

BULLETIN INTERNATIONAL
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE CRACOVIE.

CLASSE DES SCIENCES MATHÉMATIQUES ET NATURELLES.

N° 7.

Juillet

1906.

- Sommaire:** 32. M. L. ŻŁOBICKI. Détermination de la tension capillaire par la méthode des petites bulles.
33. M. Z. WÓYCICKI. L'influence de l'éther et du chloroforme sur la division des cellules-mères du pollen et de leurs produits chez Larix Dahurica.
34. M. M. RACIBORSKI. Recherches microchimiques.
35. MM. SEVERIN et HELENE KRZEMIENIEWSKI. Sur la biologie des microbes fixateurs d'azote.
36. M. M. SMOLUCHOWSKI. Essai d'une théorie cinétique du mouvement Brownien et des milieux troubles.
37. M. H. ZAPĄŁOWICZ. Revue critique de la flore de la Galicie.
38. M. L. BRUNER. Contribution à la théorie de l'action de l'hydrogène sulfuré sur les sels des métaux lourds.
39. M. Z. WEYBERG. Sur les cristaux de la classe du bisphénoïde tétragonal.
40. Mme G. BALICKA-IWANOWSKA. Contribution à l'étude du rôle physiologique de l'acide phosphorique dans la nutrition des plantes.
41. M. R. NITSCH. Expériences sur la rage de laboratoire (virus fixe). V-ème partie.
42. M. B. NAMYSŁOWSKI. Rhizopus nigricans et les conditions de la formation de ses zygospores.
43. M. JEAN ROSTA FIŃSKI. De l'influence de la race sur le système pileux du bétail.

Séance du lundi 2 et 9 Juillet 1906.

PRÉSIDENCE DE M. K. OLSZEWSKI.

32. M. LADISLAS ŻŁOBICKI. Pomiar napięcia powierzchniowego metodą małych baniek. (*Messungen der Oberflächenspannung nach der Methode kleiner Blasen*). (Détermination de la tension capillaire par la méthode des petites bulles). Mémoire présenté par M. A. Witkowski m. t.

Nach der Methode kleiner Blasen¹⁾ wurde eine Reihe von Messungen der Oberflächenspannung verschiedener Flüssigkeiten und zwar verschiedener wässriger kolloidaler Lösungen durchgeführt. Die Genauigkeit des zur Messung verwendeten Apparates reichte bis $\pm 0.01 \frac{\text{mgr}}{\text{mm}}$.

¹⁾ M. Cantor: Wied. Ann. 42. p. 422, 1892.

V. Monti: Nuo Cimento (4) 5, 1897.

R. Feustol: Drud. Ann. 321. 86, 1905.

Zur Erzeugung von Blasen wurden drei Glas-Kapillare mit genau kreiförmigen Öffnungen verwendet. Die Durchmesser der Öffnungen wurden mittels eines Mikroskops genau gemessen. Der Kapillardruck wurde nach der mehrere Dezimeter hohen Wassersäule in einem entsprechend eingerichteten Manometer abgelesen. Die Höhe der Wassersäule wurde folglich mit einer Genauigkeit der Messungen nicht beeinträchtigenden Fehler ohne Anwendung eines Kathetometers mit bloßem Auge abgelesen. Angesichts dessen belief sich die Dauer einer Messung auf kaum wenige Minuten, es konnte demnach im Laufe einer kurzen Zeit eine beträchtliche Anzahl von Messungen bewerkstelligt werden.

Der Apparat und die Methode wurde an entsprechenden Messungen für Wasser in der Temperatur von 0 — 79° C kontrolliert. Es stellte sich heraus, daß der Apparat ganz zufriedenstellende Resultate ergab. Diese stimmten genau miteinander, das heißt alle drei Kapillare ergaben dieselben Resultate und wichen nicht einmal in den Hundertsteln von den überaus sorgfältigen Messungen von Brunner und Volkmann ab.

Es wurde vor allem die Frage aufgeworfen, ob bei der Methode kleiner Blasen die Resultate nicht etwa von dem zur Erzeugung der Blasen verwendeten Gase abhängig seien. Bisher wurde nämlich zu diesem Zwecke von allen Forschern ausschließlich die Luft verwendet. Der Verfasser hat durch eine Reihe von Messungen nachgewiesen, daß es für die Ergebnisse gleichgültig ist, welches von den drei Gasen: Luft, CO_2 oder Leuchtgas verwendet wird.

Es wurde dabei festgestellt, daß die Oberflächenspannung der Wasserlösungen verschiedener Gase sich kaum von der Oberflächenspannung des reinen Wassers unterscheidet. Es wurde dies an Sodawasser, Salmiakgeist und Chlorsäure nachgewiesen. Diese Flüssigkeiten können nämlich als Wasserlösungen des CO_2 , NH_3 und HCl angesehen werden. Bemerkenswert ist es dabei, daß, trotzdem die chemischen Eigenschaften aller dieser Körper grundverschieden sind, ihre Oberflächenspannung beinahe gleichen Wert hat und der Oberflächenspannung des reinen Wassers nahekommt.

In der Folge wurde nach dieser Methode die Messungen der Oberflächenspannung einer ganzen Reihe von wässerigen Kolloidalösungen vorgenommen. Bei allen diesen Lösungen wurde die Veränderlichkeit der Oberflächenspannung mit der Temperatur ungefähr

in den Grenzen $0^{\circ} - 30^{\circ} \text{C}$ und mit der Konzentration ungefähr in den Grenzen $0.1 - 2.0 \text{ gr}$ auf 100 cm^3 berücksichtigt. Die Lösungen wurden durch Dialyse sorgfältig gereinigt.

Man ist auf Grund zahlreicher Messungen zu der Überzeugung gekommen, daß Auflösen der Kolloide in Wasser die Oberflächenspannung des letzteren wesentlich beeinflusst und zwar — was das Merkwürdigste ist — nach zwei Richtungen hin, da die Oberflächenspannung je nach der Gattung der verwendeten Kolloide wächst oder sich verringert.

Zu den Kolloiden, welche in den Lösungen eine Vergrößerung der Oberflächenspannung herbeiführen, gehören: Gelatin, Tischlerleim, Eiweiß eines Hühnereis, Dextrin, Kirschen- und Weichselkirschengummi.

Zu den Körpern dagegen, welche die Oberflächenspannung des Wassers verringern, gehören: Gummiarabikum, Stärke und Pfauengummi.

Was nun die quantitativen Verhältnisse anbelangt, muß hervorgehoben werden, daß in der ersten Gruppe ebensowohl wie in der zweiten sich die Tatsache konstatieren läßt, daß bei geringer Konzentration die Oberflächenspannung sich beträchtlich verändert (steigt oder sinkt), beim Wachsen der Konzentration dagegen sich freilich noch immer verändert aber verhältnismäßig sehr bald ein gewisses Minimum oder Maximum erreicht, worauf eine weitere Vergrößerung der Konzentration keinen Einfluß mehr auf die Oberflächenspannung ausübt.

Es wurde ferner festgestellt, daß in allen untersuchten Lösungen mit dem Steigen der Temperatur die Oberflächenspannung sinkt und daß dieses Sinken bedeutend schneller vor sich geht als in reinem Wasser.

Von der größeren Anzahl der Messungen mögen die Messungen für Gelatin und Gummiarabikum angeführt werden. Die Oberflächenspannung der Gelatinlösungen ist eine geringere als die des Wassers, dagegen die der Lösungen des Gummiarabikums eine größere. Eine Reihe von genauen Messungen hat erwiesen, daß ähnlich wie diese beiden typischen Lösungen sich alle übrigen untersuchten Kolloide verhalten.

In den Tabellen bedeuten: t die Temperatur der Lösung, α die Oberflächenspannung $\left(\frac{H}{2}\right)$ Laplace

Gelatinlösungen.

Tabelle I a. (0.1 g. Gelatin in 100 cm³ Lösung).

t	α in $\frac{\text{mgr}}{\text{mm}}$	
	für Lösung	für Wasser
0.0	7.18	7.692
4.3	7.03	7.627
10.0	6.83	7.541
17.3	6.58	7.430
25.0	6.30	7.314
31.7	6.07	7.212

Tabelle I b. (0.3 g. Gelatin in 100 cm³ Lösung).

t	α in $\frac{\text{mgr}}{\text{mm}}$	
	für Lösung	für Wasser
0.0	6.92	7.692
1.9	6.85	7.663
14.3	6.41	7.475
19.7	6.21	7.394
26.5	5.97	7.290

Tabelle I c. (0.5 g. Gelatin in 100 cm³ Lösung).

t	α in $\frac{\text{mgr}}{\text{mm}}$	
	für Lösung	für Wasser
0.1	6.76	7.690
4.0	6.61	7.632
11.1	6.35	7.524
23.7	5.90	7.333
30.0	5.67	7.238

Tabelle I d. (0.8 g. Gelatin in 100 cm³ Lösung).

t	α in $\frac{\text{mgr}}{\text{mm}}$	
	für Lösung	für Wasser
1.0	6.62	7.677
7.0	6.39	7.586
15.2	6.08	7.462
25.2	5.70	7.311
30.0	5.51	7.238

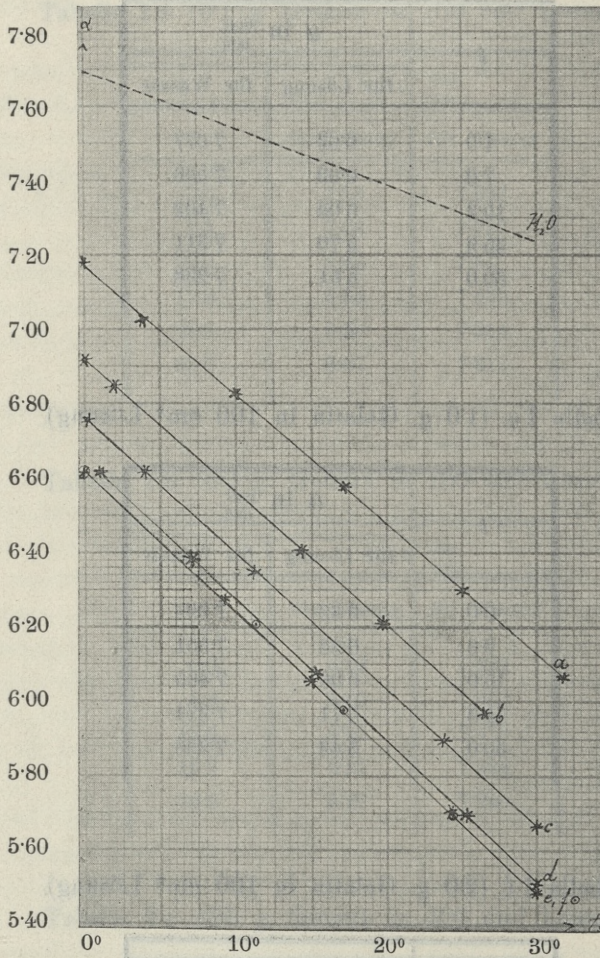
Tabelle I e. (1.0 g. Gelatin in 100 cm³ Lösung).

t	α in $\frac{\text{mgr}}{\text{mm}}$	
	für Lösung	für Wasser
0.0	6.62	7.692
9.3	6.28	7.551
15.0	6.06	7.465
24.3	5.71	7.324
30.0	5.49	7.238

Tabelle I f. (2.0 g. Gelatin in 100 cm³ Lösung).

t	α in $\frac{\text{mgr}}{\text{mm}}$	
	für Lösung	für Wasser
0.0	6.62	7.692
11.3	6.21	7.521
17.0	5.98	7.434
24.5	5.70	7.321

Tabella I. 1. (0.8 g. Gelatin in 100 g. Lösung)



Kurve I. ¹⁾ — Gelatinlösungen.

¹⁾ Die Kurve e und f (d. h. diejenigen, welche sich auf die Tabellen I e und I f beziehen), fallen aufeinander; damit man sie voneinander unterscheiden kann, wurden die Punkte der Kurve e mit ×, die der Kurve f mit ○ bezeichnet. Dasselbe bezieht sich auch auf die Kurve II.

Gummiarabikum-Lösung.

Tabelle II a. (0.1 g. Gummiarab. in 100 cm³ Lösung).

t	α in $\frac{\text{mgr}}{\text{mm}}$	
	für Lösung	für Wasser
0.0	8.38	7.692
5.6	8.21	7.607
14.7	7.95	7.469
24.5	7.68	7.321
32.0	7.46	7.208

Tabelle II b. (0.3 g. Gummiarab. in 100 cm³ Lösung).

t	α in $\frac{\text{mgr}}{\text{mm}}$	
	für Lösung	für Wasser
0.0	8.52	7.692
7.0	8.31	7.586
16.3	8.04	7.445
27.4	7.72	7.277

Tabelle II c. (0.5 g. Gummiarab. in 100 cm³ Lösung).

t	α in $\frac{\text{mgr}}{\text{mm}}$	
	für Lösung	für Wasser
0.0	8.60	7.692
5.3	8.44	7.612
15.7	8.13	7.454
29.0	7.74	7.253

Tabelle II d. (0.8 g. Gummiarab. in 100 cm³ Lösung).

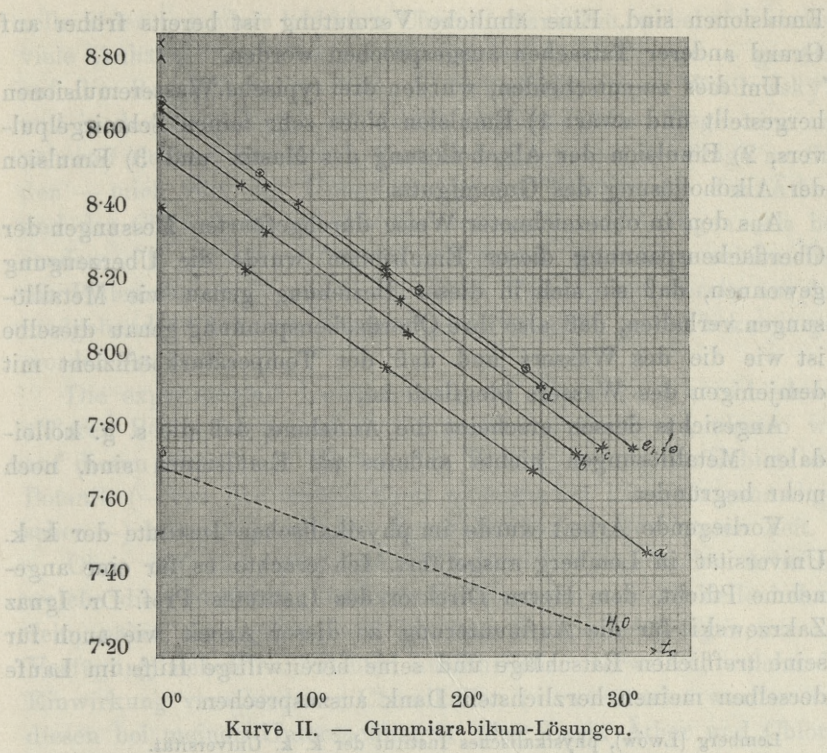
t	α in $\frac{\text{mgr}}{\text{mm}}$	
	für Lösung	für Wasser
0.0	8.64	7.692
7.0	8.44	7.586
14.9	8.20	7.466
25.0	7.90	7.314

Tabelle II e. (1.0 g. Gummiarab. in 100 cm³ Lösung).

t	α in $\frac{\text{mgr}}{\text{mm}}$	
	für Lösung	für Wasser
0.0	8.66	7.692
9.1	8.39	7.555
14.9	8.21	7.466
31.0	7.74	7.222

Tabelle II f. (2.0 g. Gummiarab. in 100 cm³ Lösung).

t	α in $\frac{\text{mgr}}{\text{mm}}$	
	für Lösung	für Wasser
0.0	8.66	7.692
6.6	8.47	7.592
17.0	8.16	7.434
24.0	7.95	7.329



In dem weiteren Teile seiner Abhandlung befaßt sich der Verfasser mit den Messungen der Oberflächenspannung der s. g. wässrigen Kolloidallösungen der Metalle. Diese wurden nach der Methode von Bredig¹⁾ hergestellt. Gemessen wurde die Oberflächenspannung der Gold-, Silber- und Platinlösungen.

Im Gegensatz zu den organischen Kolloidallösungen hat man die Überzeugung gewonnen, daß die Oberflächenspannung dieser Metalllösungen kaum merklich von der Oberflächenspannung des reinen Wassers abweicht und daß der Temperaturkoeffizient für diese Lösungen und für Wasser derselbe ist. Der Unterschied zwischen Metalllösungen und den organischen Kolloidallösungen ist also ein auffallender.

Hierdurch wird uns die Vermutung nahegelegt, daß die s. g. Kolloidallösungen der Metalle keine eigentlichen Lösungen, sondern

¹⁾ Ztschr. f. d. angew. Chemie, 1898, 951.

Emulsionen sind. Eine ähnliche Vermutung ist bereits früher auf Grund anderer Tatsachen ausgesprochen worden.

Um dies zu entscheiden, wurden drei typische Wasseremulsionen hergestellt und zwar: 1) Emulsion eines sehr feinen Schmirgelpulvers, 2) Emulsion der Alkohollösung des Mastix und 3) Emulsion der Alkohollösung des Gummigutts.

Aus den in obbezeichneter Weise durchgeführten Messungen der Oberflächenspannung dieser Emulsionen wurde die Überzeugung gewonnen, daß sie sich in dieser Beziehung genau wie Metallösungen verhalten, daß also ihre Oberflächenspannung genau dieselbe ist wie die des Wassers und daß der Temperaturkoeffizient mit demjenigen des Wassers identisch ist.

Angesichts dessen erscheint die Annahme, daß die s. g. kolloidalen Metallösungen nichts anderes als Emulsionen sind, noch mehr begründet.

Vorliegende Arbeit wurde im physikalischen Institute der k. k. Universität in Lemberg ausgeführt. Ich erachte es für eine angenehme Pflicht, dem Herrn Direktor des Institutes Prof. Dr. Ignaz Zakrzewski für die Aufmunterung zu dieser Arbeit wie auch für seine trefflichen Ratschläge und seine bereitwillige Hilfe im Laufe derselben meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Lemberg (Lwów), physikalisches Institut der k. k. Universität.

33. M. Z. WOYCICKI. O wpływie eteru i chloroformu na podział komórek macierzystych pyłku i ich pochodnych u *Larix Dahurica*. (*Über die Einwirkung des Äthers und des Chloroforms auf die Teilung der Pollenmutterzellen und deren Produkte bei Larix dahurica*). (*L'influence de l'éther et du chloroforme sur la division des cellules-mères du pollen et de leurs produits chez Larix Dahurica*). Memoire présenté par M. J. Rostafiński m. t. à la séance du 2 avril 1906.

(Planche XVI, XVII, XVIII).

I. Historische Übersicht.

Als ich mich im Jahre 1904 mit der Bildung der Zygote bei *Basidiobolus ranarum* Eid. beschäftigte, hatte ich es mit einer direkten Kernteilung zu tun, deren Resultate ich in meiner diesbezüglichen Arbeit beschrieb. Da nun gerade zu dieser Zeit der Streit über die Bedeutung und die Rolle der Amitose in der Pflanzen-

zelle einen besonders lebhaften Charakter annahm, wobei sich ebenso viele Anhänger wie Gegner fanden, so beschloß ich — gestützt auf die Beobachtungsergebnisse A. Nathansohn's und Wasilewsky's, und in der Erwartung, auf diesem experimentalen Wege eine annähernd richtige Antwort auf diese hochinteressante Frage zu finden — mich mit der Untersuchung der Einwirkung des Äthers und des Chloroforms auf die Kernteilung zu beschäftigen. Als besonders für genannte Zwecke geeignetes Material erschien mir die Pollenmutterzelle von *Larix*, deren Teilung uns bereits aus den maßgebenden Arbeiten Strasburgers, Belajeffs, u. A. bekannt geworden ist.

Die experimentale Untersuchung der Einwirkung verschiedener äußerer Bedingungen auf den Zustand des Zellkerns, ebenso wie auf diesen oder jenen Verlauf der Teilung, gehört im Gebiete der Botanik (— von der reichhaltigen zoologischen Literatur ganz abgesehen —) keineswegs zu den Neuerscheinungen der letzten Zeit.

Ohne auf die vielen, immer zahlreicher werdenden Arbeiten, welche die Einwirkung äußerer Bedingungen auf die Zelle behandeln, näher einzugehen, will ich hier nur bei denjenigen mir zur Verfügung stehenden Arbeiten ausführlicher verweilen, welche die Einwirkung verschiedener Chemikalien (— verwendet wurden von diesen bei meinen Untersuchungen über *Larix* Äther und Chloroform —) zum Gegenstand ihrer Betrachtung haben.

Migula¹⁾ stellte bereits im Jahre 1888 Versuche über den Einfluß verdünnter Säuren auf die Zellen von *Spirogyra spec. an.* Nach seinen Untersuchungen ergab sich, daß durch Säuren von bestimmter Konzentration in gleicher Weise sowohl die Kernteilung als auch die Zellteilung gehemmt wird, wobei zugleich kein hindernder Einfluß auf das Wachstum der Zellen wahrnehmbar ist, sondern die Größe der letzteren unter gewissen Umständen die normale sogar um das Vierfache überschreiten kann.

Demoor²⁾, welcher nebenbei die Einwirkung des Chloroforms und des Ammoniaks auf die Zellteilung bei den Staubfadenhaaren

¹⁾ zit. nach Zimmermann: „Morphologie und Physiologie des pflanzlichen Zellkerns“, p. 81.

²⁾ I. Demoor: „Contributions à l'étude de la physiologie de la cellule. (Indépendance fonctionnelle du protoplasme et du noyau)“. Archives de Biologie, tome XIII. 1895.

von *Tradescantia virginica* untersuchte, kam zu dem Resultate, daß der erste der beiden obengenannten Faktoren anfänglich wie ein Stimulum auf das Plasma und den Zellkern einwirkt, später aber allmählich alle Lebenserscheinungen bis zum völligen Absterben der Zelle unterdrückt. „L'action du chloroforme -- pour étudier l'influence du chloroforme, nous nous servons d'eau chloroformée au quart (p. 193) -- sur le protoplasme est double: il provoque d'abord une excitation très-nette et amène ensuite l'anesthésie de la substance“, sagt der Autor auf Seite 205, wobei „le chloroforme produit l'anesthésie du protoplasme après avoir donné lieu à une période d'excitation très-courte, ... il détermine une excitation du noyau très-longue et très-intense avant d'amener l'anesthésie de cet organe. — Le noyau peut rester assez longtemps actif dans une cellule dont le protoplasme est tué. Le chloroforme est un moyen excellent pour dissocier l'activité du protoplasme de celle du noyau“. Was den Ammoniak anbetrifft, so ist derselbe „...un excitant énergétique du protoplasme, qui produit tardivement l'anesthésie de la substance vivante¹⁾... La mitose continue régulièrement dans les cellules soumises à l'action de solutions diluées d'ammoniaque. Si la division du noyau a lieu lorsque le protoplasme est en repos, on constate que la membrane cellulaire ne se forme pas²⁾. Bei der Zusammenfassung der Resultate seiner Beobachtungen sagt Demmer: „Lorsque dans nos expériences, le protoplasme s'immobilisait sans l'action des différentes agents que nous faisons agir sur la cellule, le noyau ne se comportait pas comme le protoplasme. — Le chloroforme, l'ammoniaque et le froid ont des effets différents sur le noyau et sur le protoplasme cellulaire. Dans l'hydrogène, dans l'anhydrite carbonique et dans le vide la mitose se constitue régulièrement, alors même que la substance protoplasmique est complètement immobilisée. Dans ces cas, la membrane cellulaire ne se forme pas et ne se constitue que lorsque l'activité protoplasmique réapparaît dans la cellule. Ainsi se trouve démontré le rôle essentiel, joué par le protoplasme, dans la formation de la membrane et dans la division cellulaire. La cellule vivante est donc le siège de deux activités spéciales, qui se complètent pour faire produire à l'organisme cellulaire son travail, mais qui conservent pourtant chacune

¹⁾ l. c. p. 194.

²⁾ l. c. p. 209.

leur existence et leur valeur propre¹⁾... „La vie du noyau est essentiellement différente de celle du protoplasme — voilà la dernière conclusion de notre travail“²⁾.

Wenn wir die Abbildungen zu den Beobachtungen des oben zitierten Autors über *Tradescantia virginica* näher betrachten, so fällt uns vor allem eine außerordentlich stark ausgeprägte Vakuolisierung des Protoplasmas in allen angeführten Fällen auf (cf. Figg. 1—8, Einwirkung von H.; Figg. 9—12, Einwirkung von CO₂; Figg. 13—20, Einwirkung von O.—) worauf der Autor auch im Texte wiederholt aufmerksam macht, indem er z. B. sagt, daß unter dem Einflusse des Chloroforms „une forte vacuolisation... dans celle-ci (protoplasme)“ — stattfindet³⁾. — Unter der Einwirkung von Ammoniak ist nicht nur eine Vakuolisierung der lebenden Substanz zu konstatieren, sondern zugleich auch eine Anhäufung einer besonderen Art von Granulationen um den Zellkern herum⁴⁾. Den Zeichnungen nach zu urteilen, gilt dasselbe auch für den dritten Faktor, den Sauerstoff, obgleich der Autor im Texte selbst davon nichts erwähnt.

