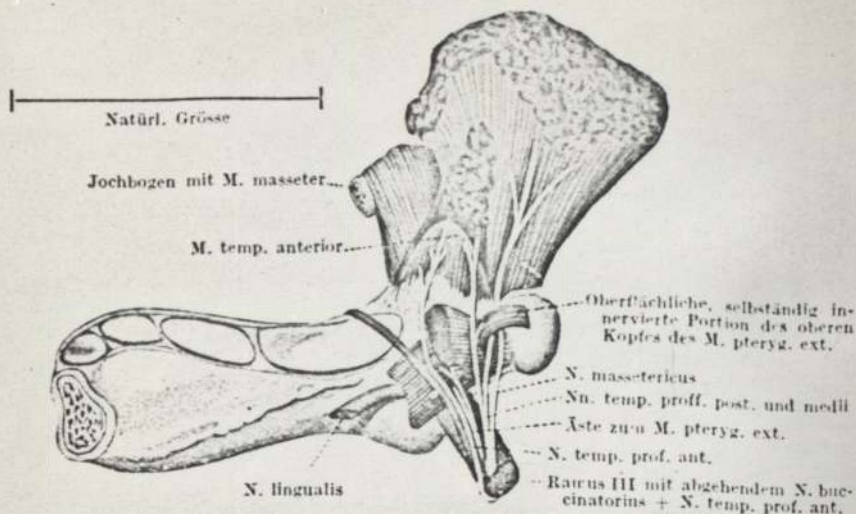


Fig. 3.

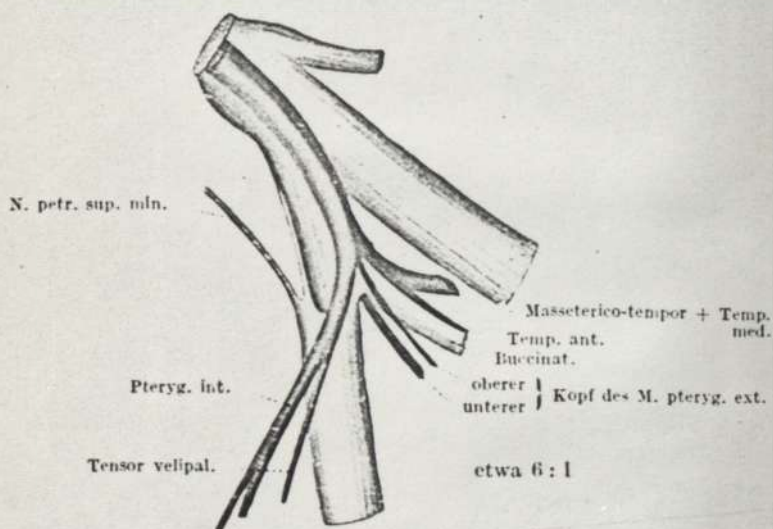


Fig. 4.

W. Lubosch, Neue Ergebnisse in der Erforschung des Aufbaues in Trigemini-muskulatur.