Höchst interessant sind ferner die Bemerkungen Demoor's bezüglich der Attraktions-Sphäre; er sagt darüber: „Le centrosome n'est pas visible dans la cellule vivante à l'état de repos. Mais dans les cellules en voie de division nous avons pu, chez le *Tradescantia*, observer plusieurs fois les sphères attractives. Ces organes peuvent même devenir très-nets dans certaines circonstances; dans les cellules soumises à l'oxygène, à l'hydrogène, au froid, au vide, nous les avons vus très-distincts, soit dans leur ensemble, soit dans quelques-unes de leurs parties... Nos expériences prouvent, que l'activité du noyau et celle du centrosome persistent quand le protoplasme est immobilisé. Il en résulte que, au point de vue fonctionnel, le centrosome n'est pas comparable au protoplasma“⁵⁾. Demoor hat keine Abänderungen von dem sogenannten „normalen Typus“ der Karyokinese beobachtet, abgesehen von der Unmöglichkeit, unter den oben angeführten Bedingungen eine Zellmembran zu bilden.

¹⁾ l. c. p. 225.

²⁾ l. c. p. 236.

³⁾ l. c. p. 193.

⁴⁾ „La solution d'ammoniaque au centième détermine une excitation considérable provoquant la vacuolisation de la substance vivante...“ cf. l. c. p. 194.

⁵⁾ l. c. p. 227.

Aber nicht alle Beobachtungen Demoor's haben sich als richtig erwiesen, denn im Jahre 1898 gelangte Samassa¹⁾, welcher die Versuche Demoor's wiederholte, zu der Überzeugung, daß der Sauerstoff die Bewegung keineswegs beschleunigt, daß N_2O sie unterdrückt und daß ferner Chloroform nicht nur die Bewegung des Plasmas, sondern zugleich auch jegliche Symptome der Kernteilung unterdrückt. Was die unvollkommene Entwicklung der Zellmembranen anbetrifft, so ist diese Erscheinung sowohl von Demoor wie auch von Bogumil Němec²⁾ beobachtet worden und zwar an den chloroformierten Zellen der Wurzeln von *Vicia Faba*. Bei den Versuchen von Němec endete aber das Schicksal solcher zweikernigen Zellen mit deren völligem Absterben, obgleich allerdings auch Fälle vorkamen, in welchen nur der eine der Kerne abstarb, während der andere sein Wachstum fortsetzte und sich auf normale Weise weiter teilte. Němec hatte sich bei seinen Versuchen die Aufgabe gestellt, die Ursachen des vom Autor beobachteten Unterschiedes zwischen der Bipolarität der Anfangsstadien der achromatischen Spindel der Zellen des vegetativen Gewebes einerseits und der Multipolarität der Spindel in den Zellen des generativen Gewebes andererseits aufzuklären. In dem Bestreben, den Turgor der Zellen zu verringern oder aufzuheben, wendete Němec gesättigte Chloroformdämpfe unter normalem Druck und t^0 während einer Zeitdauer von 3, 5 und 10 Minuten an. In Fällen einer längeren Einwirkungsdauer des Chloroforms trat ein schnelles Absterben der Pflanzen ein (— die Kernteilung wird unter den genannten Bedingungen „durch die Chloroformdämpfe schnell eingestellt“³⁾ —) und im Plasma traten große Vakuolen auf, welche entweder den ruhenden Zellkern, oder dessen in diesem oder jenem Entwicklungsstadium begriffenes Übergangsstadium deformierten. Wenn der Zellkern der Einwirkung der Chloroformdämpfe oder einer plasmolysierenden Salpeterlösung in dem Momente unterworfen wurde, in welchem er von dem kugelförmigen Periplast

¹⁾ „Über die Einwirkung von Gasen auf die Protoplasmaströmung und Zellteilung von *Tradescantia*, sowie auf die Embryonalentwicklung von *Rana* und *Ascaris*“ (cf. Verhandl. des Nat. Ver. z. Heidelberg; Nr. F. VI; Bd. II. Heft 1898). Referat in Botan. Zeitg. Jahrg. 1898 p. 344.

²⁾ „Zur Physiologie der Kern- und Zellteilung“, cf. Botan. Zentralbl. Bd. 77; Nr. 8. 1899.

³⁾ l. c. p. 245.

umgeben ist¹⁾, so windet sich die Achromatinspindel des Kernes nicht bipolar, sondern multipolar, wobei der Umstand von besonderem Interesse ist, daß sie vermittelt knollenförmiger Auswüchse entstand, die sich auf dem anfänglich kugelförmigen Periplast bildeten.

Bei der Einwirkung des Chloroforms im Momente der Meta- oder der Anaphase „rekonstruieren sich die Chromosomen schnell zu geschlossenen Kernen und die achromatischen Fäserchen verschwinden“²⁾. Diese letzteren werden zunächst körnig und später mit dem allmählichen Verschwinden der Körnigkeit treten die „extranukleolen“ Nukleolen auf, wobei sie in diesem Falle in den Zellkernen entweder ganz fehlen, oder nur in sehr geringer Zahl vorhanden sind. Dieser letztere Umstand gab Némec Veranlassung in Übereinstimmung mit Strasburger, Zimmermann u. A. m. zu der Annahme, daß „zwischen den achromatischen Fäserchen und den Nukleolen ein inniger Zusammenhang besteht“³⁾.

Die hohe Bedeutung einer derartigen experimentalen Erforschung vollauf würdigend, sah sich Gerassimoff veranlaßt, eine Reihe von experimentalen Untersuchungen anzustellen, wobei er gleichfalls für seine Zwecke eine ähnliche Methode anwendete. In seiner Arbeit: „Über die Lage und Funktion des Zellkerns“ (Bull. d. I. Soc. Imp. d. Nat. d. Moscou, 1900) führt er aber leider nur „hauptsächlich die Resultate der Experimente mit der Abkühlung“ an⁴⁾, unter Bezugnahme darauf, daß, ... „obgleich diese Experimente mit Anwendung der Anästhesierung auch erfolgreich waren, dennoch umfassendere Experimente mit verschiedenen Arten einstweilen noch nicht gemacht worden sind. — Die Anästhesierung hat

1) „...ein hyalines, den Kern umgebendes, um Pole kappenförmig entwickeltes Gebilde, das ich hier der Kürze wegen als Periplast bezeichnen will“ — l. c. p. 242.

2) l. c. p. 251.

3) l. c. p. 251.

4) „Eine detaillierte Untersuchung desjenigen störenden Einflusses, welchen die Abkühlung und auch andere Agentien auf den sich teilenden Kern ausüben, wird vielleicht einige bis jetzt noch streitige Fragen über den Prozeß der Karyokinese lösen und auch genauer die Ähnlichkeit und den Unterschied zwischen der direkten und indirekten Kernteilung offenbaren. Es versteht sich von selbst, daß einer solchen Untersuchung eine ausführliche und sorgfältige Untersuchung des normalen Vorganges des Prozesses vorangehen, oder wenigstens mit derselben parallel gehen muß (l. c. p. 223).

im Vergleich mit der Abkühlung die Unbequemlichkeit, daß dabei in den Organismus, obgleich auch in geringerer Menge, doch stark wirkende Stoffe eingeführt werden. Wie mir scheint, bietet sie ein mehr theoretisches Interesse dar; die Abkühlung kann man als eine mehr erprobte Methode betrachten, kernlose Zellen und Kammern zu erhalten — eine Methode, welche eine praktische Bedeutung besitzt“.

In demselben Jahre wie Gerassimoff veröffentlichte Alexander Nathansohn, welcher es sich zur Aufgabe stellte, die physiologische Bedeutung der Amitose zu untersuchen, eine höchst interessante, im Laboratorium von Prof. Pfeffer ausgeführte Arbeit¹⁾, über deren Ergebnisse Pfeffer selbst bereits früher in den Ber. der Sächs. Gesellsch. d. Wiss., Math.-phys. Kl., vom 3. Juli 1899 unter dem Titel: „Über die Erzeugung und physiologische Bedeutung der Amitose“ berichtet hat.

Nathansohn stellte seine Versuche teils nach der Gerassimoff'schen Methode an, teils aber unter Anwendung der Ätherisierung. Im letzteren Falle kam bei der Kultur von *Spirogyra orbiculata* eine 1%ige Ätherlösung in Wasser zur Anwendung, in welcher das Untersuchungsmaterial ungefähr $\frac{3}{4}$ Stunden verblieb²⁾. Die Beobachtungen wurden in besonders zu diesem Zwecke angefertigten gläsernen Kammern ausgeführt, wobei Nathansohn konstatierte, daß, wenn die Karyokinese in den Zellen vor dem Versuche begonnen hatte, „die im Gang befindlichen Karyokinesen normal zu Ende geführt wurden, selbst dann, wenn sie sich in dem allerersten Stadium der beginnenden Plasmaansammlung um den Kern befanden. Nie habe ich bei meinem Objekte ein Zurückgehen bereits begonnener Mitosen, wie es Gerassimoff beschreibt, wahrnehmen können. Dagegen erfolgten die in der Ätherlösung neu auftretenden Teilungen nach einem ganz anderen Typus“³⁾. „Die ersten Anzeichen der beginnenden Kernteilung treten am Zellkerne selbst auf. Dieser fängt in hohem Grade anzuschwellen, die Konturen des Nukleolus werden unregelmäßig, und dieser streckt sich in einer zur Längsachse der Zelle senkrechten Richtung in die

¹⁾ „Physiologische Untersuchungen über amitotische Kernteilung“. *Jahrb. f. wiss. Bot.* 1900. Bd. 35. Heft I, p. 48.

²⁾ l. c. p. 57.

³⁾ l. c. p. 57.

Länge. — ... „Während des Anschwellens verliert der Kern an Durchsichtigkeit und außerdem nimmt das Plasma der den Zellkern umgebenden „Kerntasche“ während dieses Stadiums eine körnige Beschaffenheit an. ... Unterdessen hat, sofort bei Beginn der Kernteilungsvorgänge, die Anlage der jugendlichen Membran begonnen, deren Ausbildung dann rasch vorwärts geht. Nach kurzer Zeit hat sich in der üblichen Weise ein Ring gebildet, in dessen Öffnung der Kern liegt, welcher sehr bald seine frühere Durchsichtigkeit wiedergewinnt. Wir finden ihn in diesem Stadium mit zwei einander anliegenden Nukleolen ausgestattet.... Jetzt beginnt die Durchschnürung des Zellkerns... Während der Zerschnürung werden die Kerne nicht, wie es bei der amitotischen Teilung häufig der Fall ist, auseinandergezogen, sondern bleiben aneinander geschmiegt, bis der eigentliche Teilungsvorgang beendet ist“.

Auf diese Weise trat nach den Beobachtungen des Autors infolge der Einwirkung des Äthers anstatt der Karyokinese in gewissen Zellen eine amitotische Teilung des Zellkerns ein, welche unter den gegebenen Versuchsbedingungen mit Ausnahme geringfügiger, kaum wahrnehmbarer Einzelheiten sich fast ganz vollständig am lebenden Objekte verfolgen ließ. Oft kamen hierbei verschiedenartige Abweichungen vor, sowohl von der typischen Mitose, als auch von der von Nathansohn bemerkten Amitose; diese Abweichungen bestanden entweder in dem Vorhandensein einer größeren Anzahl von Kernkörperchen, als es gewöhnlich der Fall ist, oder in deren anormalen Form oder auch in der Einschnürung des Kerns zu der Zeit, wenn der Nukleolus seine Teilung noch nicht beendet hat. — Trotz allen diesen Abweichungen gelang es jedoch dem Autor, den mehr oder weniger normalen Verlauf der Amitose während eines Zeitraumes von zirka 3 Wochen zu beobachten, „wenn man öfters für die Erneuerung der Kulturflüssigkeit sorgt“ und wenn die angewendete Ätherlösung nicht stärker als $\frac{1}{2}\%$ bis $\frac{3}{4}\%$ war. Je länger aber die Zellen der Einwirkung des Äthers ausgesetzt blieben, um so häufiger konnten „kernlose Kammern beobachtet werden, die durch unvollständige Scheidewandbildung ohne vorherige Kernteilung abgetrennt werden“¹⁾. Wenn jedoch die Fäden von Spirogyra „die lange Zeit in Ätherlösung verweilt hatten“, in ihre gewöhnlichen normalen Lebensbedingungen

¹⁾ l. c. p. 65.

wieder zurückversetzt wurden, so begann in ihnen, als Beweis ihrer vollen Lebensfähigkeit, wieder der Teilungsprozeß nach dem gewöhnlichen mitotischen Typus. („Diese Teilungen verlaufen nun ebenfalls in normaler Weise mitotisch“¹⁾).

Nathansohn beobachtete die Amitose unter den Bedingungen der Ätherisation auch bei *Closterium*, sowie in den Staubfädenhaaren von *Tradescantia virginica*, wenn auch im letzteren Falle seine Beobachtungen nicht vollständig waren wegen der allzugroßen Empfindlichkeit der Objekte, die schnell abstarben. In seinen Schlußfolgerungen spricht sich der Verfasser, ebenso wie Demoor, für eine gewisse Unabhängigkeit des Plasmas und des Zellkerns aus. „Ganz analog tritt in unsern Versuchen mit *Spyrogyra* sowohl wie mit *Tradescantia*, in denen die Narkotisierung stattfindet, bevor sich der Kern und ein Teil des Cytoplasmas zur Bildung der karyokinetischen Figur vereinigt haben, ein Unterschied in der Empfindlichkeit jener beiden Teile hervor; eine Vereinigung findet in diesem Falle gar nicht statt, und der Kern vollzieht seine Teilung auf einem vom Cytoplasma relativ unabhängigen Wege“²⁾. Der Verfasser tritt ferner ebenfalls entschieden dafür ein, daß „die Mitose, unbeschadet der vollen embryonalen Qualität der Tochterzellen durch Amitose ersetzt werden kann“³⁾ und daß es daher augenscheinlich sei, daß zur richtigen Verteilung der Erbmasse die Karyokinese nicht notwendig ist⁴⁾.

Gestützt auf theoretische und experimentale Schlußfolgerungen, trat im Jahre 1902 Waldemar v. Wasielewsky in dem „*Jahrb. für wiss. Bot.*“ gegen das — wie er es nennt — allmächtige „Mitosendogma“⁵⁾ auf. Der Schmitz'schen Anschauung folgend — nach welcher, abgesehen von den beträchtlichen Abweichungsarten der Kernteilung, diese Aberrationen durch allmähliche Übergänge miteinander in Verbindung stehen, und zwar in so enger Verbindung, daß sie nicht als heterogene Formen, sondern nur als Modifikationen einer und derselben Grundform zu betrachten sind — gibt der Verfasser sogar eine Aufstellung der von ihm unterschiedenen Komplikationsstufen. Auf dem Wege von der einfachsten bis zur

¹⁾ l. c. p. 67.

²⁾ l. c. p. 74.

³⁾ l. c. p. 75.

⁴⁾ l. c. p. 77.

⁵⁾ „Theoretische und experimentelle Beiträge zur Kenntnis der Amitose“.

kompliziertesten Art und Weise der Kernteilung können wir nach den Angaben Wasielewsky's vier Haupttappen anführen: Diatmese, Diaspase, Hemimitose und Mitose. Der Unterschied zwischen den ersteren beiden Typen besteht darin, daß „bei der Diaspase hauptsächlich die eigentliche innere Kernmasse, sich teilend, tätig sei, dagegen bei der Diatmese die innere Kernmasse, vom Nukleolus abgesehen, in einen passiven Zustand geraten sei und hier vielmehr die Kernmembran aktiv den Teilungsvorgang vollziehe. In diesem letzteren Falle wird gleichsam der Kern halbiert; im ersteren Falle halbiert er sich unter eigener Tätigkeit seiner Innenbestandteile“. Als Objekt für die experimentalen Untersuchungen dienten Wasielewsky die Wurzelspitzen von *Vicia Faba*, ein jederzeit leicht zu erhaltendes und ein typisches embryonales Gewebe lieferndes Material. Zur Narkose wurde Chloralhydrat in einer Konzentration von 0·1% bis 0·75% während einer Zeitdauer von $\frac{1}{2}$ bis 4 Stunden angewendet. Nach dem Versuche wurde das Objekt in fließendem Wasser ausgewaschen, verblieb einige Zeit in mit Wasserdampf gesättigtem Raume und erst dann wurde es in die Fixierflüssigkeit gebracht. Die vom Verfasser auf Seite 412 beigefügte Tabelle zeigt mit völliger Deutlichkeit die Untersuchungsmethode und die Bearbeitung des Materials. Auch ersehen wir daraus, daß eine einstündige Einwirkung von 75%-igem Chloralhydrat sich in Gestalt einer Wellenlinie darstellt, welche in bezug auf die Amitose (Diatmese) ihr Maximum nach Verlauf von 24 Stunden erreicht, darauf mit annähernd gleicher Geschwindigkeit sinkt. Nach Verlauf von abermals 24 Stunden sind alle Folgen der Narkose vollständig verschwunden, so daß die Wurzeln wieder ihr früheres, normales Aussehen zeigen. Das erste Anzeichen der Vorbereitung zur Amitose besteht in der Verdoppelung der Anzahl der Nukleolen im Zellkerne. Diese Erscheinung tritt bereits nach $\frac{1}{2}$ -stündiger Einwirkung des Chloralhydrats ein und zwar zur Zeit, in welcher die Kerne noch völlig unverändert geblieben sind, „abgesehen von nicht selten amöboiden Verziehungen“. — Die Tatsache, daß die Teilung des Nukleolus sich mit solcher Regelmäßigkeit während der Amitose vollzieht, spricht direkt dafür, daß man es für mehr als nur ein „großes Chromatinkorn“ halten muß, daß es vielmehr ein „Organ des Zellkerns“ darstellt. Nukleolus und Kernmembran sind zwei Substrate, auf welche die Narkose auf bis jetzt noch unaufgeklärte Weise eine „aktivierende, erregende Wirkung“

ausübt, die übrigen Teile des Kernes bleiben unter ihrem Einflusse absolut paralysiert. Die Folge dieses letzteren Umstandes ist ein eigenartig auftretender „Modus“ der Bildung der Zellmembran, welche anfänglich vom Plasma irgendwo in der Nähe der bereits vorhandenen Membran ausgeschieden wird, später allmählich wächst, sich zwischen den sehr oft dicht nebeneinander liegenden Kernen durchdrängt, bis sie schließlich die Zelle in zwei völlig neue abteilt¹⁾. Einen derartigen Verlauf der Bildung der Zellmembran betrachtet Wasielewsky als einen atavistischen, „uralten Teilungsmodus“²⁾. Unter den Abweichungen vom Typus (Diatmese) müssen gewisse Unregelmäßigkeiten im Aussehen des sich teilenden Zellkerns erwähnt werden, sowie auch die auf Fig. 5 Tab. VII dargestellte Hemimitose.

Zu einem von den vorher angeführten Autoren ganz verschiedenen Zwecke wendete S. v. Wisselingh Lösungen von Kaliumnitrat, Chloralhydrat und Phenol bei seinen Untersuchungen über *Spirogyra* an³⁾. Es handelte sich im gegebenen Falle um langsames Töten der Protoplasten, wobei „sehr verschiedene Erscheinungen auftreten können, und bisweilen dabei Organe sichtbar werden, die sonst nicht wahrnehmbar sind“⁴⁾. Bei Anwendung von 10%iger Kalisalpetperlösung ergaben sich abnormale Plasmolysen. Der Zellkern verschob sich hierbei schnell gegen die Zellwand und drang in die darunter liegende Protoplasmaschicht ein. Dabei erfuhr sein Gertist eine sehr wesentliche Veränderung und der Nukleolus verschwand bald spurlos. Vom Kerne blieb schließlich nur ein längliches Bläschen übrig, welches seinem Inhalte nach nicht von dem es umgebenden Protoplasma zu unterscheiden war. Bei Anwendung von 5%, 3%, oder 2½%igen Lösungen kann neben dem Auftreten abnormaler Plasmolysen oft auch noch Ausscheidung des Nukleolus zusammen mit gewissen Teilen des Kerninhalts in das ihn überall umgebende Plasma beobachtet werden. Derartige Erscheinungen sprechen dafür, daß Salpeterlösungen, welche zerstörend auf den Kerninhalt einwirken, dessen Membran nicht angreifen.

1) l. c. p. 405.

2) l. c. p. 406.

3) „Untersuchungen über *Spirogyra*“. Botan. Ztg., Heft VI, 1902.

4) l. c. p. 121.

Ganz andere Resultate ergaben sich bei Anwendung von Chloralhydratlösungen. „Nukleolus und Kerngerüst erfuhren in diesem Falle keinerlei tief eingreifende Veränderungen¹⁾, dagegen traten blasenförmige Aufschwellungen des körnigen, den Zellkern umgebenden Plasmas auf, welche besonders gut geeignet sind zur Beobachtung des Momentes des Verschwindens oder des Erscheinens der Kernwand während des karyokinetischen Prozesses. Außerdem traten infolge der oben erwähnten blasigen Aufschwellungen gewisse Teile des Protoplasmas und zwar besonders die Kernspindel mit außergewöhnlicher Deutlichkeit hervor. „Mittels Chloralhydratlösungen und Lösungen anderer Stoffe kann man um den Kern und auf den Aufhängefäden die Vakuolenwandung sichtbar machen; dieses gilt sowohl für den ruhenden Kern, als für die in Teilung begriffenen Kerne“ sagt der Autor am Schlusse²⁾. Phenollösungen rufen ganz außerordentlich starke Veränderungen in den Kernen hervor, ohne jedoch zugleich in die scharfe Nüancierung des einen oder des andern ihrer Teile einzuwirken, daher sind sie nach v. Wisselingh's Ansicht „von keiner großen Bedeutung bei den karyokinetischen Untersuchungen“³⁾.

Aller Wahrscheinlichkeit nach war es die oben zitierte Arbeit Wasielewsky's, welche Blazek die Veranlassung zu seinen Versuchen über die Wirkungen von Benzoldämpfen auf die Zellteilung gab⁴⁾. Die Wurzelspitzen von *Pisum sativum* wurden der Einwirkung der Benzoldämpfe auf die Dauer von $\frac{1}{2}$ bis zu einer ganzen Stunde ausgesetzt, wobei auf ein Gefäß von 1640 ccm Rauminhalt 0·5 ccm Benzol verwendet wurde. Die Objekte wurden unmittelbar nach der Beendigung des Versuches fixiert. Nach Verlauf einer $\frac{1}{2}$ stündigen Einwirkung verwandelte sich die Achromatinspindel nach den Beobachtungen des Autors in eine körnige Anhäufung, die auch in denjenigen Zellen auftrat, die dem Versuche während einer Zeitdauer von 1 Stunde und länger ausgesetzt wurden. Im letzteren Falle trat aber außerdem noch eine Anomalie in der Gestalt und der Lage der Chromosomen auf, welche sich dann in den meisten Fällen zu einer formlosen Masse vereinigten. Im Cyto-

¹⁾ l. c. p. 123.

²⁾ l. c. p. 137.

³⁾ l. c. p. 126.

⁴⁾ I. Blazek: „Über den Einfluß der Benzoldämpfe auf die pflanzliche Zellteilung“ nach dem Referate im „Botan. Zentralbl.“ Nr. 46, vom Jahre 1902.

plasma wuchsen zu dieser Zeit die Vakuolen zu außerordentlich großen Dimensionen an, wobei sie sogar den Zellkern deformierten. Wenn der Versuch mit dem Unterschiede angestellt wurde, daß die Wurzelspitzen der Einwirkung der Benzoldämpfe von oben genanntem Sättigungsgrade eine halbe Stunde und nach Ablauf dieser Zeit noch weiter exponiert wurden, jedoch bei allmählich herabgemindertem Sättigungsgrade, so ergab sich nach Verlauf einer halben Stunde die Wiederherstellung normaler Spindeln bei gleichzeitigem Verschwinden der körnigen Masse. Dabei zeigten sich jedoch als parallele Erscheinungen verschiedentliche Unregelmäßigkeiten der karyokinetischen Figuren, vor allem ergab sich Multipolarität, ferner bewegten sich die Chromosome nicht gleichzeitig nach den Polen zu, sondern es kamen auch Fälle vor, daß einige von ihnen am Äquator verblieben, oder einen Ring, oder einen Halbring, oder einzelne unregelmäßige Gruppen u. dergl. bildeten.

Bei der Rekonstruktion von uninukleolären Tochterkernen, an deren Bildung sich oft nur einzelne Chromosomen beteiligen, ergaben sich anstatt normaler Bildungen ringförmige, halbringförmige oder sanduhrförmige Kerne. Die Zellscheidewand war mitunter völlig ausgebildet, jedoch kamen auch Fälle vor, daß sie sich zwischen zwei Kernen von ungleicher Größe nicht bildete und dann waren diese zwei oder manchmal auch in größerer Anzahl vorhandenen Kerne in einer und derselben Zelle eingeschlossen. Es kam auch manchmal vor, daß ähnlich, wie solches bei der Bildung von Tetraden geschieht, so auch hier zwischen allen Kernen gleichzeitig die Scheidewände auftraten, wodurch die Mutterzelle in mehrere Tochterzellen geteilt wurde. Setzte man aber Wurzeln mit derartigen Zellen einer $2\frac{1}{2}$ stündigen Einwirkung der reinen Luft aus, so trat Karyogamie ein, unter deren Einfluß sie zum normalen einkernigen Zustand zurückkehrten.

Als Antwort auf die oben näher betrachtete bekannte Arbeit Nathansohn's über *Spirogyra* veröffentlichte C. von Wisselingh in der Botan. Zeitung vom Jahre 1903 ¹⁾ die Resultate seiner fünften Untersuchung über Karyokinese. Seiner Ansicht nach gab jedoch die Nathansohnsche Kulturmethode „sehr unbefriedigende Resultate. Ich konnte wohl eine eigentümliche Abweichungen bei der Karyo-

¹⁾ C. v. Wisselingh: „Über anormale Kernteilung“; Botan. Zeitung., Heft X—XII, 1903.

kinese beobachten, aber Amitosen, von denen Nathansohn und Pfeffer Mitteilung machen, kamen in meinen Ätherkulturen nicht vor“¹⁾. Wisselingh stellte daher außer den Versuchen mit Äther, noch Experimente mit dem von ihm bereits früher angewandten Chloralhydrat an, in Lösungen von $\frac{1}{20}\%$ — $\frac{1}{10}\%$. „Mit Lösungen von solcher Stärke erhielt ich fast immer gute Resultate“, sagt er im Kapitel über die Methodik seiner Untersuchungen. Die Spirogyrafäden verblieben in diesen Lösungen 2 bis 12 Tage lang, einige aber 2, 3 und sogar 4 Wochen. Wenn die Spirogyra dem Versuche nur auf verhältnismäßig kurze Zeitdauer unterzogen wurde, so trat bei der Überführung in frisches Quellwasser bereits nach Verlauf von einigen Tagen wieder die normale karyokinetische Kernteilung ein; wenn das Chloralhydrat längere Zeit einwirken konnte, so ließ auch die Karyokinese entsprechend längere Zeit auf sich warten. — Die zuerst dem Beobachter bei den Versuchen mit Chloralhydrat, sowie auch mit $\frac{1}{2}\%$ igem Äther in die Augen fallende Erscheinung war die Vielkernigkeit der dem Versuche unterworfenen Zellen, d. h. der Stillstand in der Bildung der Zell-scheidewände, oder mit anderen Worten die Konstatierung des Faktums, auf welches uns bereits Demoor seiner Zeit als erster aufmerksam gemacht hat.

Es kommen dabei sehr verschiedenartige Abweichungen vom Typus der Kernteilung vor. Manchmal sind sie ziemlich unbedeutend und äußern sich nur in unregelmäßigem Aufbau der Spindel, in ungewöhnlichen Bewegungen des Kernes u. dergl. — In anderen Fällen sind diese Abweichungen viel stärker, wobei die Tochterkerne sehr voneinander differieren in bezug auf ihre Größe und Struktur, die Heteropolie und die Spindelbildung gänzlich zum Stillstand gebracht wird; die Zellmembran erscheint überhaupt nicht und in den extremsten Fällen wird der Zellkern, obgleich er verschiedene innere Formveränderungen erleidet, keiner Teilung unterworfen. Nach den Worten des Autors „kommen unter dieser... Kategorie von Abweichungen viele vor, die von mehreren anderen Forschern ohne Zweifel als direkte Kernteilungen, Fragmentationen oder Amitosen gedeutet sein würden“²⁾. Die Untersuchung der im Innern des Kernes vor sich gehenden Ver-

¹⁾ l. c. p. 209.

²⁾ l. c. p. 218.

änderungen führten jedoch Wisselingh bei einem derartigen verdächtigen Teilungsmodus zu der Überzeugung, daß „auch die letzt-erwähnten Abweichungen ohne Zweifel als Karyokinesen betrachtet werden müssen“¹⁾. Die hauptsächlichste Begründung zu dieser Behauptung bestand zunächst darin, daß das Kerngerüst, abgesehen von den bedeutenden Abweichungen im Teilungsmodus, „dieselben Veränderungen in der Struktur erleidet, wie bei der normalen Karyokinese“²⁾, ferner darin, daß sogar in Fällen großer Abweichungen vom normalen Typus, sogar bei vollständigem Aufhören der Heteropolie, dann dennoch eine Verdopplung der „Nukleolusfäden“ zu den gewöhnlichen Erscheinungen gehört, ähnlich wie beim normalen Prozesse.

Bei der Nachprüfung der Nathansohn'schen Versuche experimentierte Wisselingh außerdem noch, wie solches bereits oben erwähnt wurde, mit $\frac{1}{2}\%$ iger Ätherlösung. „Alle möglichen Stadien der Kernteilung wurden von mir beobachtet“, sagt er. — „Was die Kernstruktur angeht, zeigte sie nichts abnormales. Auch fand ich viele Tochterkerne, die aneinander lagen, aber keine einzige Beobachtung konnte mit Durchschnürung oder Amitose in Verbindung gebracht werden“³⁾. Die Erklärungen Nathansohns und Pfeffers über die von denselben beobachteten Bilder schreibt Wisselingh „einer großen Lücke in den Beobachtungen“ zu⁴⁾.

Ebenso skeptisch verhält er sich den Beobachtungen von Gerassimoff gegenüber und indem er die Überzeugung ausspricht, daß auch hier die Ursache des Irrtums in ungenügender Beobachtung und falscher Auffassung der bemerkten Beziehungen⁵⁾ zu suchen ist, kommt er schließlich zu der Schlußfolgerung, daß „die bisherigen Untersuchungen nicht ausreichen, um anzunehmen, daß hier bei Spirogyra in der Tat direkte Kernteilungen beobachtet worden sind“⁶⁾.... „Auf Grund meiner früheren Erfahrungen bei *Fritillaria* und *Leucjum* und meinen heutigen bei *Spirogyra* bin ich der Ansicht, daß es sich mehr und mehr zeigen wird, daß viele Kernfiguren, welche den früher als Stadien der Amitose, der Fragmen-

¹⁾ l. c. p. 218.

²⁾ l. c. p. 230.

³⁾ l. c. p. 238.

⁴⁾ l. c. p. 236.

⁵⁾ l. c. p. 239.

⁶⁾ l. c. p. 240.

tation, oder der direkten Teilung beschriebenen ähnlich sind, bei einem abnormalen Verlaufe der Karyokinese entstehen“¹⁾.

Diese Arbeit Wisselingh's rief eine Polemik zwischen diesem und Nathansohn hervor, welche indessen zu keinem Resultat führte, da beide Forscher bei ihrer Meinung verharreten²⁾.

Als eine Bestätigung der Ansicht Nathansohns erschien im Jahre 1903 in den „Acta der kaiserl. St. Petersburger Naturforsch. Gesellschaft“, Band 33, Heft 3, eine Arbeit aus dem Laboratorium Prof. Palladin's von B. K. Sablina. Der Autor, welcher u. a. auch unter Anwendung von Schwefeläther, schwefelsaurem Chinin und Chlorlithium experimentierte, erhielt ganz deutliche Amitosen, außer verschiedenartigen anderweitigen Abweichungen von der normalen Karyokinese. Höchst interessant ist dabei die Bemerkung des Autors, daß „in manchen Fällen der Körper des Zellkerns überhaupt nicht gefärbt erschien“³⁾.

Zur Vervollständigung seiner im Jahre 1903 in den „Jahrb. für wiss. Bot.“ veröffentlichten Arbeit publizierte W. v. Wasielewski in derselben Zeitschrift für 1904 den zweiten Teil seiner Abhandlung⁴⁾, welcher aber an neuen Tatsachen ziemlich arm ist. Neu sind z. B. die durch die Figuren auf Seite 589 erklärten Beobachtungen. Nach den Erklärungen des Autors „haben wir in Fig. 1 oben einen Kern, der in Chromosomen zerfallen ist, ... in Fig. 2 sieht man, daß die Chromosomen sich auseinander bewegen nach den beiden Enden der Zelle hin; in Fig. 3 endlich, daß die Sondernung vollzogen ist und die Tochterkerne sich zu bilden anfangen“. — Die soeben beschriebenen Abnormitäten verdienen, wie wohl bereits jedermann aufgefallen ist, noch aus einem besonderen Grunde unser Interesse. Sie legen ein gewichtiges Zeugnis ab zu gunsten der Anschauung, daß die Chromosomen „Eigenbewegung besitzen“⁵⁾. Neue Versuche mit Chloralhydrat, Verwundungen, Chloroform, Äther etc., auf welche der Autor in seinen früheren Unter-

¹⁾ l. c. p. 241.

²⁾ „Kritische Bemerkungen zu Van Wisselingh's „Über abnormale Kernteilung“ von Alex. Nathansohn — und „Antwort auf die kritischen Bemerkungen von A. Nathansohn“ von C. van Wisselingh“, cf. Bot. Ztg. Nr. 2, 1904.

³⁾ l. c. p. 17.

⁴⁾ „Theoretische und experimentelle Beiträge zur Kenntnis der Amitose“, 2. Abschnitt. — Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 39., Heft 4. — 1904.

⁵⁾ l. c. p. 590.

suchungen Hoffnung setzte, geben indessen keinerlei bestimmte, entscheidende Resultate, was aber die Anschauungen Wasielewsky's keineswegs erschütterte, wie aus folgenden Zitaten hervorgeht: „Wenn man alle Erfahrungen zusammennimmt, die zoologischen wie die botanischen, so erleidet das Problem des Verhältnisses zwischen Amitose und Mitose offenbar eine Verschiebung. Daß die Amitose eine Senilitäts- und Degenerationserscheinung sei, wird nicht mehr behauptet werden können, da, um es noch einmal zu wiederholen, Degeneration auch nach mitotischer Teilung eintreten kann und nach amitotischer keineswegs einzutreten braucht... Wohl aber wird man die Frage aufwerfen können und müssen, weshalb bei der überwiegenden Mehrzahl der Lebewesen-Pflanzen, wie Tiere — die Amitose, obwohl gelegentlich einmal auftretend und durch äußere Eingriffe wieder hervorgerufen, doch normalerweise ganz verschwunden und durch die Mitose ersetzt worden ist?... Ich hatte in meiner ersten Publikation... des weiteren dahin ausgeführt, daß ein Kern einer phanerogamen Pflanze sehr viel mehr Arteeigenschaften zu übertragen habe, als der eines niederen Organismus, deshalb auch bei der Teilung genauer halbiert werden müsse“¹⁾. Bohumil Němec, welcher bezüglich der Erklärung der Abbildungen in der ersten Arbeit Wasielewsky's Zweifel hegte, wiederholte, „um über die Einwirkung des Chloralhydrates auf die Kernteilung aus eigener Erfahrung ein Urteil bilden zu können“ — seine Versuche mit Chloralhydrat und veröffentlichte die Resultate in demselben Bande der Jahrbücher, in welchen die letzten Untersuchungen des eben erwähnten Autors erschienen waren²⁾. Die ersten Versuche wurden mit *Vicia Faba* angestellt, wobei 0.75% Chloralhydrat, dessen Einwirkungsdauer eine halbe oder eine ganze Stunde betrug, zur Anwendung kam. Die Einwirkung desselben auf die unmittelbar nach Beendigung des Versuches fixierten Wurzeln zeigte sich vor allem in der völlig desorganisierten Spindel sowie ferner in der unregelmäßigen Lagerung der ein ganz normales Aussehen besitzenden Chromosomen in Gruppen, deren mehrere manchmal in derselben Zelle vorkamen. Dieser letztere Umstand spricht nach der Ansicht des Autors deutlich da-

¹⁾ l. c. p. 587.

²⁾ Bohumil Němec: „Über die Einwirkung des Chloralhydrates auf die Kern- und Zellteilung“; Jahrb. f. wiss. Bot. 1904, Bd. 39, Heft 4.

für, daß „durch den Einfluß der Chlorallösung zunächst die Bewegung der Chromosomen unregelmäßig, sodann sistiert wird“¹⁾. Dabei können verschiedene anormale Figuren auftreten, welche oft an einen „hantelförmigen Kern“ erinnern. — Die Versuche dieser Serie wurden verschiedenen Variationen in dem Sinne unterworfen, daß die Fixierung entweder, wie bereits oben erwähnt, sofort oder nach Verlauf einiger Zeit vorgenommen wurde, wobei die der Einwirkung des Chloralhydrates ausgesetzten Wurzeln in Wasser von 18° C gewaschen wurden, manchmal auch außerdem noch in feuchten Sägespänen verblieben. — Wurzeln, welche in den letzteren 2 Stunden liegen blieben, besaßen alle Anzeichen einer vollständigen Wiederherstellung der normalen Teilungsprozesse“²⁾. In denjenigen Präparaten, welche den Versuchen auf eine Dauer von 17 Stunden ausgesetzt wurden, konnte eine ganze Reihe von Figuren konstatiert werden, welche stark an das erinnern, was Wasielewsky Stadium der Diatmese genannt hat. — Da nun die Lösung der Frage über ihren Ursprung von besonderer Wichtigkeit war, so stellte der Autor eine zweite Serie von Versuchen auf, wobei abermals 0.75%iges Chloralhydrat angewendet wurde mit darauf folgender einstündiger Waschung in fließendem Wasser und Einbringung des Versuchsmaterials auf mehr oder weniger lange Zeitdauer in Sägespäne. Das Resultat dieses Versuches, welches sich im allgemeinen mit demjenigen des voraufgegangenen deckte, ließ hinsichtlich *Vicia Faba* folgende Schlußfolgerungen zu. Die Chloralisierung sistiert die Kern- und Zellteilung. Im Falle des Auswaschens mit Wasser und der Weiterkultur unter normalen Bedingungen, wird allmählich die Fähigkeit zur normalen Teilung wiederhergestellt, welche jedoch nach Verlauf einer gewissen Zeit abermals verschwindet, um schießlich wieder ihren alten Standpunkt einzunehmen. In beiden Phasen des Stillstandes der normalen Beziehungen ergeben sich zweikernige Zellen, oder Kerne von unregelmäßiger Gestalt, welche oft an die Sanduhrform erinnern. In zweikernigen Zellen sind beide Kerne gewöhnlich nebeneinander gelagert, weshalb sie mitunter den Eindruck diatmetischer Stadien machen³⁾. Viel überzeugender aber bezüglich der Lösung der Frage über die Unmög-

¹⁾ l. c. p. 653.

²⁾ l. c. p. 657.

³⁾ l. c. p. 668.

lichkeit, durch Chloralisation Amitosen hervorzurufen, waren die Versuche des Verfassers mit *Pisum sativum*. An einer ganzen Serie von Wurzelspitzen, welche während einer und derselben Zeitdauer (1 Stunde) chloralisiert, hierauf sorgfältig gewaschen, dann während 1, 3, 5 $\frac{1}{2}$, 17, 20, 27 und 48 Stunden in feuchten Sägespänen gehalten und darauf erst fixiert wurden, verfolgte Némec eine Reihe allmählicher Veränderungen, welche ohne Kenntnis ihrer Genesis sehr leicht für Figuren der einfachen Amitose hätten gehalten werden können. Außer *Vicia* und *Pisum* untersuchte Némec noch die Wurzeln von *Allium cepa*. Auch dieses Objekt zeigte dieselbe Erscheinung wie die vorigen, nämlich daß die Chloralisation auch hier nicht imstande ist, diatmetische Stadien hervorzurufen. Auf Grund aller dieser Untersuchungen bestreitet Némec die Wasielewskischen Schlußfolgerungen und sagt, daß „die vermutlichen Amitosen durch Umänderung von normalen, mitotischen Figuren entstanden sind“... „Alle seine (Wasielewski's) Befunde lassen sich in einem andern Sinne deuten, als er es tut“¹⁾. Er fügt jedoch weiter hinzu, daß diese Ansicht sich nur auf die Versuche mit der Chloralisation bezieht und daß „dadurch natürlich nicht bestritten wird, daß durch andere Faktoren und unter anderen Umständen amitotische Teilungen hervorgerufen werden können“. Hierzu rechnet er die Experimente Nathansohn's. — Bei der Zusammenfassung der Ergebnisse seiner Arbeit hebt Némec folgende Punkte hervor: 1) Die Chloralisation wirkt vor allem desorganisierend auf die Spindel, deren Existenz schon *in vivo* vom Autor stark verteidigt wird. Da mit der Degeneration dieser Spindel auch die normale Auseinanderbewegung der Chromosome nach den Polen zu sistiert wird, so ist es augenscheinlich, daß sie im gegebenen Falle eine bis jetzt noch nicht ganz genau bestimmte, dennoch aber höchst wichtige Rolle spielt, entgegen der Ansicht Fischers. 2) Das Phragmoplast bildet sich nach seinen Schlußfolgerungen völlig getrennt vom Zellkern und kann gänzlich unabhängig von dem letzteren wirken, was besonders deutlich an kernlosen Zellen zu sehen ist. 3) Es kann in den Zellen eine autoregulative Kernverschmelzung von 2, 3, und sogar einer noch größeren Anzahl derselben stattfinden²⁾, wobei im Laufe der Zeit eine Reduktion

¹⁾ l. c. p. 708.

²⁾ Bei dieser Gelegenheit äußert sich der Autor folgendermaßen: „Man könnte

der verdoppelten oder verdreifachten Anzahl der Chromosomen eintritt.

Als Vervollständigung seiner vorangegangenen Beobachtungen und zur Bestätigung der Resultate Nathansohns veröffentlichte Gerassimoff im Jahre 1905 in der „Flora“ (94 Bd.)¹⁾ eine kurze Abhandlung über Ätherkulturen von *Spirogyra* nach den Untersuchungen von den Jahren 1894—97.

Der Autor zieht folgendes Resumé über deren Verlauf: „Also findet in den Ätherkulturen eine tonnenförmige Auftreibung, d. h. ein Dickenwachstum nur in den kernhaltigen Zellen statt; weder die kernlosen Zellen noch die kernlosen Kammern weisen eine solche Auftreibung auf. Daraus muß man schließen, daß der Äther in schwachen Dosen einen gewissen stimulierenden Einfluß eigentlich auf die Zellkerne ausübt: die Verstärkung der Aktivität der Kerne aber ruft ein Dickenwachstum der Zellen hervor. Die Wirkung der erregenden Kerne ist auf diese Weise der Wirkung der vergrößerten Kernmasse analog²⁾. Eine schwache Ätherisierung erhöht die Reizbarkeit der Organismen, beschleunigt die Entwicklung der Knospen, verstärkt überhaupt die Atmung, die Lösung der Stärke, den Stoffwechsel, die synthetischen Prozesse und das Wachstum. Auf Grund der Resultate vorliegender Untersuchung kann man denken, daß auch in allen diesen Fällen die wesentliche Seite und das unmittelbare Resultat der Wirkung des Äthers in der Stimulierung der Zellkerne besteht. Als Folge dieser Stimulierung aber erscheint eine Verstärkung der allgemeinen Lebens-tätigkeit der diese Kerne enthaltenden Zellen“³⁾.

Der Zyklus dieser Arbeiten wird geschlossen durch die Untersuchungen Andrews über *Tradescantia* und *Momordica*, welche im Laboratorium Prof. Pfeffers angestellt wurden und in den „Annals of Botany, Nr. 76, Bd. 19, Jahrg. 1905 publiziert erschienen. Indem der Autor die von ihm gewonnenen Ergebnisse resumiert, sagt er, daß in einprozentiger Äthyl-Ätherlösung der ruhende Zell-

schließen, daß die Fähigkeit zur Kernverschmelzung und zur gesetzmäßigen Modifikation der Chromosomen eigentlich allen normal einkernigen Zellen zukomme, daß aber diese Fähigkeit unter normalen Verhältnissen bloß bei der geschlechtlichen Fortpflanzung sich zu äußern Gelegenheit habe. — l. c. p. 724.

¹⁾ J. J. Gerassimoff: „Ätherkulturen von *Spirogyra*“.

²⁾ l. c. p. 84.

³⁾ l. c. p. 85.

kern die Teilungsfähigkeit verliert. Wenn aber der Kern bereits begonnen hatte, seine Prophasen zu entwickeln, so verlief die Teilung normal sogar in Lösungen von 1, 2, 3, 4, 5 und 6%, wobei sogar auch die Zellscheidewand völlig ausgebildet wurde. Außerdem verlief der ganze Prozeß bedeutend schneller, als beim Kontrollversuch. Erst eine 7% Äthylätherlösung hielt die mitotischen Erscheinungen auf. In derselben Weise äußert sich die Bedeutung des Zellkerns auch bezüglich des Chloroforms. Während der Kern in den Stadien der Anaphase unter der Einwirkung einer halbprozentigen Chloroformlösung in Wasser sich normal teilte, so war er, wenn er sich im Zustand der Ruhe befand, absolut jeder Möglichkeit beraubt, die Mitose überhaupt auch nur anzufangen. Dasselbe wird beobachtet auch bezüglich einer $\frac{1}{4}\%$ oder $\frac{1}{2}\%$ igen Lösung von kohlensaurem Ammoniak.

Bei einer 1%igen Lösung des letzteren findet schon unter keinen Umständen eine Teilung mehr statt. Bei allen erwähnten Versuchen ¹⁾ verlief der Teilungsprozeß stets vermitteltst typischer Mitose.

Den zehnten und letzten Punkt seiner Schlußfolgerungen formuliert der Autor in folgender Weise: Diese Versuche beweisen deutlich, daß im Gegensatze zu den Beobachtungen Demoors der Zellkern unabhängig vom Plasma nicht zur Teilung schreiten kann; wird letzteres getötet oder auch nur zeitweise anästhesiert, so erliegt der Kern demselben Schicksal. Der einzige Grund, warum der Kern länger als das Plasma seine Lebenstätigkeit äußert, liegt in der Notwendigkeit eines gewissen Zeitraumes, welchen das Reagens braucht, um bis zum Kerne vorzudringen.

In derselben Weise kann sich der Kern nicht selbst teilen, wenn das Plasma völlig anästhesiert oder getötet ist, wie es ebenso für beide Grundbestandteile der Energiden unmöglich ist, getrennt voneinander leben, selbst unter den sonst allergünstigsten Existenzbedingungen ²⁾.

Mit dieser Arbeit beschließe ich meine kurze und, wie schon gleich zu Anfang angedeutet wurde, nur in sehr engen Grenzen ³⁾

¹⁾ Außerdem wurden noch verschiedene andere Versuche angestellt, so z. B. mit Temperaturschwankungen mit H, CO₂ u. a. m.

²⁾ l. c. p. 530.

³⁾ Ich folge hier der Einteilung Zimmermanns in seinem bekannten Werke

gehaltene Betrachtung über die Literatur bezüglich des Einflusses der äußeren Bedingungen auf die Pflanzenzelle im allgemeinen und ihre Teilung sowie derjenigen des Zellkerns im besonderen.

II. Eigene Beobachtungen.

Während mir als Ausgangspunkt für die zu vergleichenden Ergebnisse die Methode Wl. I. Belajeff's¹⁾ diene, welcher die Figuren der Karyokinese bei *Larix dahurica* an ins Laboratorium gebrachtem und einige Zeit lang in Wasser bei Zimmertemperatur stehen gelassenem Material erhielt und beobachtete, folgte ich in bezug auf die Art und Weise und die Form der Ätherisierung den Resultaten der Versuche K. Johannsens, welche vom Autor ausführlich in seiner höchst interessanten Broschüre unter dem Titel: „Das Ätherverfahren beim Frühtreiben“, Jena 1900, beschrieben wurden. Ein Teil der mit Knospen von Staubgefäßblüten besetzten Zweigen wurde bei einer Temperatur von $+ 16^{\circ}$ R in einem Gefäß mit Wasser ans Fenster gestellt, die andere, in einem zweiten Gefäße befindliche Partie der Zweige wurde je nach Bedarf zu den Versuchen verwendet. Zu diesen letzteren verwendete ich eine Glasglocke mit einfachen Wänden, von 6 Liter Rauminhalt, deren unterer Rand in die Falze des Untersatzes paßte. Im oberen Teile der Glocke war eine Schale zur Aufnahme von Watte oder eines Schwammes angebracht, welcher mit einer bestimmten Raumquantität Äther getränkt wurde. Hierauf wurde das Gefäß mit den in Ätherwasser getauchten Zweigen möglichst schleunig unter die Glocke gebracht und der Falz, in welchen der Rand der Glocke paßte, wurde mit geschmolzenem Selenka'schen Glaserkitt ausgezogen²⁾. Um ein schnelleres Erkalten des Kittes zu er-

„Die Morphologie und Physiologie des pflanzlichen Zellkerns“; — „Der Einfluß von äußeren Bedingungen auf den Kern“ schließt auch das Kapitel ein: „Der Einfluß verschiedener Chemikalien“.

¹⁾ Diese Methode wurde von Strasburger kontrolliert, wobei die Vergleichung der Figuren der Karyokinese, welche durch das oben angegebene Verfahren erhalten wurden, mit den Figuren von im Freien gesammelten Materiale die völlige Übereinstimmung derselben ergab. „Das Ergebnis lehrte, daß sich im Freien gesammeltes Material in den Teilungsbildern nicht von dem künstlich getriebenen unterscheidet...“ (cf. Ed. Strasburger „Über Reduktionsteilung, Spindelbildung etc.“ Jena 1900).

²⁾ Anfänglich stellte ich zuerst die Glocke auf und hierauf erst führte ich die Verkittung aus; es zeigte sich aber nachher, daß es zweckmäßiger ist, zuerst

zielen, wurde der ganze Apparat vorher in eine Wanne gestellt, in welche nach dem Einbringen des Kittes soviel Wasser gegossen wurde, bis der Untersatz der Glocke gänzlich damit bedeckt war. Das Wasser diente im gegebenen Falle nicht nur zur schleunigeren Erstarrung des Kittes, sondern gestattete zugleich auch sofortige Entdeckung mangelhaft verkitteter Stellen, weil der in Form von Bläschen auf der Oberfläche des Wassers erscheinende Äther nicht nur dem Auge, sondern auch dem Ohre die mangelhafte Dichtigkeit der Verkittung verriet. In dieser Weise wurde der Versuch stets des Morgens angestellt, so konnte ich mich während des Verlaufes von mehreren Stunden überzeugen, ob am Apparate alles in gehöriger Ordnung ist; dabei wurde derselbe stets ans Fenster gestellt, um den ätherisierten Zweigen das nötige Licht zukommen zu lassen.

Die Versuche wurden im Januar und Februar 1904 in zwei Serien angestellt. Bei der ersten aus 3 Versuchen bestehenden Serie entsprach in zwei Versuchen die quantitative Verwendung des Äthers genau dem entsprechenden Rezept Johannsen's, welches im Originale folgendermaßen lautet: „Will man in Wasser stehende Zweige ätherisieren, ... so ist die bedeutende Äthereinsaugung des Wassers zu berücksichtigen, um nicht ganz irreleitende Resultate zu bekommen. Bei Gleichgewicht zwischen Äthergehalt der Luft und Äthersättigungsgrad des Wassers enthält das Wasser pro Liter etwa 22 mal so viel gelösten Äther, als in der Luft pro Liter verdunstet ist. Wünscht man, um gleich ein Beispiel zu geben, ein Zylinderglas, welches 10 Liter faßt, als Ätherisierungsgefäß zu benützen, so genügen etwa 4 gr Äther, um einige trocken eingestellte Zweige zu ätherisieren, also 0.4 gr pro Liter Luft. Befindet sich aber im Gefäß auch Wasser, so wird das nötige Ätherquantum nach der Wassermenge berechnet. So muß auf ein Liter Wasser die 22-fache Äthermenge zugesetzt werden, um im Äthergleichgewicht mit der Luft zu stehen: ein Liter Wasser erfordert also $22 \times 0.4 = 8.8$ gr Äther, die restierenden 9 Liter Luft-raum dagegen $9 \times 0.4 = 3.6$ gr flüssigen Äther, welchen auf ein in

den geschmolzenen und gut erwärmten Glaserkitt in den Falz zu ziehen und erst hierauf den Rand der Glocke in den Falz einzusetzen; dann wurde die Glocke mit einem Gewicht von 1000 gr beschwert.

dem geschlossenen Raume aufgehängtes Schwämmchen oder dergl. zur Verdunstung gebracht wird¹⁾.

Die Zweige von *Larix dahurica*, welche sich im Zustande der Winterruhe befanden, wurden für den ersten Versuch am 11. Januar 1904 gesammelt und sofort in reines Wasser gebracht, unter welchem sie mit sehr scharfem Skalpell beschnitten wurden. Nach Verlauf von 2 Tagen, das ist am 13. Januar 1904 wurden sie in einem Halblitergefäß in Wasser gestellt, welchem ein Quantum von 4.4 gr Äther in einem besonderen Gefäße beigemischt wurde. In die innerhalb der Glocke mit 6 Liter Rauminhalt angebrachte Schale wurde ein Stück Watte gelegt, welche mit 2.4 gr Äther getränkt worden war. Unter diesen Bedingungen verblieben die Zweige 2 Tage lang, von 13.—15. Januar 1904. Nach Beendigung des Versuches wurden die Zweige der Vorschrift Johannsen's entsprechend²⁾ in fließendem Wasser, das eine Temperatur von 4° hatte, gut ausgewaschen. Hierauf wurden sie in reinem Wasser unter der Glocke bei einer Temperatur des Versuches von 16° R = 20° C³⁾ ans Licht gestellt. Nach Verlauf von 3 Tagen, d. i. am 18. Januar, als eine beginnende Veränderung im Aussehen der Knospen konstatiert wurde, wurden drei Stück der letzteren abgeschnitten und in alkoholischer Pikrinsäurelösung (Pikrinsäure 20 gr + 150 cem Alc. absol.) fixiert. Dasselbe geschah am 21. u. 23. Januar mit je 3 Knospen, wobei in den beiden letzten Fällen die Fixierung in alkoholischer Sublimatlösung erfolgte. Jedesmal, wenn die Blüten von den ätherisierten Zweigen fixiert wurden, entnahm ich zur Vergleichung mit ihnen auch von dem besonders aufgestellten Kontrollmaterial, welches in der gleichen Temperatur von 20° gehalten wurde, gleichfalls 2—3 Blütenknospen und unterwarf diese, genau so wie die ersteren, der Fixierung. Dies wiederholte ich auch bei den folgenden Versuchen, und werde dessen daher im nachfolgenden Texte nicht mehr besonders Erwähnung tun.

1) l. c. s. 19 u. 20.

2) „Sobald die Pflanzen aus dem Ätherkasten genommen worden sind, müssen sie gut begossen und bespritzt und gleich zum Treiben gestellt werden“ l. c. p. 22.

3) Die Dosen, welche unten empfohlen werden, haben nur Geltung für eine Temperatur von etwa 17—19° C.

Dem allgemeinen Aussehen nach zeichneten sich die dem Versuche vom 23. Januar 1904 an unterwöfenen Zweige durch Frische und Gesundheit aus; erst am 27. Januar fingen die Nadelbüschel an, gelb zu werden und abzufallen.

Das vermittelt des Mikrotoms in einer Dicke von 1—5 μ geschnittene Material wurde mit Heidenhainschem Eisenhämatoxylin und Orange G oder mit der Erlich-Biondi-Heidenhein'schen „Triazidmischung“ gefärbt. Die Pollenmutterzellen glichen in den ersten Tagen nach dem Versuche mehr oder weniger den Abbildungen in der Arbeit W. Belajeff's vom Jahre 1894¹⁾, d. h. ihr feinkörniges Plasma lagerte sich in den meisten Fällen strahlenförmig um einen sehr großen Zellkern. Innerhalb desselben färbte das Hämatoxylin jedoch nur den sehr großen Nukleolus, während der übrige Inhalt entweder gänzlich ungefärbt blieb, oder das Orange G wurde dadurch in gelbliche Punkteflecken differenziert, welche in der durchsichtigen Masse aufgehängt waren. Der außerordentlich große Nukleolus stellt keine homogene Masse dar, sondern ist immer stark vakuolisiert (Fig. 1, 2 u. 3), wobei sich eine ganze Reihe von Übergangsstufen bis zum völligen Zerfall in mehrere einzelne Teile ergibt. Im Sinne des eben Gesagten ist daher (Fig. 4) besonders interessant, in welcher wir inmitten des durchsichtigen Kerninhaltes 5 Nukleoli sehen, als hingen sie an Protoplasmalfäden, welche von außen in denselben eingedrungen sind. Es kommt jedoch auch vor, daß mit dem Schwund des ursprünglichen Nukleolus diese Produkte zweiten Grades viel zahlreicher auftreten als in dem angeführten Falle, und dann sind sie bedeutend kleiner an Umfang. An einigen Präparaten kann man vorzüglich sehen, wie sich in einem solchen vakuolisierten Nukleolus große kompakte Gruppen abscheiden, welche durch ein äußerst feines Fadengerüst von ähnlicher Färbung miteinander verbunden sind (Fig. 5, 6).

Dieses Bild erinnert sehr stark an die Fig. 2 in der Arbeit von O. Rosenberg²⁾, welche einen ganzen Tochterkern der Pollenmutterzelle bei dem Bastarde von *Drosera rotundifolia* und *D. longifolia* darstellt. Die sich teilenden Zellen, welche in sehr be-

¹⁾ Zur Kenntnis der Karyokinese bei den Pflanzen“. Flora, 1894.

²⁾ O. Rosenberg: „Über Tetradenteilung eines *Drosera*-Bastardes“. Ber. d. D. bot. Ges., Heft I, 1904.

schränkter Anzahl auftreten, enthalten mehr oder weniger anormale Figuren der Karyokinese.

Fig. 7 stellt das Stadium des Muttersternes dar, mit einer sehr bestimmten Anzahl von Chromosomen-Gruppen¹⁾. Am Äquator befinden sich deren 4, links an der Seite hat sich das eine verlaufen, und außerdem lagert das eine wie ein Centrosom am obern Pole der Achromatinspindel. Um diese letztere bildet das sie umgebende Plasma eine Art körnige Sphäre. Dem allgemeinen Charakter der Spindel, der Befestigungsart der Achromatinfäden an den Segmenten, ebenso wie den Umrissen der Chromosomen nach zu urteilen, ist dieses Präparat der Fig. 6 in der oben zitierten Arbeit Belajeffs²⁾ sehr ähnlich, und erinnert ebenso bis zu einem gewissen Grade an die Fig. 70 u. 73 von Němec³⁾. Es kommen aber auch Fälle vor, in welchen das Bild einen noch pathologischeren Charakter zeigt, nämlich wenn die Chromosomen oder Chromosomen-Gruppen, wahrscheinlich infolge ungleichzeitigen Auseinandergehens nach den Polen⁴⁾ zu, sich reihenförmig an der Achromatinspindel entlang lagern, oder wenn sie, in eine Menge von formlosen, unregelmäßigen Stücken — ähnlich wie es auch Blazek beschreibt — zerfallen und sich auf deren ganzen Ausdehnung zerstreuen (Fig. 8, 9). In dem außerordentlich selten zu findenden Stadium der Bildung der 2 Tochterkerne (Fig. 10) ist die Membran, der körnige, in protoplasmatischer Färbung sich darstellende Inhalt und mehrere (4—5) Nukleolen sehr deutlich zu sehen. Beide Zellkerne sind durch Achromatinfäden miteinander verbunden, welche an der Stelle, wo gewöhnlich die Bildung der Zellwand erfolgt, außerordentlich zart sind, d. h. welche vorläufig noch nicht die geringsten Spuren der beginnenden Entstehung dieser Wand zeigen. Übrigens beobachtete ich an demselben Präparate Pollenmutterzellen mit 4 völlig ausge-

1) Da ihre Zahl im Verhältnis zu der normal reduzierten die Hälfte beträgt, so sind sie vierwertig; um jedoch durch die Bezeichnung „vierwertige Chromosomen“ zu keinem Mißverständnis Anlaß zu geben, bediene ich mich der obenstehenden: „Chromosomengruppe“.

2) „Zur Kenntnis der Karyokinese bei den Pflanzen“; Flora 1894.

3) Über die Einwirkung des Chloralhydrates etc.“ (cf. zit. in d. lit. Einleitung dieser Arbeit).

4) Derartige Figuren werden, wie ich mich persönlich an den Präparaten von Prof. Němec überzeugen konnte, normal angetroffen — wenn ich nicht irre — bei der wiederholten Kernteilung der Pollenmutterzellen von *Larix sibirica*.

bildeten Tochterkernen, welche nebeneinander gelagert waren (Fig. 11). Nach den Resultaten zu urteilen, welche mit den von Belajeff¹⁾ erhaltenen Ergebnissen zusammengefaßt werden, ergibt sich auf diese Weise, daß Äther in der oben angeführten Dosis 1) entweder irgend einen besonderen Zustand des Chromatins in den Kernen hervorruft, so daß infolgedessen dasselbe gar nicht gefärbt wird, was besonders deutlich bei der Anwendung des Heidenhein'schen Hämatoxylin hervortritt, oder aber auf dessen Konzentrierung einwirkt, ausschließlich in Form von Nukleolen;

2) daß er hemmend auf den regulären Verlauf der Karyokinese einwirkt, d. h. auf die Stellungsveränderung und das Auseinandergehen der Chromosomen, von dem Vorhandensein der Achromatinspindel ganz abgesehen;

3) daß er der normalen Bildung der Zellplatte hinderlich ist, wie solches der eben angeführte Fall von dem Vorkommen von 4 Zellkernen beweist.

Nach der Photographie Nr. 7 und der Abb. Nr. 8 zu urteilen, zeigt sich die Einwirkung des Äthers auch bei der numerischen Reduktion der Chromosomen, was schon Némec für seine Versuche bemerkt hat. Auf Grund der Untersuchungsergebnisse von Belajeff²⁾, Strasburger³⁾, Overton⁴⁾ und Iuel⁵⁾ ist es bekannt, daß die Anzahl der Chromosomen in den Pollenmutterzellen ebenso wie in den Archegonien von *Larix* 12 beträgt, d. h. auf die Hälfte reduziert ist, im Vergleich mit deren Anzahl in den Kernen des vegetativen Gewebes. Die von mir obenerwähnten Präparate zeigten trotz sorgfältigsten Nachzählens deren nur sechs, also folglich die Hälfte der normalen, gewöhnlichen Anzahl. Im gegebenen Falle ist jedoch

¹⁾ Obgleich ich Kontrollmaterial zu meiner Verfügung hatte, so habe ich dennoch in Anbetracht dessen, daß die Ergebnisse W. Belajeffs, wie oben erwähnt, durch die sowohl im Laboratorium, als auch im Freien angestellten Untersuchungen Strasburgers bestätigt wurden, sie als Grundlage für meine vergleichenden Zusammenstellungen angenommen, da ich die Anfertigung einer solchen bereits bestätigten Serie von Schnitten im gegebenen Falle für überflüssig hielt.

²⁾ l. c.

³⁾ Strasburger: Hist. Beitr. „Über d. Verhalt. d. Pollens u. d. Befruchtungsvorgänge bei d. Gymnospermen“. Jena 1892.

⁴⁾ Overton: „Über die Reduktion der Chromosomen in d. Kernen d. Pflanzen“, Vierteljahrsschrift d. Naturf.-Gesellsch., Bd. 38, 1893.

⁵⁾ Iuel: „Beiträge zur Kenntnis der Tetradenteilung“. Jahrb. f. wiss. Bot., 1900, Bd. 35.

diese Verringerung durch den unmittelbaren Einfluß des Äthers hervorgerufen worden, während bei Némec sich 2 Kerne unter der Einwirkung von 0.75 % Chloralhydrat zunächst zu einem einzigen verschmelzen und dann erst, nach Verlauf einer Reihe von Teilungen sich autoregulativ ihre Zahl auf die Hälfte verringert, (d. h. „es kommt dabei eine Reduktion der Chromosomen vor“).

Das Material vom 21. u. 23. Januar zeigte, daß das von der Zellmembran zurücktretende Plasma stark vakuolisiert war und daß die kleinen Kerne von unregelmäßiger Gestalt mit einem körnigen Inhalte mit mehreren winzigen Nukleolen angefüllt waren. Überhaupt war sofort ersichtlich, daß man es mit völlig desorganisierten und absterbenden Zellen zu tun hatte, während das Kontrollmaterial der korrespondierenden Tage völlig abgerundete Pollenkörner mit einer oder auch zwei abgetrennten Zellen des männlichen Prothalliums enthielt. Das Innere der Staubgefäße entsprach daher im gegebenen Momente nicht der äußeren Ansicht der Benadelung, welche bis zum 27. Januar durch ihr frisches Grün und gesundes Aussehen ins Auge fiel.

Nach Beendigung des ersten Versuches wurden dem erhaltenen Material zwei Zweige entnommen, an denen die Knospen am wenigsten entwickelt waren, und genau denselben Bedingungen unterworfen, wie beim vorhergehenden Versuche. Der einzige Unterschied bestand in der längeren Zeitdauer der Versuchsperiode; während sie nämlich bei der ersteren im ganzen 2 Tage dauerte, wurde jetzt ein Tag hinzugeführt, d. h. der Versuch dauerte vom 15. Januar 1903 bis zum 18. Januar 1904. Man könnte vielleicht fragen, warum kein Versuch von 24 stündiger Dauer angestellt wurde. Ich richtete mich aber in diesem Falle nach den Weisungen Johannsens bezüglich der „Dauer der Ätherisierung“, welcher dabei zur Erreichung der günstigsten Resultate eine 48 stündige Versuchsdauer empfiehlt. „Gewöhnlich wird es am passendsten sein, den Ätherdampf 48 Stunden einwirken zu lassen. Im Anfang der Nachruhe, sowie in der Vorruhe (bei Flieder) kann 72 Stunden Wirkungszeit nützlich sein“ (p. 18). Dieses Zitat diente mir als Vorschrift bei der Festsetzung der Zeitdauer der ersten Versuche,

denn die vom Autor erhaltenen Tatsachen sprachen dafür, daß nur die vom ihm bestimmte Quantität des Narkotikums und die Zeitdauer der Narkose nicht nur nicht schädlich auf die nachfolgende Entwicklung der Knospen einwirkt, sondern im Gegenteile sie zu schnellerer und kräftigerer Entwicklung anreizt.

Sofort nachdem die Glasglocke aufgehoben wurde, fixierte ich 2 Staubgefäßknospen in alkoholischer Pikrinsäurelösung, um mich zu überzeugen, in welchem Zustande sich der Inhalt der Pollenester befindet.

Es ergab sich, daß die Pollenmutterzellen sich darin in großer Anzahl vorfanden und keinerlei Anzeichen irgendwelcher Desorganisierung zu finden waren. Das grobkörnige Plasma füllte die ganze Zelle völlig aus, wobei es nirgends von der Membran zurückgetreten erschien. Der sich weder mit Orange G noch mit Hämatoxylin färbende Inhalt des Zellkerns war hauptsächlich an dessen von einer feinen Membran umgebenen Peripherie angehäuft und sendete zarte, sich untereinander verwebende Fäden von gleicher körniger Beschaffenheit wie der Kerninhalt selbst nach dem Nukleolus aus, welcher zwar stark vakuolisiert erschien, sich aber nicht durch auffallende Größe auszeichnete.

Bereits am folgenden Tage veränderte sich das Bild (Präparate vom 19. Januar 1904). Um den im gegebenen Momente meistens nur eine einzige runde zentrale Vakuole einschließenden Nukleolus herum beginnen sich im Orange G stark gefärbte Körnchen anzuhäufen, welche ihn in sehr gleichmäßiger Weise von allen Seiten gleichsam bekleiden. Der Nukleolus nimmt von Tag zu Tag stark an Größe zu, die Vakuolisierung verschwindet ebenso wie die ihn umgebende körnige Masse, und im Innern des Kernes erscheinen allmählich zusammenhängende, ungefärbte Fäden, welche sich zu einem unregelmäßigen Netz vereinigen, in welches hie und da mit Eisenhämatoxylin intensiv schwarz gefärbte Chromatinkörner eingelagert zu sehen sind (Fig. 12).

Nach Verlauf von einiger Zeit (Präparate vom 21. Januar 1904), nach dem Verschwinden der Kernmembran, des Nukleolus und der netzartigen Struktur des Zellkernes sind in dem homogenen, körnigen Inhalte desselben nur noch bald kurze dicke, bald gebogene Chromosomen-Gruppen sichtbar, welche, besonders in ersterer Gestalt, lebhaft an eine normale Diakinese bei Monokotylen und an die Rosenberg'schen Figuren erinnern, die eine numeri-

sche Reduktion des Chromatins darstellen¹⁾ (Fig. 13, 14, 15 u. 16). In gewissen Fällen sind die einzelnen Gruppen so scharf und deutlich sichtbar, daß deren Anzahl ohne jede Schwierigkeit genau festgestellt werden konnte, nämlich 6, d. h. ihre Zahl ist in bezug auf ihre normale Anzahl genau ebenso auf die Hälfte reduziert, wie solches in gleicher Weise bei unserem ersten Versuche der Fall war. Teilungsfiguren kommen vorläufig in noch sehr geringer Zahl vor, obgleich hie und da welche anzutreffen sind, aber bereits nach zwei Tagen (Präparate vom 23. Januar 1904) wächst ihre Anzahl außerordentlich rasch.

Die Karyokinese trägt hier nur ausnahmsweise, in zwei oder drei Fällen unter mehreren hundert, ein mehr oder weniger normales Aussehen (Fig. 16), wenn wir die geringe Entwicklung und die abgerundete Form der Chromatinsegmente und eine gewisse geringe Zahl von Spindelfäden, welche fast alle ohne Ausnahme sich um die 4 in der Schnittfläche sichtbaren Segmente²⁾ anhäufen, in Betracht ziehen. Zu den mehr regulären Fällen muß auch Fig. 17 gerechnet werden, welche das Stadium des Auseinandergehens der Chromosomen der äußerst regelmäßig gebildeten, zweipoligen Spindel darstellt.

In den meisten Fällen aber zeigt die Mitose, obgleich sie alle Charakterzüge einer heterotypischen Teilung beibehält, dennoch eine Menge äußerst interessanter Abweichungen von der Norm. So zeigt z. B. Fig. 17 einen Mutterstern mit Chromosomen, welche im Begriff sind, auseinanderzugehen. Eine Gruppe davon lagert sich wieder ähnlich so, wie es in Fig. 7 dargestellt ist, an einem der Pole der Achromatinspindel, deren Fäden sich sehr schön abzeichnen, und dabei ist deutlich sichtbar, wie sie, zu mehreren vereint, an der einen und der andern Seite jedes Chromatinsegmentes befestigt sind. Ein derartiges Bild sehen wir in Photogr. No. 18. Aber trotz des sorgfältigsten Suchens nach Figuren, welche dem Texte und den

¹⁾ Von derselben Erscheinung spricht augenscheinlich auch Häcker in seiner Arbeit „Mitosen im Gefolge amitosenähnlicher Vorgänge“. (Anat. Anzeig. 1900. 17.) „Zwischen Spirem und Aster schiebt sich ein Stadium ein, das die Chromatin-elemente in lockerer Verteilung im Kernraume und daher schon eine vollkommene Trennung der Spalthälften zeigt“. Zitiert nach dem Referate von Correns in der Bot. Zeitg., Nr. 18, 1900.

²⁾ Ich könnte in der gegebenen Zelle mit völliger Genauigkeit 10 Chromatinsegmente zählen.

Abbildungen W. Belajeffs entsprechen würden, und welche die Bildung dieser Spindel mittelst ihrer Lagerung in einem besonderen, den Kern umgebenden Zentrum, oder solchen Plasma-Zentren¹⁾ erklären könnten, gelang es mir nicht, derartige Figuren zu finden. Obwohl ich eine Menge unregelmäßig begrenzter Kerne (Fig. 19) mit und ohne Membran, ähnlich wie in den Fig. 4, 13 und 14 der Belajeff'schen Arbeit beobachtet habe, so war es mir dennoch niemals gelungen, die Entstehung der Spindel außerhalb derselben zu bemerken. Ich halte es für möglich, diese Tatsache durch die Einwirkung des Äthers auf das Plasma der Zelle zu erklären. Unter dem Einflusse der Ätherisierung konzentriert sich augenscheinlich der ganze Vorgang der Spindelbildung ausschließlich innerhalb der Kernsubstanz. Allerdings kommen einzelne Zellen vor (Fig. 20), welche nach dem allgemeinen Charakter der Spindel bis zu einem gewissen Grade an die oben erwähnte Fig. 13 erinnern, allein eine detailliertere Untersuchung derartiger Objekte brachte mich zu der Überzeugung, daß es sich in unserem Fall um eine multipolare Spindel von intranukleolarer Herkunft handelt, weil man ihre allgemeinen Konturen im Inhalte des letzteren zu einer Zeit verfolgen konnte, während welcher er noch von der Kernmembran umgeben war. Es kommt aber auch vor, daß trotz der normal entwickelten Spindel die Chromosomen oder Chromosomen-Gruppen sich vielfach an ihr entlang lagern, d. h. ähnlich wie es Fig. 8 des ersten Versuches darstellt (Fig. 21, 22). Ein derartiges Verhältnis der Chromosomen zu der Achromatinspindel scheint die Ansichten von Némec zu bestätigen, welcher sagt, daß „das Erscheinen der achromatischen bipolaren Spindel ein Symptom von Vorgängen in der Zelle wäre, welche die Bewegung der Chromosomen zustande brachte, ohne daß jedoch die Spindel diese Bewegung bewirkt. Daß die Spindelfasern und speziell die sogenannten Mantelfasern nicht die Bewegung der Chromosomen bewirken müssen, scheint mir daraus hervorzugehen, daß bei zahlreichen dikotylen Pflanzen die Nukleolen ebensolche Bewegungen ausführen, wie später die Chromosomen, ohne daß sie mit achromatischen Fasern verbunden wären“²⁾.

¹⁾ „...außerhalb des Kerns, dessen Umrisse noch erhalten waren, aus einem im Plasma gelegenen Knoten ein Fasernbündel entspringt, und in den Kern dringt“ (Fig. 12). — l. c. p. 9.

²⁾ l. c. s. 713.

Den stärksten Fall der unterdrückenden Einwirkung des Äthers zeigen uns Fig. 23, 24, 25, wobei die Segmente ohne jede bestimmte Ordnung inmitten des körnigen Plasmas der Zelle liegen, in welcher keine Spur von einer Spindel vorhanden ist, oder wie z. B. in Fig. 25, wo kaum schwache Andeutungen davon in Form von einigen protoplasmatischen fadenförmigen Anhäufungen in der Richtung von dem großen F — förmigen Chromosom zur Membran der Pollenmutterzelle zu bemerken sind. Im allgemeinen machen diese Bilder den Eindruck, als wenn sich die Chromosomen in den Zellen ziellos umherbewegen würden.

Zu den, so zu sagen, weniger verzerrten Bildern muß daher Photogr. 26 gerechnet werden; hier liegen in der Mitte der Zelle ohne irgendwelche Spuren von einer Spindel, als wenn sie im Moment des Muttersternes festgehalten worden wären, dicke, lange, gleichsam zusammengebogene und in der Art von Stricken geflochtene Chromosomen; diese ähneln sehr den Strasburgerschen Figuren, welche die Reduktionsteilung bei *Lilium*, *Allium* oder *Podophyllum* ¹⁾ darstellen, sowie auch den Darstellungen K. Miake's über die Reduktionsteilung bei den Monokotyledonen in seiner letzten Arbeit vom Jahre 1905 ²⁾.

Wenn uns derartige Figuren gleich in den ersten Tagen nach Beendigung des Versuches vorgekommen wären, so würden wir zweifellos annehmen, daß wir es mit einer Atrophie der vorhandenen Spindel zu tun haben, als einer Folgeerscheinung der Chloroformierung, wie solches von Némec in seinen Versuchen nachgewiesen wurde. In diesem Falle aber, nach Verlauf einiger Tage nach dem Versuche, bleibt nur eine einzige Ansicht über die Bedeutung dieser Tatsache möglich, nämlich die Unmöglichkeit, überhaupt eine Spindel zu bilden in Anbetracht der hemmenden Wirkung des Äthers, welche sich gerade in dieser Richtung besonders stark äußert. Wenn jedoch die Kernteilung sich so oder anders vollzogen hat, so bildet sich aber in den meisten Fällen die Zellscheidewand nicht, sondern im Innern der Mutterzelle liegen vier Kerne, welche von einer gemeinschaftlichen Membran umschlossen sind und miteinander durch körnige Fäden des sie umgebenden Plasmas verbunden sind. Dabei ist die Lagerung dieser 4 Kerne eine sehr regelmäßige, kreuzförmige, wie solches Fig. 27 darstellt.

¹⁾ „Über Reduktionsteilung, Spindelbildung etc. im Pflanzenreiche“. Jena 1900.

²⁾ Jahrb. f. wiss. Bot. 42. Bd. Heft 1905.

In stärker plasmolysierten Zellen zieht sich der Kern nach der Oberfläche des im Inneren der Zellmembran zusammengezogenen Plasmas zurück und bildet dort in geringer Anzahl Chromosomen, welche untereinander durch feine Achromatinfäden verbunden sind (Fig. 28).

Allgemein gesagt, äußerte sich das Resultat dieses Versuches in einer Unterdrückung der Tätigkeit des Plasmas, welches, vergleichsweise wieder von den Resultaten der Arbeiten W. Belajeffs ausgehend, augenscheinlich unfähig ist, einen Impuls zur Spindelbildung zu geben; die bi- oder multipolare Spindel entsteht daher im Kerninnern, und nach dem Schwund der Kernmembran dringt sie, oder besser gesagt, fließt sie gewissermaßen mit ihren Enden in die körnige Plasmamasse der Zelle hinein. Wenn die Einwirkung des Äthers so stark ist, daß überhaupt keine Spindelbildung stattfindet, so verlieren auch die Chromosomen die Fähigkeit sich zu gliedern und auseinanderzugehen, sondern lagern sich in einer oder auch in mehreren Gruppen, mitunter auch einzeln (Fig. 24) inmitten des dichtkörnigen Plasmas der Zelle, mit welchem der ganze übrige Kerninhalt zu einer Masse zusammenschmilzt. Mitunter kommen einzelne Fälle normaler Karyokinese vor, und manchmal wird die Bildung der Zellplatte bis zum Ende durchgeführt; so habe ich, beiläufig gesagt, Pollenmutterzellen gefunden, welche in 4 Pollenkörner geteilt waren. Es sind dies jedoch Ausnahmefälle. Im allgemeinen sind die Zellen en masse unter den obenangeführten Bedingungen hierzu nicht fähig und in den meisten Fällen endete der ganze Vorgang mit der Bildung von 4 Kernen, welche von einer gemeinschaftlichen Membran der Pollenmutterzelle umschlossen wurden¹⁾.

Der III Versuch mit einem der Zweige, welche seit dem 11. Jan.

¹⁾ Vielleicht erscheint es sonderbar, daß ich bei der Besprechung der 4 Kerne, die aus der ursprünglichen Pollenmutterzelle hervorgegangen sind, der zweiten Teilung derselben gar keine Erwähnung tue.

Ich hielt es aber für notwendig, von der Publizierung der Ätherisierungs-Resultate in der angegebenen Richtung in Anbetracht der noch nicht genügend bearbeiteten Erforschung des normalen Verlaufes der Teilung der Tochterkerne von Larix Abstand zu nehmen.

Es erschien mir dies um so ratsamer und sogar notwendig, da über diesem Thema, wie ich erfuhr, Prof. Němec arbeitet. Mit Resultaten seiner Untersuchungen Vergleichen zu machen, wird das Richtigere sein und ich hoffe darüber in nächster Zeit berichten zu können.

1904 in Wasser standen, wurde wie die vorhergehenden am 19. Jan. 1904 angestellt. Anstatt Äther kam jedoch Chloroform zur Anwendung und zwar wurde ein Stück Watte mit 4 ccm getränkt und auf ein Uhrglas gebracht. Das Wasser mit den Larixzweigen blieb ganz rein infolge der geringen Löslichkeit des Chloroforms in demselben (1:0,07). Nach Verlauf von 24 Stunden, also am 20. Jan. 1904, wurden die Zweige eine Stunde lang in fließendem Wasser von 40° R. gewaschen und darauf wiederum unter den vorherigen Bedingungen abermals auf 24 Stunden der Chloroformierung unterworfen, worauf nach Beendigung des Versuches, am 21. Jan. 1904¹⁾ ein wiederholtes Auswaschen wie vorher stattfand. Das Resultat des Versuches zeigte sich bereits in dem äußeren Aussehen der Knospen. Sie sahen kränklich und verschrumpft aus, die Staubgefäße waren von gelbgrüner Farbe und beim Anfühlen fiel sofort das Fehlen jeglichen Turgors der Gewebe auf. Das Material wurde sofort nach Beendigung des Versuches (am 21. Jan. 1904) in alkoholischer Sublimatlösung fixiert, ebenso wie auch dasjenige, welches derselben Behandlung nach zwei Tagen (23. Jan. 1904) unterworfen wurde und zeigte nach vorgenommener Schneidung und Färbung eine völlige Plasmolyse nicht nur in den Pollenmutterzellen und deren Produkten, sondern auch ausnahmslos in allen Zellen der Wände der Pollensäcke. Der plasmatische Inhalt aller Zellen lag entweder in der Mitte oder irgendwo an der Seite der Zelle in Form eines kleinen, stark vakuolisierten Knäuels. Irgend welche Veränderungen im Kerne, im Nukleolus, in den Teilungsfiguren etc. konnte ich im gegebenen Falle bei diesem Versuche wegen der eben erwähnten außergewöhnlich starken Plasmolysierung des Zellinhaltes nicht beobachten.

In der Absicht, die Einwirkung des Äthers noch weiter zu verfolgen, d. h. bei der Bildung der Zellen des Prothalliums, der antheridialen und der embryonalen Zellen des Pollenkornes, nahm ich eine gewisse Anzahl frischer Zweige, stellte sie ins Wasser und unterwarf einen Teil derselben nach Verlauf einiger Tage genau nach der vorher angewendeten Methode der Ätherisierung. In Anbetracht dessen aber, daß dies in den vorherigen Versuchen nach den Vorschriften Johannsens angewendete Quantum Äther eine allzu

¹⁾ Der Versuch dauerte 48 Stunden, gleichfalls nach den Anweisungen Johannsens.

sehr zerstörende Wirkung auf den Verlauf der Mitose ausübte und es zu keiner normalen Bildung des Pollenkorns kommen ließ, wurde dieselbe auf die Hälfte herabgesetzt, mit andern Worten, auf 6 Liter Luft wurden 2 ccm Äther genommen; in das Wasser des $\frac{1}{2}$ Liter fassenden Gefäßes, in welchem das Versuchsmaterial stand, wurden nur 3·1 ccm Äther gegossen. Nach Verlauf von 24 Stunden (vom 18. Febr. bis 19. Febr. 1904) wurde der Versuch beendet und die hierauf sorgfältig in Wasser gewaschenen Zweige unter eine Glasglocke bei voller Belichtung und einer Temperatur von 16° R. ans Fenster gestellt. In der Zeit vom 20. Febr. 1904 bis zum 27. Febr. 1904 wurden täglich nach der gewöhnlichen Methode 2 bis 3 Knospen fixiert.

An den Präparaten des geschnittenen Materials fiel sofort die Tatsache einer, so zu sagen, ununterbrochenen Zellteilung in die Augen. Die Sache verhält sich nämlich so, daß bei dem Kontrollmaterial nach meinen Beobachtungen zwischen den Teilungen der Pollenmutterzelle in 4 neue einerseits, und dem Beginne der Bildung des Prothalliums im Pollen andererseits eine gewisse Pause eintritt. Die Teilung der Pollenmutterzelle in 4 neue Zellen vollzieht sich außerordentlich rasch, darauf folgt die Trennung der neu gebildeten Elemente voneinander und hierauf erfolgt, während ihrer weiteren Abrundung, erst nach Verlauf eines gewissen Ruhezeitraumes, die Bildung des Vorkerms. Bei der Ätherisierung hingegen schreiten die 4 Produkte der Pollenmutterzelle, ohne sich zu trennen, fast gleichzeitig zur Bildung dieses letzteren, wobei seine Formierung stets in einer und derselben Richtung, nämlich nach dem Zentrum dieser 4-zelligen Gruppe zu, vor sich geht (fig. 29).

Um nun die Einwirkung des Äthers auf den zur Prothalliumbildung schreitenden Zellkern richtig schätzen zu können, bemühte ich mich zunächst am nichtätherisierten Material den Unterschied zwischen den Kernen der Pollenmutterzellen und deren Produkten aufzuklären. Die Verschiedenheit im Bau der Kerne der Zellen, welche die Prothallien bilden, einerseits und im Bau des Kernes der Pollenmutterzellen andererseits fällt sofort in die Augen, weil der Kerninhalt der erstern in Form eines anfänglich sehr zarten Netzes erscheint, welches aber später immer dicker und dicker wird (fig. 30). Das Gerüst des Netzes selbst färbt sich ziemlich schwach, dagegen färben sich die in seinen Knotenpunkten lagernden Körner, deren Anzahl ab-, deren Umfang aber zunimmt, sehr

intensiv mit allen möglichen Farben. Außer ihnen bemerkt man noch ein oder zwei nicht besonders große, mehr oder weniger vakuolisierte Nukleoli. Mit einem Worte, das Bild erinnert im allgemeinen an dasjenige, welches in Fig. 12 des vorhergehenden Versuches dargestellt ist und welches uns meiner Ansicht nach die Wiederherstellung normaler, der Bildung der Overton'schen „Prochromosomen“¹⁾ vorangehender Beziehungen im Kerne der Pollenmutterzelle zeigt. Der Kerninhalt nimmt allmählich die Gestalt eines körnigen Bandes an, welches seinem allgemeinen Charakter nach in die Fig. 47, 47, 49, 50 und 51 und ganz besonders an Fig. 173 der bereits weiter oben zitierten Arbeit Strasburgers²⁾, ebenso wie an Fig. 15, wie sie K. Mijake in seiner letzten Arbeit über Reduktionsteilung gibt³⁾, erinnert. Der Kern tritt nun in die Mitose ein, deren einzelne Stadien sehr schnell aufeinanderfolgen. Es bilden sich zwei halbmondförmige, kleine, im Laufe der Zeit gänzlich zusammenschrumpfende Zellen und zwei größere, von welchen letzteren die eine in der andern eingebettet ist (Fig. 31).

Während der ganzen Zeit dieser vier Teilungen behält der Kern seinen gleichartigen Charakter, d. h. die Chromatinsegmente zerstreuen sich sofort nach ihrem Auseinandergehen nach den Pollenkörnern in die sie zunächst in Form eines regelmäßigen Bandes verbindende Zwischensubstanz, welche hernach ein die einzelnen Chromatinkörner (Pangenosomen) verbindendes Netzgerüst bildet. Wenn die zwei großen Zellen bereits gebildet sind, dann nimmt zwar der Umfang der Kerne ab, sie schrumpfen gewissermaßen zusammen, ihre netzartige Struktur bleibt aber nichtsdestoweniger völlig deutlich sichtbar. Vergleicht man diese Resultate mit den Ergebnissen der Spezialarbeit Belajeffs und Strasburgers, so ergibt sich daraus bezüglich der Pollenmutterzellen ein großer Unterschied. Dieser Unterschied tritt noch deutlicher und schärfer hervor, wenn wir die völlige Regelmäßigkeit im Bau der Zellkerne des vorliegenden Versuches mit dem Bau der Kerne der Pollenmutterzellen der vorhergehenden Serie vergleichen. Ich sage, daß er schärfer hervortritt, weil bei Belajeff außer dem großen Nukleolus eine gewisse Körnigkeit sichtbar ist, welche von den an der Peripherie des Kerns lagernden

¹⁾ Jahrb. für wiss. Botan. Bd. 42. 1905.

²⁾ „Über Reduktionsteilung etc.“ I. c.

³⁾ „Über Reduktionsteilung etc.“ cf. Jahrb. für wiss. Bot. 1905. Bd. 42.

Chromatingruppen abhängig ist, von welcher letzteren jede später den Anfang zu je einem Chromatinsegmente liefert, — während bei meinen ätherisierten und chloroformierten Zellen die ganze, mit Hämatoxylin oder irgend einen andern Chromatin entwickelndem Farbstoff tingierte Substanz des Zellkernes sich im Nukleolus anhäuft, sein ganzer übriger Inhalt hingegen sich entweder gar nicht färbt (cf. Fig. 4), oder, ähnlich wie das Zellplasma, wenn es der diffusen Wirkung von Orange G, wie oben erwähnt, unterworfen wird, gelbliche Körner bildet, die ohne jegliche bestimmte Ordnung in dem ganzen Raume zerstreut sind (Fig. 2 und 3). Wenn man aber die ätherisierten Kerne der Pollenmutterzellen der ersten Serie meiner Versuche mit den ätherisierten Kernen des Materials der andern Serie, d. h. mit den entstandenen Zellen vergleicht, so verschwindet der Unterschied zwischen den Kernen, er gleicht sich aus, weil das Narkotikum augenscheinlich die Eigentümlichkeit und den Bau der Kernsubstanz zerstört. Dies erfolgt deshalb, weil es sich in denselben in Gestalt von Fetzen oder Körnerchen verteilt, welche unter dem Einflusse von Eisenhämatoxylin oder von Delafield'schen Hämatoxylin und von Orange G sich ähnlich färben, wie extranukleoläres Plasma. Hierbei ist jedoch zu bemerken, daß in den Präparaten ungefähr die Hälfte der Kerne dem Einflusse des Äthers widerstand und eine den oben beschriebenen nichtätherisierten Zellen charakteristische Struktur beibehielt. Bei den Schnitten des Materials vom 25., 26. und 27. Februar zeigte die Mehrzahl der aus den Pollenmutterzellen hervorgegangenen Vierergruppen in allen Gonen je zwei kleine Zellen des Prothalliums und je zwei andere größere. Dies spricht augenscheinlich dafür, daß in dieser Richtung die Einwirkung des Äthers in der von mir angewendeten Menge dem normalen Verlaufe des Prozesses keinerlei wesentliche Hindernisse bereitet, abgesehen von zeitweisen Abweichungen in der innern Struktur einiger Kerne und einer starken Vakuolisierung, welche man in den ersten Momenten unmittelbar nach Beendigung der direkten Einwirkung des Äthers beobachtet.

Höchst interessant bezüglich der achromatischen Spindel sind die Bilder (ähnlich wie Fig. 32) da hier neben den zusammengeschrumpften Prothalliumzellen außerordentlich deutlich zwei Kerne sichtbar sind, welche für die antheridiale und die embryonale Zellen bestimmt sind.

Diese Kerne sind bereits mit Nukleolen versehen, aber außerdem

ist die Spindel, aus welcher die Zellplatte entsteht, fast ganz deutlich sichtbar. Derartige Bilder sind sowohl den ätherisierten als auch den nichtätherisierten Zellen eigentümlich. Hieraus geht deutlich hervor, daß obgleich der Nukleolus an der Bildung der Zentralspindel beteiligt ist, wie es Strasburger auf Grund seiner Färbungsergebnisse behauptet¹⁾, so ist doch diese Beteiligung sehr gering²⁾; weit eher könnte man ihm die Bildung der Mantelfasern oder Verbindungsfäden zuschreiben, deren Kontraktion nach der Ansicht Strasburgers das Auseinandergehen der Chromosomen zu den Pollen bedingt. Allgemein gesagt, muß die Spindelbildung, meiner Ansicht nach, in Übereinstimmung mit den Beobachtungen Belajeffs teilweise der Beteiligung der Kerne, teilweise aber derjenigen des Kinoplasmas zugeschrieben werden, ohne jedoch eine allzu enge Beziehung zwischen dem Erscheinen und dem Verschwinden der Nukleolen anzunehmen³⁾.

Wenn wir die Ergebnisse der Arbeit Belajeffs über *Larix*, welche auch von Strasburgers Untersuchungen bestätigt werden, zum Ausgangspunkt für die Vergleichung der sich in den Gonen voll-

¹⁾ „Die zentralen Spindelfasern bei *Larix* gehen ausschließlich aus dem Zellkerne hervor und werden in erster Linie die Nukleolen bei der Bildung der Spindelfasern verwandt“. Zitiert aus Zimmermann: „Morphologie & Phylogenie des Zellkernes“. 1896.

²⁾ Hiefür sprechen auch die Versuche von Némec; bei ihm bildet sich die Verbindungsspindel „Phragmoplast“ sogar einfach im Plasma, ohne jede Beteiligung der Kerne: „Ich habe bei *Allium* Gebilde beobachtet, welche ganz frei im Cytoplasma sich befanden, ohne irgend welche Beziehungen zu den Kernen aufzuweisen. Ich schließe aus meinen Beobachtungen, daß die Phragmoplasten topographisch unabhängig vom Kerne entstehen und auch fungieren können“. l. c. pag. 718.

³⁾ In seiner Arbeit vom Jahre 1900 „Über Reduktionsteilung etc.“ führt Strasburger weiter aus, indem er sagt: „Meine Beobachtungen sprechen auch jetzt noch dafür, daß das Kinoplasma durch Aufnahme von Nukleolarsubstanz aktiviert wird... das Wiederauftreten der Nukleolen in den Kernen beginnt andererseits, wenn die Spindelfasern ihre Aufgabe vollendet haben und die Verbindungsfäden sich rückzubilden beginnen“. Bei meinen Präparaten kann man eine solche enge Abhängigkeit nur sehr schwer, oder eigentlich gar nicht zugeben. Dieselbe Auffassung behält Strasburger auch in seiner letzten Arbeit vom Jahre 1905 (Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 45) bei. Auf Seite 33 sagt er: „Eine Beziehung der Nukleolen zu der Spindel anzunehmen, lag von Anfang an nahe, da man die Nukleolen in auffälliger Weise schwinden sah, während die Spindelfasern auftraten, Spindelfasern u. Verbindungsfäden aber Substanzmengen für ihre Bildung verlangten, für welche eine andere nachweisbare Quelle nicht vorhanden war“.

ziehenden Teilung einerseits und den Teilungen der Gonotokonten andererseits nehmen, so ist zu bemerken, daß im letzteren Falle die Dicke der Chromosome ebenso wie deren kreuzförmige, während des Stadiums des Muttersternes häufig vorkommende Gestalt, mit einem Worte, der heterotypische Charakter der Mitose besonders in die Augen fällt, während im ersteren Falle die Segmente lang und dünn sind; auch konnte ich im Augenblicke der oben erwähnten Phase nicht ein einziges Mal Figuren beobachten, welche den von Belajeff in Fig. 7, 16 oder 17 dargestellten Bildern entsprachen, viel eher erinnerten sie in bezug auf Lage und Aussehen an Fig. 219 in dem „botanischen Praktikum“.

Sie sind außerordentlich dünn und unregelmäßig zusammengebogen, d. h. der eine Schenkel ist kleiner, als der andere, wobei beim Zurückweichen nach den Pollen zu sehr genau und deutlich zu sehen war, wie dieser große Schenkel sich nach den Polen zuwendet, während der kleinere noch in der Äquatorialebene verbleibt (fig. 33).

Derartige Tatsachen sprechen dafür, daß unter dem Einflusse einer geringeren Ätherquantität die Reduktions- und die Äquationsteilungen sich, wie solches allgemein angenommen wird ¹⁾, während des Teilungsprozesses der Pollenmutterzellen in 4 neue stattfindet und daß folglich hier keinerlei Abweichungen bemerkbar sind.

Wenn wir die Ergebnisse dieses Versuchs resumieren, so gelangen wir zu der Schlußfolgerung, daß die Einwirkung des Äthers sich nur in der Störung der Ruheperiode äußert, welche nach der Teilung der Pollenmutterzelle in 4 Tochterzellen eintritt. Manchmal treten allerdings hierbei Abweichungen auf in der innern Struktur der die Prothallien bildenden Kerne, aber diese Abweichungen sind unbedeutend und von kurzer Zeitdauer und hindern absolut nicht

¹⁾ C. Correns ist jedoch anderer Anschauung in bezug auf die Pollenbildung, und zwar auf Grund seiner Versuche an Bastarden zwischen dem gewöhnlichen, rotblühenden *Epilobium angustifolium* und einer weißblühenden Abart. Sie sehen ganz wie die rotblühende Stammform aus, die Pollenkörner sind alle gleichmäßig graugrün wie bei jener; weiße Pollenkörner dagegen, wie sie bei der anderen Stammform angetroffen werden, finden sich gar nicht darunter. Träte die Spaltung schon bei der Teilung der Pollenmutterzellen ein, so wäre zu erwarten, daß die Bastardpollenkörner zu 50% graugrün, zu 50% weiß wären. Gregor Mendels „Versuche über Pflanzen-Hybriden und die Bestätigung ihrer Ergebnisse durch die neuesten Untersuchungen“; Botan. Zeitung; No 15, II. Abt. 1900 p. 231.

die normale Reife des Pollenkernes in der Form, wie er von Strasburger¹⁾ und Belajeff²⁾ beschrieben wird.

Wenn der Versuch unter genau gleichen Bedingungen wie der vorige angestellt, jedoch auf eine Zeitdauer von 48 Stunden, d. h. auf eine doppelt so lange Zeit ausgedehnt wird, so ergibt sich zunächst eine längere Dauer der Untätigkeit der ätherisierten „Gonen“. Die Teilung tritt dann erst am 5. Tage nach Beendigung des Versuches ein, während sie im vorhergehenden Versuche bereits am dritten oder sogar am zweiten Tage stattfindet³⁾. Außerdem treten sie nur vereinzelt auf, als wenn die Zellen in den meisten Fällen die Fähigkeit verloren hätten, aus dieser schon gar zu lange andauernden Lethargie zu erwachen. Aber auch dieses Erwachen, wenn es überhaupt stattfindet, ist nur von kurzer Dauer, denn bereits am folgenden Tage kann keine Teilung mehr nachgewiesen werden und von Tag zu Tag plasmolysieren sich die Zellen immer mehr und mehr und ihr Inhalt vakuolisiert sich unverhältnismäßig stark, bis schließlich in den meisten Fällen eine völlige Desorganisation der Zellen eintritt, nachdem diese kaum Zeit gehabt haben, — und auch dies nur ausnahmsweise — eine der Zellen des Vorkeimes zu bilden.

Der Bau der ruhenden und der wenigen Kerne, welche in die Phase der Teilung eintreten, oder darin begriffen sind, ist ganz analog der bereits für den vorherigen Versuch gegebenen Beschreibung. Diese Ähnlichkeit fällt besonders stark in die Augen, wenn wir es mit dem Mutterstern zu tun haben, welcher genau dieselbe Figur bildet, wie sie uns in Abb. 33 veranschaulicht wird. Die Kerne behalten sogar noch dort, wo das sie umgebende Plasma bereits ein völliges Vakuolennetz darstellt, eine mehr oder weniger normale Struktur, was auf ihre größere Widerstandsfähigkeit gegen Äther hinweist, im Vergleich zu dem sie umgebenden übrigen Zellinhalte.

¹⁾ Strasburger: „Histolog. Beitr.“, 1892. Heft 4, p.

²⁾ Belajeff: „Zur Lehre von dem Pollenschlauche der Gymnospermen“ Ber. d. D. Bot. Ges. 1893, Bd. XI. Heft. 3.

³⁾ Die Zweige standen vom 22. Febr. 1904 bis zum 24. Febr. 1904 im Gefäß in Wasser, in welches auf ein $\frac{1}{2}$ Liter 3·1 cem Äther geschüttet worden war; die Watte in der Glocke (von 6 Liter Rauminhalt) wurde mit 2 cem Äther getränkt.

Die letzte Versuchs-Serie wurde mit einer noch geringeren Äthermenge angestellt. Auf ein Gefäß von $\frac{1}{2}$ Liter Wasserinhalt wurden im ganzen nur 1·5 cem Äther genommen, die Watte aber, welche sich in der Schale der Glasglocke von 6 Liter Rauminhalt befand, wurde nur mit 1 cem Äther getränkt. Der erste Versuch dieser Kategorie dauerte vom 18. bis zum 19. Febr. 1904. Wie schon aus der Zusammenstellung der Ziffern ersichtlich ist, wurden die Versuche 3 und 5 gleichzeitig und mit gleichwertigem Material angestellt; dadurch wurde eine befriedigende Zusammenstellung und Beurteilung der Resultate ermöglicht. Im Gegensatze zu dem, was wir bei Versuch 3 bemerkten, weichen die entstandenen Pollenmutterzellen im gegebenen Falle meistens sofort nach ihrer definitiven Formierung auseinander und es beginnt bereits am andern Tage, ganz besonders aber am dritten Tage nach ihrer Befreiung von der unmittelbaren Einwirkung des Äthers, eine überaus reichliche Bildung der Zellen des Prothalliums. Es kommen zwar auch einzelne sich teilende Vierergruppen vor, aber im allgemeinen ist eine solche Erscheinung verhältnismäßig selten.

Von anderen Eigenheiten ist besonders zu erwähnen die stets in ausgezeichneter Weise stattfindende Bildung der Achromatinspindel, deren klare Deutlichkeit und scharfe Konturen so stark hervortreten, wie man es in so hohem Grade, wenn nicht sogar in noch höherem Grade¹⁾ (Fig. 34), nur bei nichtätherisierten Zellen bemerken kann. Die beobachteten Bilder sind der Fig. 120 von Némec ähnlich²⁾, welche abgesehen von der schematisierten Zeichnung doch vollständig klares Verständnis ihres Charakters ermöglicht. Hierzu ist jedoch zu bemerken, daß dem Beginn der zur Bildung der Zellen des Prothalliums führenden Karyokinese eine starke aber schnell vorübergehende Vakuolisierung des Plasmas vorangeht. Am fünften Tage nach Beendigung des Versuches, mitten im vollen Gange des Teilungsprozesses, sind alle Zellen schon mehr oder weniger gleichmäßig ziemlich schwach (Fig. 36) oder sogar überhaupt nicht vakuolisiert (Fig. 34, 35). Irgend welche Unregelmäßigkeiten oder Abweichungen vom normalen Verlaufe der Karyokinese hier zu bemerken, gelang nicht und die Bildung des Vorkeimes

¹⁾ Max Koernicke: „Über die Wirkung von Röntgen- und Radiumstrahlen auf pflanzliche Gewebe und Zellen“.

²⁾ W Nemeč, l. c.

und noch zweier Zellen, der „antheridialen“ und der „embryonalen“ geht bereits am fünften Tage zu Ende und vollzieht sich in vollem Umfange ohne irgendwelche wahrnehmbare Hindernisse.

Wird aber die Einwirkung einer solchen Äthermenge, wie sie für den vorherigen Versuch angegeben war, noch längere Zeit fortgesetzt, z. B. auf die Dauer von 72 Stunden, so schreiten die aus der Pollenmutterzelle hervorgegangenen Vierergruppen fast gar nicht zur Teilung und ihr schon gleich zu Anfang stark vakuolisierter Inhalt wird immer mehr und mehr plasmolysiert und ist bereits einige Tage nach dem Versuche völlig desorganisiert.

Wenn ich die Resultate meiner oben näher beschriebenen Versuche zusammenstelle, so ist es vorher nötig, sie in drei Gruppen einzuteilen, und zwar:

1) Versuche mit den Pollenmutterzellen, d. h. mit den „Gonokonten“, deren Ätherisierung bei der gleichen Äthermenge, aber mit verschiedener Zeitdauer erfolgte.

2) Versuche mit den Produkten der Pollenmutterzellen, d. h. mit den „Gonen“, bei der gleichen Äthermenge (die aber um die Hälfte geringer war als die in den voraufgegangenen Fällen verwendete) und der Einwirkung desselben während verschiedener Zeitdauer, und

3) Versuche mit verschiedener Zeitdauer der Ätherisierung bei gleichen Mengen des Narkotikums, die aber noch um die Hälfte geringer sind als in den vorigen Versuchen.

Eine besondere Stellung nimmt der resultatlose Versuch mit Chloroform ein. Wie hieraus zu ersehen ist, bestand der Unterschied zwischen den Versuchs-Serien in der verwendeten Äthermenge und außerdem differierte die erste von den beiden andern auch noch durch das Material, an welchem der Versuch vollzogen wurde. Im ersteren Falle wurden die Pollenmutterzellen der Einwirkung des Äthers unterworfen, in den letzteren beiden Fällen deren Produkte.

Für die erste Gruppe ergab sich, daß, wenn die Ätherisierung sowohl in Bezug auf Zeitdauer, wie auch auf die Quantität des Narkotikums dem Recepte Johannsens entsprach, die von dem genannten Autor empfohlene Äthermenge fast ganz gleiche Folgen nach sich zog, abgesehen von dem Unterschiede in der Zeitdauer seiner Einwirkung. Sowohl bei 48 stündiger, als auch bei 72 stün-

diger Einwirkung wird sehr häufig eine numerische Reduktion der Segmente der Chromosomen hervorgerufen, denn deren Anzahl verringert sich bis auf 6, während nach Belajeff und anderen Autoren deren normalerweise 12 vorhanden sein sollen.

In ähnlicher Weise beobachtete auch V. Häcker¹⁾ die direkte Einwirkung des Äthers, indem der Autor auf Seite 795 seiner Arbeit sagt: „Es wird also durch Ätherisierung des Cyclops-Eies die nämliche Umformung der Chromosomen erreicht, welche auch in malignen Tumoren beobachtet worden ist, nämlich die Rückbildung des somatischen Teilungsmodus²⁾ in den heterotypischen“³⁾. Am Ende seiner Abhandlung stellt der Autor mit besonderer Betonung die Frage allgemeinen Charakters auf, „ob nicht das Auftreten der heterotypischen Teilungsformen als eine unmittelbare Reaktion auf bestimmte Klassen von Reizen aufzufassen ist?“⁴⁾.

Nach meinem Dafürhalten können meine Beobachtungen an *Larix* als einer der bestätigenden Faktoren angesehen werden, welche zu gunsten der oben zitierten Vermutung sprechen.

Die Achromatinspindel wird sowohl im ersten, wie auch im zweiten Versuche, auf intranukleolarem Wege gebildet, weil, wie es scheint, das Plasma zu stark in Wesen und Struktur angegriffen wird, worauf meiner Ansicht nach auch die Abwesenheit der Vakuolisierung, welche für die folgenden Versuche so charakteristisch ist, hinweist.

Die Spindel erscheint im allgemeinen schwach angedeutet, und in den äußersten Fällen kommt es überhaupt nicht zu ihrer Bildung; dann sind die Chromosomen-Gruppen ohne jede bestimmte Ordnung gruppiert. Aber auch da, wo sie völlig gut ausgebildet erscheint, macht sich ein ungleichmäßiges regelloses Auseinanderweichen der Chromosomennach den Pollen zu bemerkbar, was zum Teil als Bestätigung für die Ansichten von Fischer und von Némec dienen kann, wonach diese beiden Erscheinungen als zwei gleichzeitig auftretende, aber voneinander unabhängige betrachtet werden müssen,

¹⁾ „Über die in malignen Neubildungen auftretenden heterotypischen Teilungsbilder“. V. Häcker, Biol. Zentralbl. 1904 No. 24. B. 24.

²⁾ Aus der auf Seite 790 gegebenen Erklärung ist ersichtlich, daß im gegebenen Falle zugleich auch eine numerische Reduktion stattfindet, d. h. genau dieselbe Erscheinung, wie auch in meinen Versuchen.

³⁾ l. c. p. 795.

⁴⁾ l. c. p. 795.

wenn uns nicht das Vorhandensein der Fäden, welche an den einzelnen Chromosomen befestigt sind, zu Bedenken Veranlassung gäbe.

Was die Zellscheidewände anbetrifft, so sind diese nicht imstande sich zu formieren, und dieser Umstand führt zum Erscheinen der 4 nuklearen Pollenmutterzellen und bestätigt die Annahme, daß das Plasma eine weit größere Empfindlichkeit gegen die Einwirkungen des Narkotikums besitzt, als der Zellkern. In gegebenen Falle also stimmt diese Tatsache mit den Ergebnissen Demoors überein, widerspricht aber den Meinungen Nathansohns und Wasielewskys, welche den Kern für viel empfindlicher hinsichtlich der Einwirkung von Chemikalien ansehen, als das Plasma.

Für die zweite Versuchs-Serie, bei welcher die Einwirkung des Äthers 48 Stunden dauerte, ergab sich das Resultat, daß im allgemeinen die Zellen die Fähigkeit zu weiterer normaler Entwicklung einbüßen. Ihr Plasma entzieht sich der Vakuolisierung nicht, sondern wird vielmehr einer solchen immer mehr und mehr unterworfen und abgesehen davon, daß der Kern morphologisch dem Kern von nichtätherisierten Zellen ähnlich ist, so beginnt er trotzdem nur ausnahmsweise die Teilung, während in der weitaus überwiegenden Mehrzahl von Fällen der ganze Inhalt der Zellen allmählich atrophiert wird, was sich in seiner immer mehr und mehr zunehmenden Vakuolisierung äußert.

Wenn dagegen die Einwirkung des Äthers nicht länger als 24 Stunden dauert, so ergibt sich ein ganz anderes Resultat. Es tritt allerdings auch hier Vakuolisierung im ersten Moment nach der Einwirkung auf; gerade so wie bei einer 48 stündigen Einwirkung des Narkotikums verliert die Chromatinsubstanz des Zellkernes zeitweise die Fähigkeit, durch die für sie allgemein angewendeten Färbemittel tingiert zu werden, aber dies sind vorübergehende Einwirkungen, die Zellen erholen sich davon sehr schnell und die Teilung beginnt mit neuer Energie in durchaus normaler und regelmäßiger Weise, ohne jede Ruheperiode, welche die Formierung der 4 Gonen trennt von der Bildung der Prothalliumzellen, die innerhalb der ersteren stattfindet, sowie derjenigen einer antheridialen und einer embryonalen Zelle erfolgt.

Als eine hierbei besonders auffallende Erscheinung ist die scharfe Bildung der Spindel hervorzuheben, an welcher meiner Ansicht nach, sowohl der Zellkern als auch das Plasma beteiligt ist.

Bei der dritten Serie verhält es sich gerade so wie bei der zweiten Serie, denn sogar bei einer im Vergleich mit dem Recepte Johannsens sehr geringen Ätherdosis, wenn gleichzeitig die Einwirkung des Narkotikums allzu lange (z. B. 72 Stunden) angedauert hat, kehren die Zellen nicht mehr in ihren normalen Zustand zurück, die Vakuolisierung verschwindet nicht, sondern nimmt im Gegenteil noch zu. Überhaupt war in diesem Fall das Resultat das gleiche wie bei 48 stündiger Einwirkung des Narkotikums bei doppelter Quantität desselben.

Nach Verlauf von 24 Stunden trennen sich die Gonen voneinander, ganz wie unter normalen Bedingungen und schreiten dabei aber auch sogleich, ohne jede für nichtätherisierte Zellen so charakteristische Unterbrechung, zur regelrechten Bildung der Zellen des Prothalliums und darauf zur Bildung der übrigen dem fertigen Pollenkorn von *Larix* eigenen Zellen, nachdem die Vakuolisierung des Plasmas gänzlich verschwunden ist.

Endlich habe ich noch folgende allgemeine, aus dem Vorhergesagtem sich ergebende Schlußfolgerung hinzuzufügen:

1) Die auf die Ergebnisse der Nathansohnschen und Wasielewskischen Untersuchungen gegründete Hoffnung, vermittelt der Ätherisierung Figuren der Amitose oder auch nur Stadien zu erhalten, welche wenigstens einigermaßen an amitotische Figuren erinnern, erwies sich als gänzlich unerfüllbar. Aus einer großen Menge von verschiedenartigen Abweichungen von der normalen Mitose zeigte nicht eine einzige auch nur die geringste Andeutung einer einfachen Einschnürung des Zellkerns.

2) Der Zustand der der Ätherisierung unterworfenen Zellen ist auf Grund der obigen Ausführungen von entscheidendem Einfluß auf das Resultat des Versuches.

In den Pollenmutterzellen findet bei 24 cem Äther in einem 6 Litergefäß und 44 cem in Wasser noch eine Teilung der Kerne statt, während die Hälfte dieser Äthermenge nach derselben Zeitdauer die Gonen bereits der Teilungsfähigkeit beraubt.

3) Eine zeitweilige Vakuolisierung erscheint als ein charakteristisches Anzeichen für die Empfindlichkeit des lebenden Plasmas gegen die Einwirkung des Äthers, wie solches auch von Demoor, Němec und Blazek bestätigt wird. Tritt Vakuolisierung nicht ein, so kann dies bis zu einem gewissen Grade als Beweis für das Vor-

handensein von bereits sehr starken Veränderungen innerhalb des Plasmas dienen, welche durch Einwirkung von allzugroßen Äthermengen hervorgerufen wurden, wie z. B. in den ersten Versuchen, wo das Plasma schon überhaupt nicht mehr zur Spindelbildung fähig erschien.

4) Die Einwirkung des Äthers äußert sich auch in der numerischen Reduktion der Chromatin-Segmente in den Gonotokonten.

5) Der Äther nimmt der Chromatinsubstanz des Zellkerns zeitweise, mit Ausnahme des Nukleolus, die Fähigkeit, sich zu färben.

6) Der Zellkern zeigt sich bezüglich der Einwirkung des Narkotikums widerstandsfähiger, als das Plasma,

7) Es ist wahrscheinlich, daß das Rezept Johannsens, welches für *Syringa* gute Resultate liefert, keine allzu allgemeine Anwendung finden kann, soviel man wenigstens nach der Bildung des Pollens bei *Larix* urteilen darf.

Zum Schlusse sei es mir gestattet, eine mich schon längst interessierende Frage zu berühren. Bereits Wasielewski sprach sich dafür aus, daß der Nukleolus für mehr als für ein großes Chromatinkorn angesehen werden muß, daß er ein „Organ“ des Zellkernes darstellt. Wenn dem wirklich so ist, wenn er wirklich etwas noch Höheres als ein Chromatinkorn darstellt, wenn er wirklich, wie es Went und Farmer beobachtet haben, unmittelbaren Anteil am Aufbau der Chromosomen nimmt, wenn er „direkt von den Chromosomen aufgenommen wird“, wie das Zimmermann mit den oben zitierten Autoren schlußfolgert¹⁾, kann man dann nicht in ihm den Sammelpunkt eben derjenigen Träger der Charaktermerkmale des Organismus erblicken, welche vom phylogenetischen Standpunkt aus die ältesten und wesentlichsten sind, und einander daher am meisten belasten, folglich auch nicht einer solchen räumlichen Ausbreitung unterworfen sind, wie solche Boveri und nach ihm Hugo de Vries für unentbehrlich halten. Der letztgenannte Verfasser sagt: „Das Ziel der Verlängerung (— der einzelnen Chromosome —) ist... offenbar eine Erlösung der Erbschaftsträger aus jener dichtgedrängten Anhäufung; ihre Aufgabe ist es, die Lebensverrichtungen der Zelle zu beherrschen und zu leiten und dazu müssen sie in möglichst ungehinderte Berührung mit dem Körper-

¹⁾ cf. Zimmermann: „Morphol. u. Physiolog. d. pflanzlichen Zellkerns“.

plasma treten. Eine reihenweise Anordnung, wenigstens derjenigen Träger, welche in Aktivität treten müssen, ist dafür die Bedingung und diese wird offenbar durch die Verlängerung der Fäden und die Knäuelbildung angestrebt“. (cf. „Befruchtung und Bastardierung“ von Hugo de Vries; 1903 p. 23.).

Hiefür spricht auch, wie mir scheint, die Rolle des Nukleolus bei den niederen Organismen¹⁾ und der allmählich an Kompliziertheit immer mehr zunehmende Aufbau des Zellkernes bei den höheren Vertretern des Pflanzenreiches²⁾.

Erklärung der Abbildungen. (Näheres im Texte).

Fig. 1, 2, 3. Drei aufeinander folgende Phasen der allmählichen Vakuolisierung und des Zerfallens des Nukleolus. — Photogr. Obj. Zeiss; Homog. Im. Ap. 1. 40. Ok. Mikrometer 8.

Fig. 4. Kern mit 5 Nukleolen. — Photogr. Obj. Zeiss; Homog. Im. Ap. 1. 40; Ok. Mikrometer 8.

Fig. 5, 6. Zerfallender Nukleolus. — Gezeichnet. Homog. Im. $\frac{1}{12}$ Reichert; Mikrometer 6.

Fig. 7. Monaster mit reduzierter Chromosomenanzahl. — Photogr. Obj. Zeiss, Homog. Im. Ap. 1. 40. Ok. Mikrometer 8.

Fig. 8, 9. Unregelmäßige Figuren der Karyokinese. Gezeichnet. Obj. Reichert No 7^a, Okular Mikrometer No 6.

Fig. 10. Zwei Tochterkerne im Innern der Pollenmutterzelle. — Photogr. Obj. Zeiss DD. Okular Mikrometer 8.

Fig. 11. Pollenmutterzelle mit 4 Kernen. — Gezeichnet. Obj. Reichert 7^a Okular Mikrometer 6.

Fig. 12. Pollenmutterzelle, einige Tage nach der Einwirkung des Äthers. — Photogr. Obj. Zeiss. Homog. Im. Ap. 1. 4. Komp. Ok. 4.

Fig. 13, 14, 15. Pollenmutterzelle mit reduzierter Chromosomenzahl. — Photogr. Obj. Zeiss. Homog. Im. Ap. 1. 40. Komp. Ok. 4.

Fig. 16, 17. Monast. mit reduzierter Chromosomenanzahl. — Photogr. Obj. Zeiss DD. Ok. Mikrometer 6.

Fig. 18. Unregelmäßiger Mutterstern. — Photogr. Obj. Zeiss DD. Ok. Mikrometer 6.

Fig. 19. Pollenmutterzelle. — Gezeichnet mit Obj. Zeiss E., Okular Mikrometer No 6.

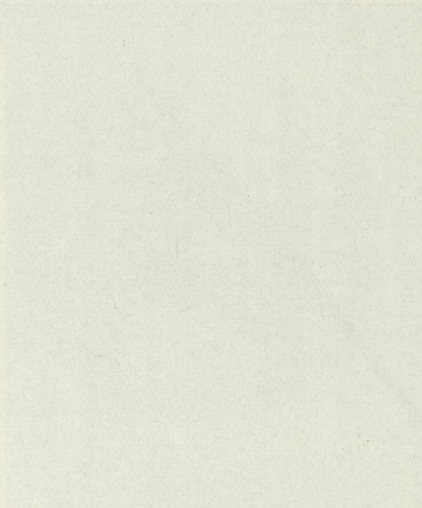
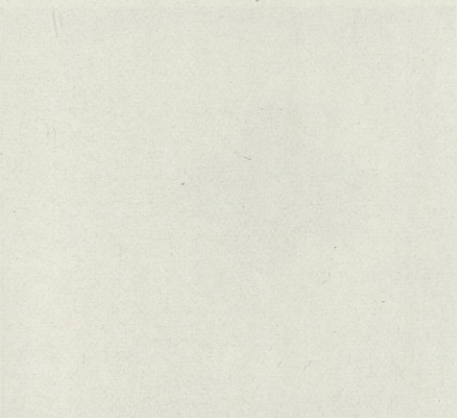
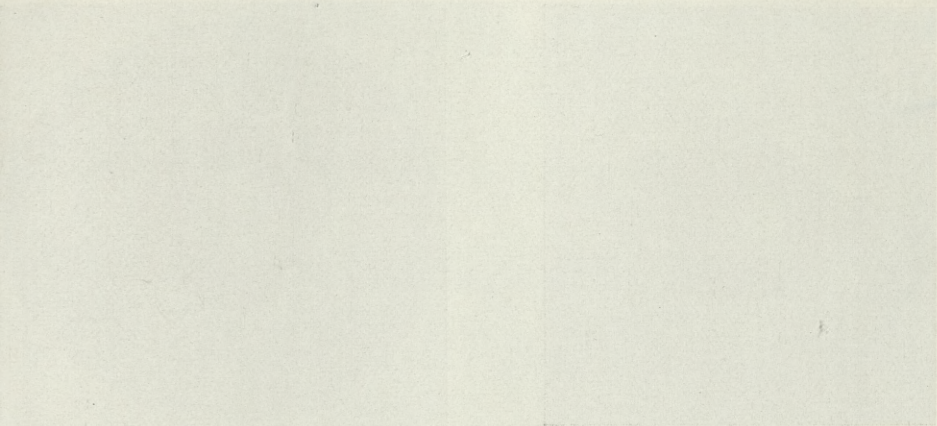
Fig. 20. Unregelmäßiges Auseinanderweichen der Chromosomen nach den Polen der intranukleolar entstandenen Spindel. — Photogr. Obj. Zeiss DD. Ok. Mikrometer 6.

Fig. 21. Desgl. — Gezeichnet Obj. Reichert 7^a, Ok. Mikrometer 6.

Fig. 22. Desgl. — Photogr. Obj. Zeiss DD., Ok. Mikrometer 6.

¹⁾ cf. C. van Wisselingh: „Über Kernteilung bei Spirogyra“; Flora 1900.

²⁾ Vergl. die Arbeit Wagers in „Ann. d. Bot.“, Bd. XVIII. 1904.



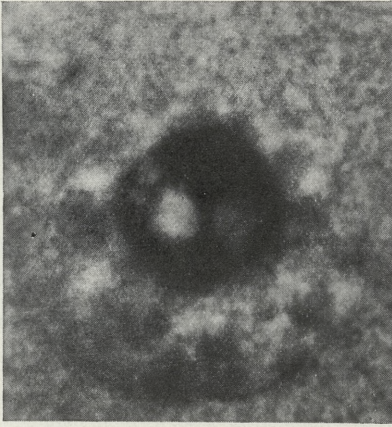


Fig. 1.

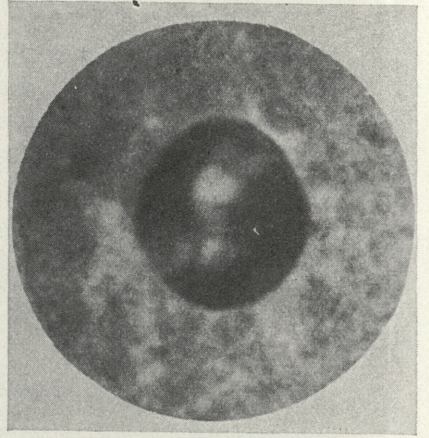


Fig. 2.

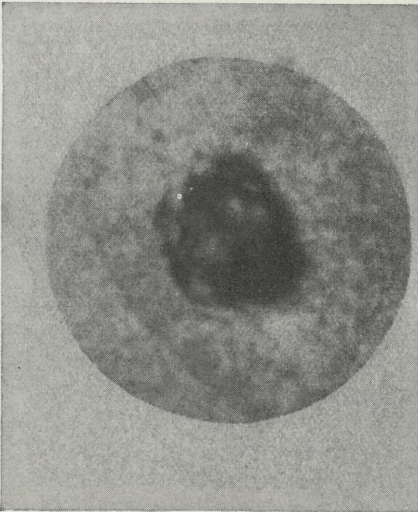


Fig 3.

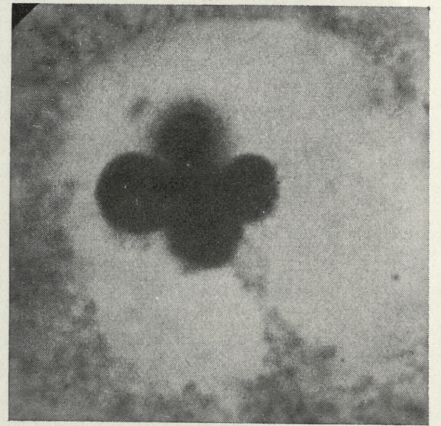


Fig. 4.

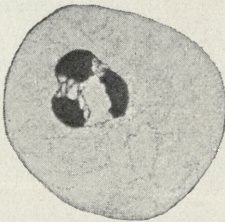


Fig. 5.

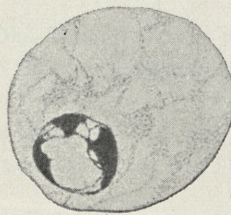


Fig. 6.

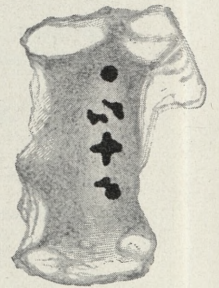


Fig. 8.

Z. Wójcicki.

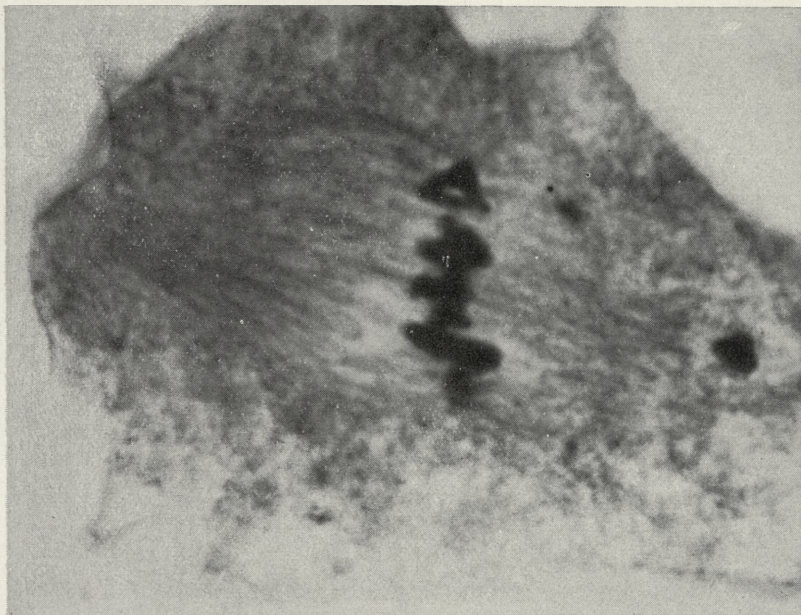


Fig. 7.



Fig. 9.

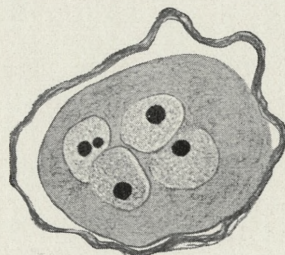


Fig. 11.

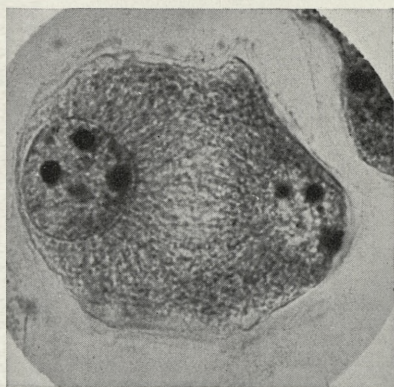


Fig. 10.

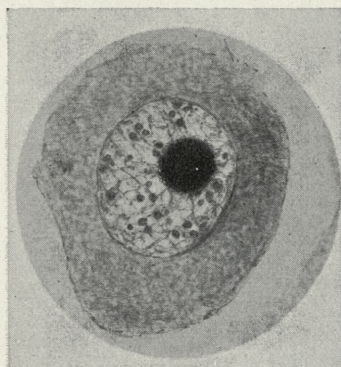


Fig. 12.

1918. 11



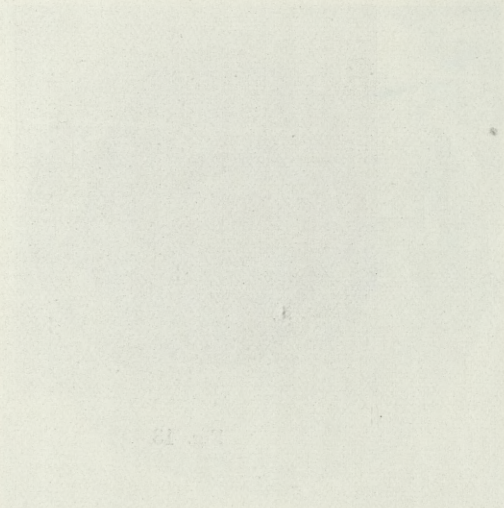
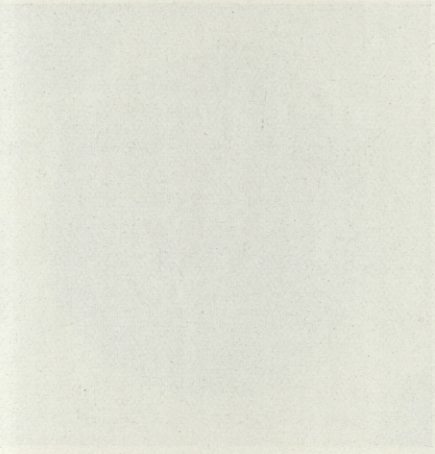


Fig. 10

Fig. 11

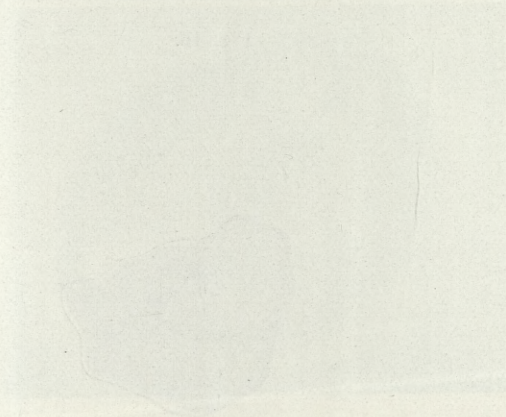
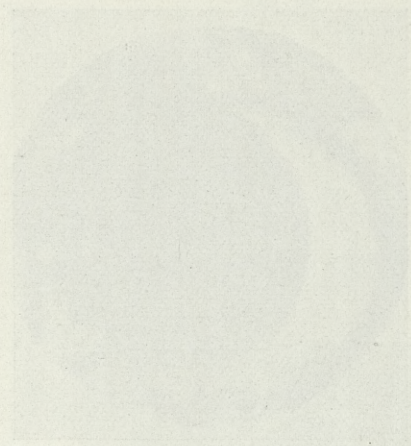
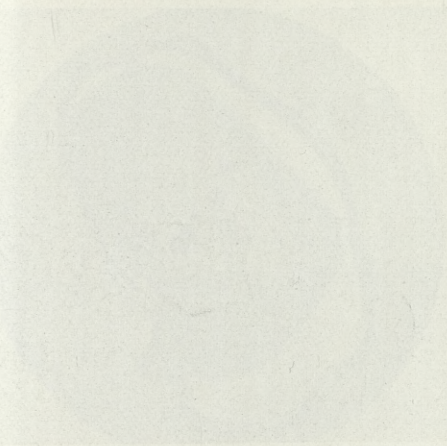
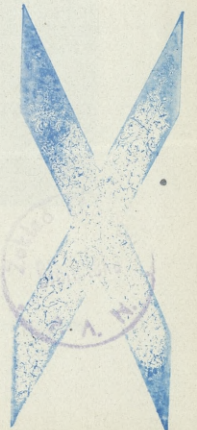


Fig. 12

Fig. 13



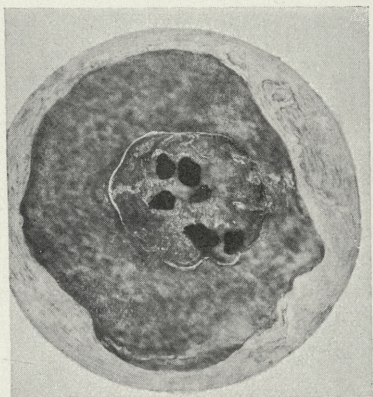


Fig. 13.

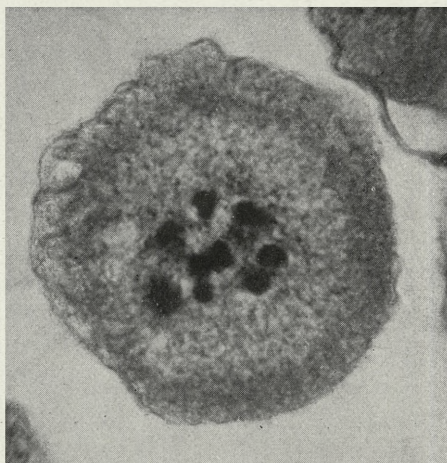


Fig. 14.

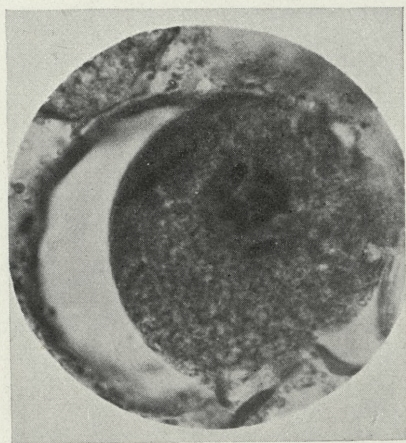


Fig. 15.

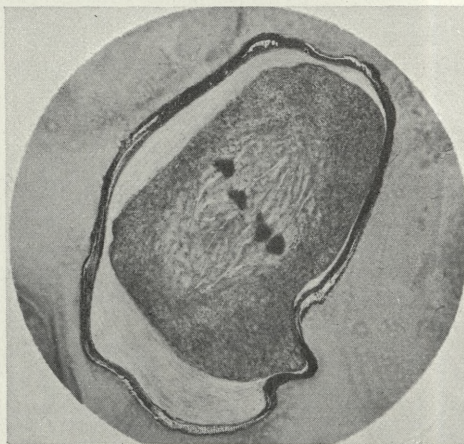


Fig. 16.



Fig. 19.

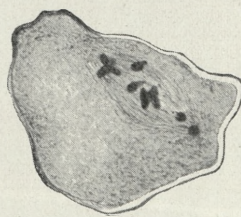


Fig. 21.

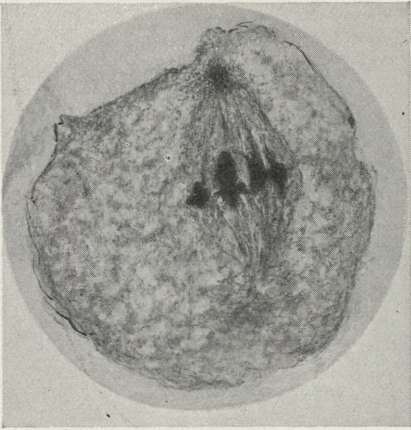


Fig. 17.

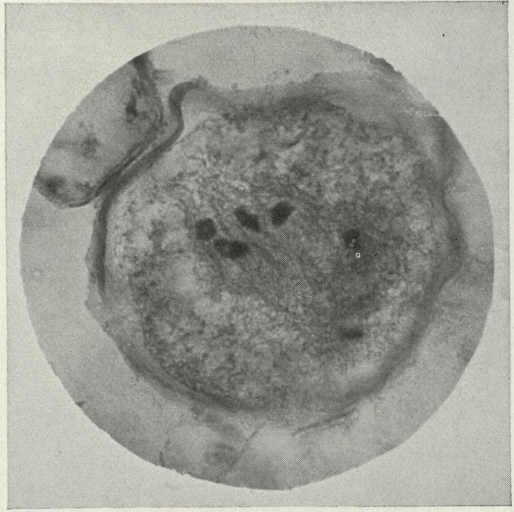


Fig. 18.



Fig. 20.

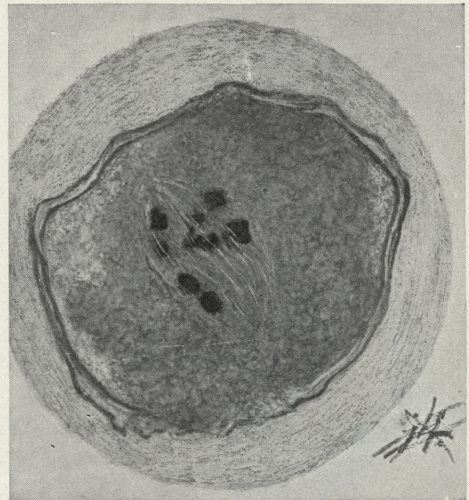
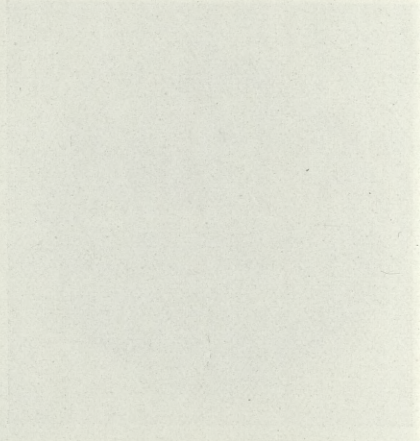
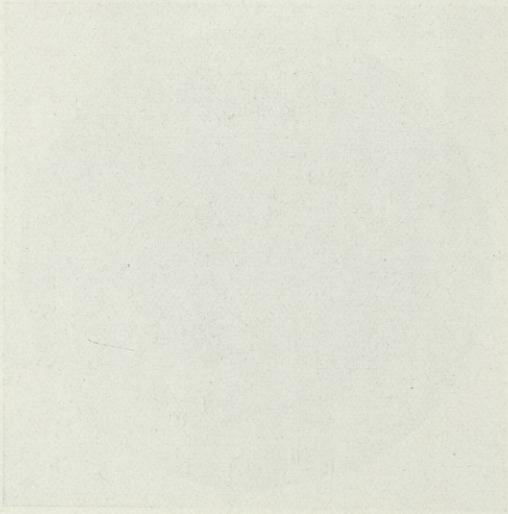
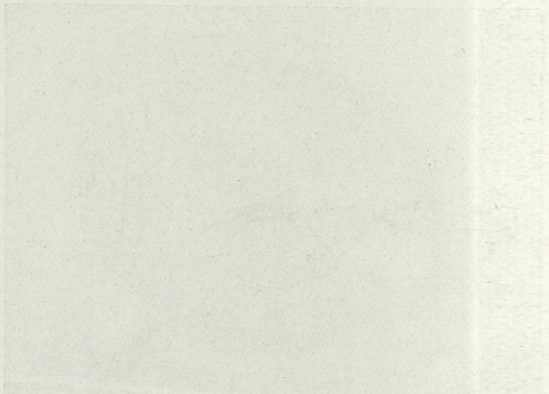


Fig. 22.



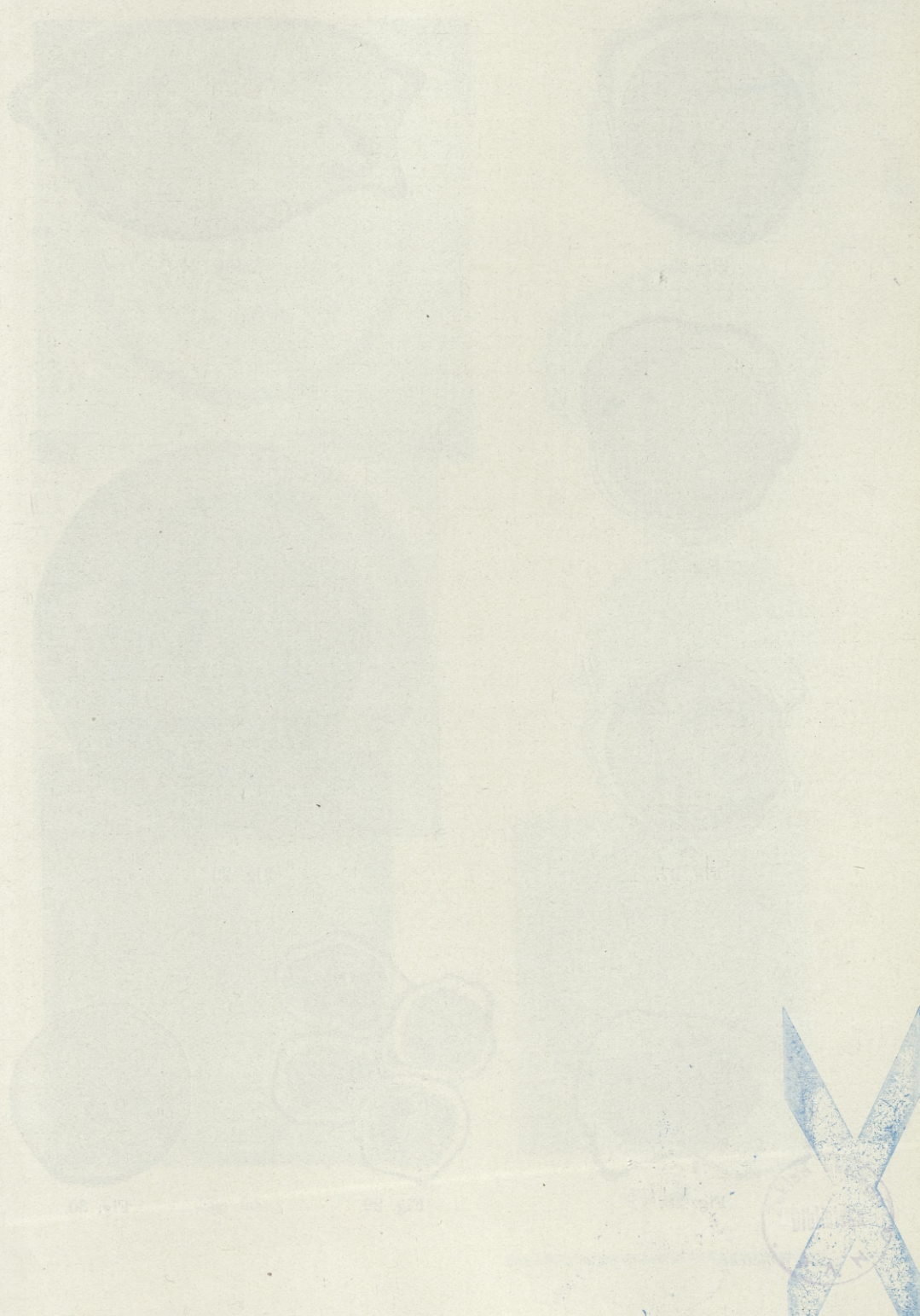
18. 11.

18. 11.



WYDZIAŁ

18. 11.



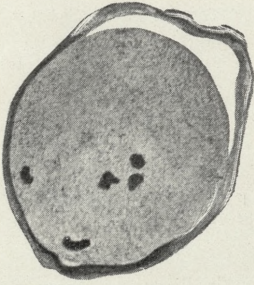


Fig. 23.

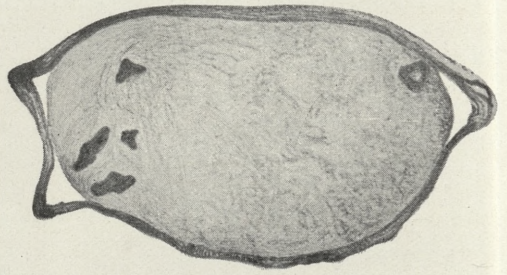


Fig. 24.

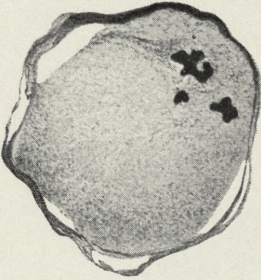


Fig. 25.

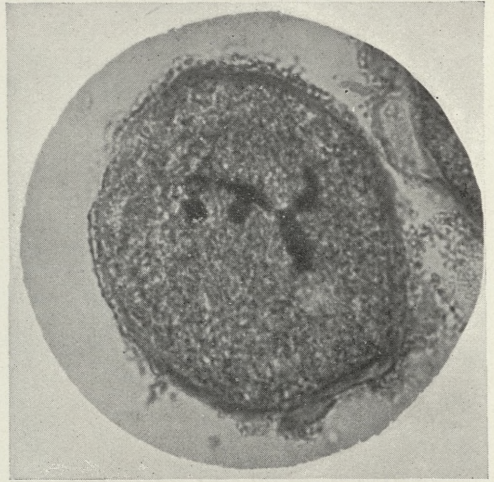


Fig. 26.



Fig. 27.

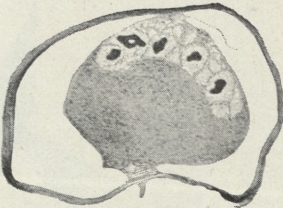


Fig. 28.



Fig. 29.

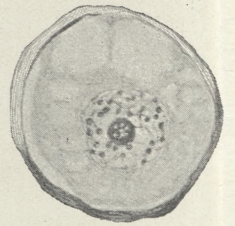


Fig. 30.

Z. Wójcicki.

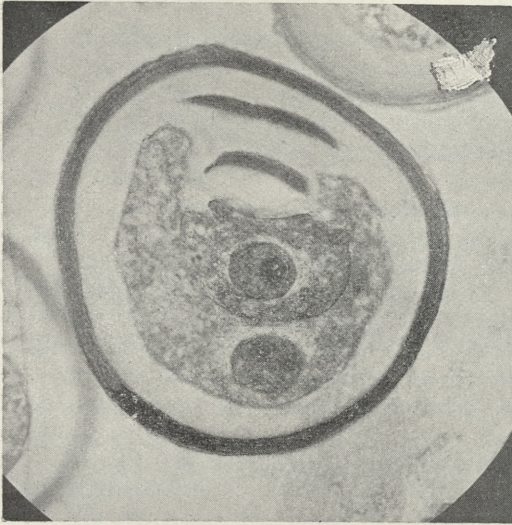


Fig. 31.

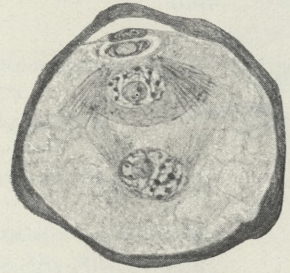


Fig. 32.

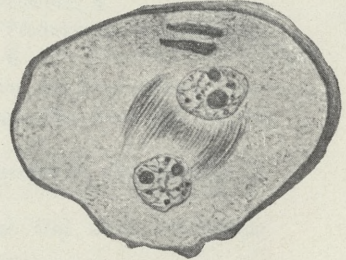


Fig. 34.

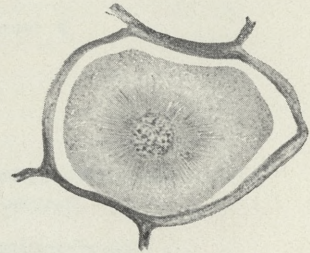


Fig. 35.



Fig. 33.

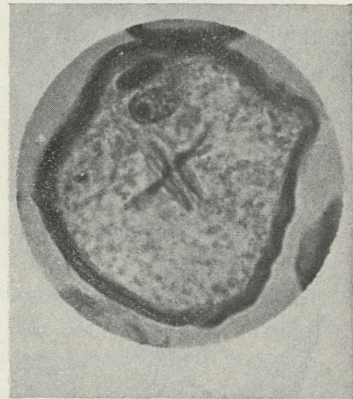


Fig. 36

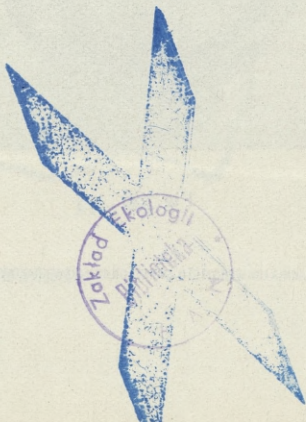
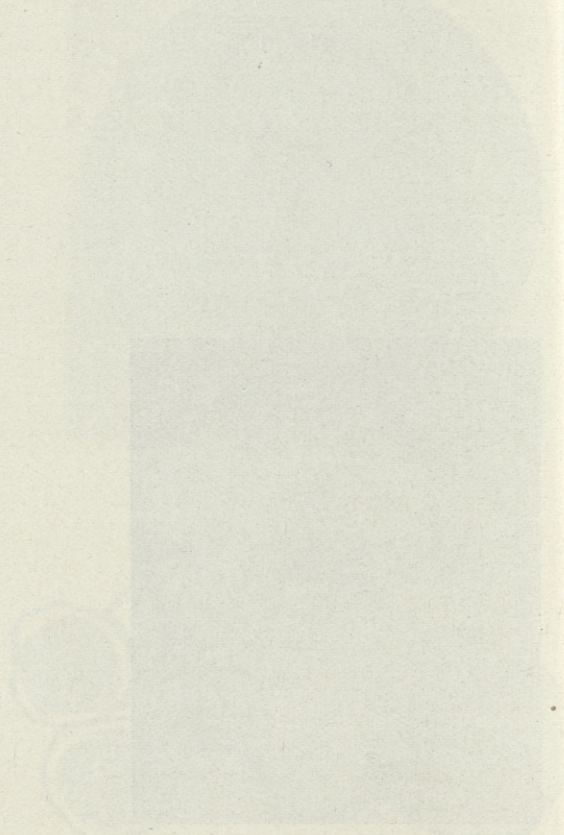
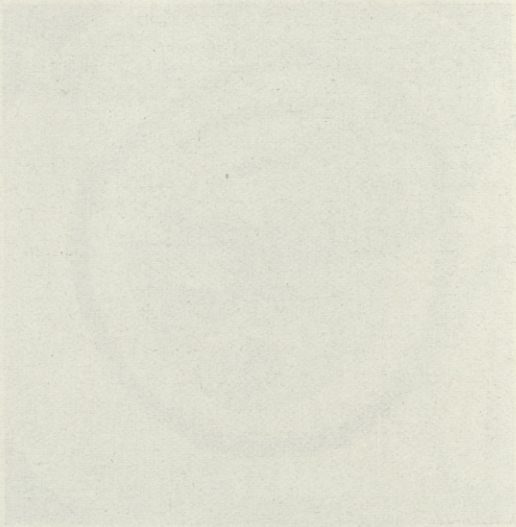
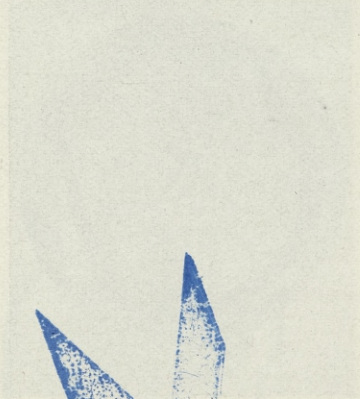


Fig. 23, 24. Reduzierte Anzahl der im Plasma der Pollenmutterzelle lagernden Segmente. — Gezeichnet Obj. Reichert 7^a Mikrometer Ok. 6.

Fig. 25. Desgl. — Gezeichnet Obj. Reichart 7^a Ok. Mikrometer 6.

Fig. 26. Desgl. — Photogr. Obj. Zeiss DD. Ok. Mikrometer 6.

Fig. 27. Vier Kerne in der Pollenmutterzelle. — Gezeichnet. Obj. Reichert 7^a Ok. Mikrometer 6.

Fig. 28. Der Kern der Pollenmutterzelle ist an die Oberfläche des plasmolysierten Zelleninhalts gestiegen. — Gezeichnet. Obj. Zeiss DD. Ok. Mikrometer 6.

Fig. 29. Die Produkte der Pollenmutterzelle im Moment der Zellbildung des Prothalliums. — Gezeichnet. Obj. Reichart 7^a Ok. Mikrometer 4.

Fig. 30. Einer von den Gonen, d. h. eines der vier Produkte der Pollenmutterzelle. — Gezeichnet. Obj. Reichert 7^a Ok. Mikrometer 6.

Fig. 31. Reifes Pollenkorn mit zwei ruhenden Zellen des Prothalliums, einer antheridialen und einer embryonalen Zelle. — Photogr. Obj. Zeiss DD. Okular Mikrometer 6.

Fig. 32. Die Bildung der antheridialen Zelle. — Gezeichnet. Obj. Reichert 7^a Ok. Mikrometer 6.

Fig. 33. Monaster in einem der Gonen. — Photogr. Obj. Zeiss DD. Okular Mikrometer 6.

Fig. 34, 35. Sich teilende Gonen. — Gezeichnet. Obj. Zeiss E. Ok. Mikrometer 6.

Fig. 36. Desgl. — Photogr. Obj. Zeiss. DD. Ok. Mikrom. 6

34. M. M. RACIBORSKI m. c. *Zapiski mikrochemiczne. (Beiträge zur botanischen Mikrochemie). (Recherches microchimiques).*

1. Eine Reaktion der Proteide und der Amidosäuren.

Die Chinone gehören bekanntlich zu vielseitig reaktionsfähigen Verbindungen, ihre Reaktionsprodukte sind häufig gefärbt. So ist z. B. das Vermögen mehrerer Chinone, die Haut zu schwärzen, allgemein bekannt, doch wurde diese den Chemikern so geläufige Reaktion mikrochemisch nicht näher verfolgt. Orientierende Vorversuche mit lebenden pflanzlichen Geweben ergaben dunkelrote oder braune Reaktionen und zwar mit dem Inhalt der Siebröhren, dem Plasma, besonders mit dem der meristematischen Gewebe, mit manchen verholzten Membranen (Asparagus), mit dem gerbstoffhaltigen Zellsaft der Gerbstoffbehälter, aber auch mit manchen gerbstofflosen Zellsäften. Die farbigen Reaktionen treten entweder sofort oder erst nach mehreren Minuten auf, entweder schon in der Kälte oder erst nach dem Erwärmen. Obwohl die Vielseitigkeit der Reaktionen deren praktischen Wert in der Mikrotechnik beeinträchtigt, so

erschien es doch angezeigt, dieselben näher, zunächst *in vitro*, zu untersuchen.

Gewöhnliches p. Benzochinon gab mit den untersuchten Protei-
den eine z. T. sehr intensive rote, bald ins Braunrote übergehende
Reaktion. Untersucht wurden Eialbumin, Serumalbumin, Fibrin,
Globulin, Legumin, Nuklein, sogar Chitin. Da auch Pepton dieselbe
intensive Rosafärbung schon in der Kälte liefert, so war es ange-
zeigt, zu untersuchen, ob auch und welche einfache Abbauprodukte
der Proteine die Chinonreaktion liefern. Dabei hat sich herausge-
stellt, daß Glykokoll, Alanin, Leuzin, Asparaginsäure, Asparagin,
Glutamin, Tyrosin, Phenylalanin ebenso wie Pepton oder die Pro-
teine, wenn auch manche erst nach längerer Zeit, reagieren. So
muß man mit Asparagin und Tyrosin mehrere Minuten (in der
Kälte) auf die rote Reaktion warten, während sie mit Glykokoll,
Alanin und Leuzin fast momentan auftritt.

Der rote bis braunrote Farbstoff ist zwar im Reagenzglas sehr
intensiv, doch in Wasser löslich, und deswegen für eine Untersu-
chung der Lokalisation der Amidosäuren im Gewebe wegen der
Diffusion nur mit entsprechender Vorsicht zu benützen. Da wir je-
doch keine farbige, mikrochemische Reaktion der aliphatischen, im
Pflanzengewebe so verbreiteten Amidosäuren besitzen, so will ich
die beschriebene Reaktion besprechen.

Keine farbige Reaktion in der Kälte habe ich bekommen mit
Fettsäuren und Fetten, mit Aldehyden, Ketonen und Alkoholen,
mit Hexosen eine sehr schwache Nachdunkelung nach dem Erwär-
men, ebenso mit Harnstoff, Koffein, mit Salzen des Nikotins, Ko-
niins, Strychins, Bruzins; keine Reaktion mit Azetamid. Die hier
erwähnten Nachdunkelungen der gelben Chinonlösung nach dem
Erwärmen sind jedoch von der oben erwähnten intensiv roten Re-
aktion mit Amidosäuren (in der Kälte) sehr verschieden und für
eine mikroskopische Untersuchung ohne Bedeutung.

Dagegen reagieren verschiedene Phenole und Phenolderivate
z. T. mit sehr intensiver, roter oder brauner Farbe oder mit brau-
nen Niederschlägen. So ist die Reaktion bei Resorzin rot, bei
Brenzkatechin rot, Hydrochinon bildet Chinhydron (grün-schwarz),
Phlorogluzin, Orzin, Gelbsäure, Gallussäure, Katechin reagieren rot,
Koniferin braun, Salizin rötlich, Arbutin braun, Saponin und Ku-
marin reagieren nicht.

In allen erwähnten Fällen wurde bei neutraler oder schwach saurer Reaktion gearbeitet.

Die zuletzt erwähnten Reaktionen lassen eine Färbung der manchen Glukoside und Gerbstoffe enthaltenden Zellen, sowie mancher imprägnierten Zellwände erwarten.

Von anderen Chinonen habe ich nur wenige untersucht. Tolu-chinon liefert dem Benzochinon ähnliche Reaktionen, Xylochinon reagiert mit Eiweiß und Pepton, dagegen nicht mit Glykokoll oder Alanin. Antrachinon und Phenantrenchinon liefern, sogar mit Eiweiß erwärmt, keine farbigen Reaktionen.

Auf Grund der beschriebenen Vorversuche kann die Chinonreaktion für manche Zwecke der botanischen Mikrochemie empfohlen werden. Ich benutze dazu die gelbe, frisch gemachte, wässrige, gesättigte Lösung, von der wenige Tropfen entweder auf Uhrgläsern oder auf Objektträgern frischen Schnittpräparaten zugesetzt werden. Da die Gerbstoffe mit dem Chinon körnige, braune Niederschläge oder rötliche Färbungen liefern, so ist es notwendig, mit Hilfe eines Bichromats oder der Eisensalze über Vorhandensein und Sitz der Gerbstoffzellen, resp. der Gerbstoffschläuche sich vorher zu vergewissern. Da die rote Amidosäurefärbung in Wasser löslich ist, so ist es weiter angezeigt, den Verlauf der Reaktion unter dem Mikroskop zu verfolgen. Durch Erwärmen wird die Reaktion zwar beschleunigt, doch infolge der beschleunigten Diffusion des roten Farbstoffes auch etwas verwischt.

Im folgenden gebe ich die Resultate der Chinonreaktion mit einigen von den untersuchten Pflanzen.

Junge, noch nicht belichtete, an Quer- und Längsschnitten untersuchten Spargelstengel geben zunächst eine intensiv rote Färbung des Leptoms und der V-förmig auf der Innenseite der Bündel entwickelten Gefäßbündelscheide, bald darnach die sehr intensive Reaktion des Plasmas der Blatt- und Sproßprimordien, sowie des Zellsaftes der erwachsenen Zellen des Grundparenchym. Dabei färbt sich der Inhalt der ganz jungen Tracheen lebhaft gelb. Die Ursache dieser Färbung ist mir jedoch unbekannt. In erwachsenen Sproßteilen färbt sich der Zellsaft des Grundparenchym nur blaßrot, der Inhalt der Siebröhren dagegen intensivrot.

Cucurbita. Inhalt der Siebröhren dunkel rotbraun, Zellsaft der Parenchymzellen rot.

Vitis vinifera. Die Gerbstoffzellen reagieren momentan, indem

im Inneren ein gelbbrauner, dichter körniger Niederschlag gebildet wird, erst später fangen die Siebröhren an, die rote, später braunrote Reaktion des Inhaltes zu zeigen, endlich färben sich auch die Grundparenchymzellen der Rinde rötlich. Bei den Nymphaeaceen, wie ich seiner Zeit nachgewiesen habe (Beiträge etc. Flora 1894 pag. 99), sind zwei verschieden lokalisierte Gerbstoffkörper vorhanden, nämlich das Myriophyllin in den Exkrethaaren und ein eisenbläuender Gerbstoff in den Gerbstoffschläuchen. Beide geben (untersucht wurde die Sproßspitze des *Nuphar luteum*) eine Chinonreaktion, doch ist die des Myriophyllins mehr rötlich, die der inneren Gerbstoffzellen braun und körnig, die der Gerbstoffschläuche der Gefäßbündel braunschwarz.

Während die Chinonreaktion der Gerbstoffe mit Hilfe der gewöhnlichen Gerbstoffreaktionen leicht als solche erkannt und mit der Amidosäurereaktion bei entsprechender Aufmerksamkeit nicht verwechselt wird, so ist es mir nicht gelungen, bei Anwesenheit der Peptone und Eiweißstoffe mit derselben Reaktion Amidosäuren mikroskopisch sicher nachzuweisen. Diese wie jene geben dieselbe Reaktion. Nur in solchen Fällen, wo die Millonsche und Biuretreaktion keine oder nur eine schwache Reaktion liefert, wo die Chinonreaktion des Zellsaftes sehr intensiv wird, können wir auf Vorhandensein der aliphatischen Amidosäuren schließen.

Jedenfalls als ein Seitenstück zu der nur aromatische Gruppen anzeigenden Millonschen und zu der Xanthoproteinsäurereaktion verdient unsere Reaktion Beachtung. In Anbetracht des Verhaltens der Peptone ist es wahrscheinlich, daß die synthetischen Polypeptide (welche mir nicht zur Verfügung stehen) ebenso wie die einfachen Aminosäuren und Eiweißstoffe mit Chinon reagieren werden.

2. Die Dimethylamidobenzaldehydreaktion.

Der erwähnte Aldehyd wurde in salzsaurer Lösung von Ehrlich (Hammarsten, Lehrb. der phys. Chemie 1904, p. 587) zum Nachweis mancher — näher unbekanntener — pathologischer Harnbestandteile, mit welchen eine intensiv rote Reaktion entsteht, angewandt.

Orientierende Versuche haben ergeben, daß Dimethylamidobenzaldehyd in Salzsäure mit folgenden Stoffen farbig reagiert:

- a) Pyrrol und Indol intensiv rot,
- b) Skatol intensiv violett,

c) Phlorogluzin und deren Derivate (Phloridzin, Eichengerbsäure, Katechingerbsäure, Kaffeegerbsäure, Katechin) sehr intensiv rot. Ohne farbige Reaktion sind alle anderen untersuchten Phenole, Gallussäure, Gerbsäure.

In der botanischen Mikrotechnik liefert Dimethylamidobenzaldehyd einen willkommenen Ersatz des Vanillins zum Nachweis der Phlorogluzinderivate z. B. des Myriophyllins an den Sproßspitzen des Ceratophyllum, Myriophyllum, Nuphar.

3. Über die Nitrit- und Diazoreaktion.

Wegen der leichten Kuppelung der aromatischen Diazolösungen mit aromatischen Aminen und Phenolen unter Bildung der intensiv gefärbten Amidoazo-, respektive Oxyazofarbstoffe ist die mikrotechnische Anwendung der Diazoreaktion in den Fällen angezeigt, in welchen der Nachweis und die Lokalisation der erwähnten Verbindungen in dem Gewebe wünschenswert erscheint. Mithin ist in allen den Fällen, in welchen die Millon'sche und Xanthoproteinsäurereaktion in Anwendung kamen, aber auch in manchen anderen die Diazoreaktion angezeigt; manchmal bietet sie den Vorteil sehr intensiver Färbungen, welche in der Kälte entstehen, in Alkohol unlöslich sind und sich daher zur Anfertigung von Dauerpräparaten in Kanadabalsam eignen. Als Schattenseite der Diazoreaktionen — für botanische Laboratorien — ist die geringe Haltbarkeit der Diazolösungen zu bezeichnen, welche frisch und dazu bei niedriger Temperatur bereitet werden müssen; dazu gesellt sich noch der Umstand, daß ähnlich wie bei der Millon'schen und der Xanthoproteinsäurereaktion viele aromatische Körper, wenn auch z. T., verschieden nuanzierte Farbenreaktionen liefern.

Von bekannten chemischen Gründen geleitet, könnte man versuchen, um aromatische Amine nachzuweisen, die Reaktion umzukehren und zwar die Schnitte mit salpetriger Säure zu behandeln und die in der Zelle aus aromatischen Aminen eventuell entstandene Diazoverbindung mit einer dargebotenen Komponente (z. B. mit R-Salz) zu kuppeln. Mir ist es jedoch nicht gelungen, auf diese Weise eine Methode ausfindig zu machen, welche nur die Tyrosin-Gruppe, dagegen nicht die Phenole in dem Gewebe entdecken könnte. Es sind zunächst die in den Schnitten eventuell sich bildenden Diazoverbindungen in saurer Lösung leicht löslich, diffun-

dieren also bald in die Umgebung und können so zu Irrtümern Anlaß geben. Dazu reagiert die salpetrige Säure allein mit verschiedenen Zellbestandteilen, der Salpetersäure analog, und bildet intensiv (in alkalischer Lösung) gefärbte Produkte, deren Natur nicht bestimmt ist. Diese Nitritreaktion gehört ihrer Intensität wegen zu den besseren in der botanischen Mikrotechnik und eignet sich ebenso wie die Diazoreaktion zum Nachweis aromatischer Einlagerungen in den unverholzten Zellwänden. Ohne dieser seiner Zeit eifrig (mit Hilfe anderer Reagentien) bearbeiteter Frage näher zu treten, verweise ich hier auf die Literatur, welche in der Abhandlung von C. Correns (Über die vegetabilische Zellmembran, Pringsheims Jahrbücher XXVI, 1894, 671—673) zusammengestellt ist.

Die Nitritreaktion wird sehr einfach durchgeführt. In drei Schalen halte ich getrennt vorrätig: 1) 10% Natriumnitritlösung, 2) 10% Schwefelsäure, 3) 10—20% Natriumkarbonatlösung. Die Schnittpräparate passieren der Reihenfolge nach die drei Schalen, wobei beachtet werden muß, daß sie in der Säurelösung möglichst kurz (längstens eine Minute) verweilen und daß die Säureschale wegen der lästigen Dämpfe der salpetrigen Säure gut bedeckt bleibt.

Zur Ausführung der Diazoreaktion werden die Schnitte in Uhrgläsern in 10—20% Natriumkarbonatlösung gebracht und es werden dann mit Hilfe eines Glasstabes dieser Lösung einige Tropfen Diazolösung bis zu eintretender, auffallender Reaktion zugesetzt. Die Diazolösung verbindet sich in alkalischer Lösung mit den in den Zellen vorhandenen, kuppelungsfähigen Komponenten zu intensiven Azofarbstoffen, welche momentan auftreten. Eine Diazolösung läßt sich aus verschiedenen aromatischen Aminen bereiten; genaue Vorschriften dazu sind in chemischen Lehrbüchern (z. B. V. Meyer und P. Jacobson *Lerbuch*, II 277) zu finden; für botanische Zwecke kann man sogar bei einiger Übung die Wägung umgehen. Eine kleine Menge (etwa 0.2 gr) p.-Nitroanilin (oder Sulfanilsäure, oder einer der Naphtylaminsulfosäuren) wird mit etwas größerer Menge der Salzsäure versetzt, dazu wird dann Wasser zugesetzt, mit Eisstücken gut gekühlt, und schließlich wird dazu unter fortwährendem Rühren so viel Natriumnitritlösung zugesetzt, bis die Probe auf Jodkalistärkepapier eben die blaue Jodreaktion liefert. Die Lösung soll mit Natriumkarbonat keine rote Reaktion geben. Die wässerigen Lösungen sind in der Kälte einige Stunden haltbar und gefahrlos.

Über den Nutzen beider Reaktionen belehren uns folgende Beispiele. Frische Stammquerschnitte des Zuckerrohrs erscheinen nach der Nitritreaktion intensiv rot. Bei der mikroskopischen Untersuchung ist in erwachsenen Stengeln keine Membranstelle zu finden, welche die rote oder die gelbe Reaktion nicht gegeben hätte. Karminrot und zwar am intensivsten erscheinen die Wände der Leptom-elemente ebenso andere unverholzte Zellen der Bündel, dunkelrot die Bastbelege, rot die Wände der Parenchymzellen des Stamminnern, weniger die der peripherischen. Die Diazoreaktion mit p-Diazobenzolsulfosäure liefert noch mehr intensiv rotgefärbte Schnitte, während diejenige mit der diazotierten p-Nitroanilin die unverholzten Wände violett färbt. Die Längsschnitte der wachsenden Sproßspitze derselben Art zeigen nach Nitritbehandlung eine rote Reaktion des Plasmas der meristematischen Zellen, also makroskopisch rote Querstreifen an den jungen Nodialflächen durch farblose Internodialstreifen getrennt. Die Wände der meristematischen Zellen zeigen noch keine Reaktion, welche erst in gewisser Entfernung von der Spitze zum Vorschein kommt. Zwischen den nicht reagierenden Parenchymzellen färben sich jedoch rot die jungen Tracheen und die Wände der jungen Siebröhren. Auch in den Blättern oder in den Blattscheiden sind keine nicht reagierenden Zelle zu finden, was als Beweis dienen kann, daß auch hier keine Zelle reine Zellulosewände besitzt. Besonders intensiv gefärbt sind hier die Leptomwände, weniger die Mesophyllzellen. Zea Mays stimmt mit dem Zuckerrohr in beiden Reaktionen ganz überein, es reagieren nach Nitritbehandlung die Wände der Endospermzellen, nach Diazobehandlung auch das Plasma und die Zellkerne des Endosperms. Die Zellwände verschiedener anderer Pflanzen verhalten sich dagegen sehr verschieden. Bei *Allium Ceba*, bei welcher C. Correns mit Hilfe der Millon'schen und Xanthoproteinsäurereaktion keine Reaktion der Wände der Parenchymzellen der Zwiebelschuppen sehen konnte, ist eine solche auch mit der Diazolösung trotz der sehr intensiven orangeroten Reaktion des Zellinneren nicht zu sehen. Eine schwache Reaktion liefern die Parenchymwände der Kartoffelknolle, eine sehr starke dagegen diejenigen der Wurzel der Zuckerrübe, wo die Mittellamelle besonders deutlich gefärbt wird. Ebenso intensiv reagieren die viel untersuchten Blätter verschiedener Bromeliaceen, namentlich die Wände des Leptoms und des Wassergewebes. Die Öltröpfchen, welche hier in verschiedenen Me-

sophyllzellen, besonders aber um die Bündel herum liegen, liefern mit der Nitritreaktion eine rubinrote Reaktion. Die Elaioplasten der *Albuca* geben keine Nitrit-, sondern eine blaßrote Diazoreaktion.

35. MM. SEVERIN et HELENE KRZEMIENIEWSKI. *Przyczynek do biologii mikrobów gleby, wiążących wolny azot. (Zur Biologie der stickstoffbindenden Mikroorganismen). (Sur la biologie des microbes fixateurs d'azote)*. Mémoire présenté par M. E. Godlewski m. t.

Stickstoffbindende Bodenbakterien sind in den letzten Jahren zum Gegenstande zahlreicher Untersuchungen gemacht worden. Neben dem von Winogradsky entdeckten anaeroben *Clostridium Pasteurianum* ist insbesondere der von Beijerinck gefundene *Azotobacter chroococcum* durch seine Fähigkeit, freien Stickstoff zu assimilieren, bekannt geworden. Trotzdem aber diese seine Fähigkeit durch Laboratoriumversuche vollkommen sichergestellt wurde, ist es doch bisher nicht gelungen, sie durch Impfung des Bodens mit *Azotobacter* für die Steigerung der Erträge der Kulturpflanzen nutzbar zu machen. Ein mit Reinkultur von *Azotobacter* geimpfter und ein gleicher ungeimpfter Boden gaben stets, sowohl in Gefäß- wie in Feldversuchen, gleich hohe Ernten und zwar auch dann, wenn der Versuchsboden sich für Stickstoffdüngung sehr dankbar erwies. Andererseits ist aus gewissen Feldversuchen, bei welchen man ohne jede Stickstoffdüngung viele Jahre hindurch reiche und sich nicht vermindernde Getreideernten erhielt, zu schließen, daß der Stickstoff sich dank der Tätigkeit der Mikroorganismen im Boden ansammelt. Es ist demnach eine dankbare Aufgabe, die Bedingungen dieser stickstoffsammelnden Fähigkeit der Bodenmikroorganismen näher zu studieren.

Wichtige Studien über diese Bedingungen in bezug auf *Azotobacter* verdanken wir Gerlach und Vogel¹⁾. In ihren Untersuchungen über die Ernährung des genannten Mikroorganismus stellten diese Autoren fest, daß es insbesondere Kalk und Phosphorsäure sind, welche für ihre Entwicklung und ihre stickstoffsammelnde Fähigkeit die größte Bedeutung haben.

¹⁾ Gerlach und Vogel. Weitere Versuche mit stickstoffbindenden Bakterien, III. Teil. *Centr. f. Bakt.* B. X, S. 636. 1903.

Die Wichtigkeit des Kalks für die Entwicklung des Azotobacters hat neulich auf einem ganz anderen Wege eine Bestätigung in den Untersuchungen von Hugo Fischer¹⁾ gefunden. Derselbe untersuchte bakteriologisch eine Reihe von Parzellen auf dem Versuchsfelde in Poppelsdorf, welche 10 Jahre lang eine konstante, aber für verschiedene Parzellen verschiedenartige Düngung erhielten. Dabei gelangte man zu dem überraschenden Ergebnis, daß Azotobacter sich nur aus dem Boden derjenigen Parzellen isolieren ließ, welche Kalkdüngung erhielten. Mag nun dieser Organismus immerhin im Boden der ungekalkten Parzellen auch vorhanden gewesen sein, so steht doch fest, daß er in dem Boden der gekalkten Parzellen unvergleichlich reichlicher vorkam.

Ungeachtet dieses reichlicheren Vorkommens des Azotobacters in dem Boden der gekalkten Parzellen war doch deren Boden an Gesamtstickstoff ärmer als der Boden der Parzellen, welche keine Kalkdüngung erhalten hatten. So enthielt der Boden der gekalkten Parzellen

0·0799%, 0·0850%, 0·0768%

Stickstoff gegen

0·0881%, 0·10912%, 0·0881%

des Bodens der entsprechenden, sonst in gleicher Weise gedüngten, aber ungekalkten Parzellen²⁾.

Die stickstoffbindende Fähigkeit des Bodens der gekalkten und der ungekalkten Parzellen wurde von Verfassern nicht untersucht, es wäre aber verfrüht, aus dem geringeren Stickstoffvorrat der gekalkten Parzellen schließen zu wollen, daß die Kalkdüngung hier zwar eine reichere Azotobacterentwicklung, nicht aber eine stärkere Stickstoffbindung verursacht habe. Höchst wahrscheinlich wurde durch die Kalkdüngung auch die stickstoffbindende Tätigkeit des Azotobacters erhöht; daß sie aber trotzdem eine Verminderung des Stickstoffvorrates des Bodens verursacht hat, muß dadurch erklärt werden, daß sie zugleich und zwar in noch viel höherem Grade die Entwicklung und die Arbeit der nitrifizierenden Bakterien begün-

¹⁾ H. Fischer. Journal f. Landwirtschaft B. 53. S. 61. u. 289. 1905. Centralbl. f. Bakt. B. XIV. S. 33. 1905.; B. XV. S. 235. 1905.

²⁾ Wohltmann, Fischer u. Schneider. Bodenbakteriologische und bodenchemische Studien aus dem Versuchsfelde Bonn-Poppelsdorf. Journal f. Landw. B. 52. S. 97. 1904.

stigte, wodurch selbstverständlich das Auswaschen des Stickstoffs aus dem Boden begünstigt wurde.

Wird durch Kalkdüngung sowohl die Arbeit der stickstoffbindenden wie auch die der nitrifizierenden (also stickstoffzehrenden) Bakterien gefördert, so steht zu erwarten, daß das Endresultat dieser beiden, in entgegengesetzten Richtungen sich äußernden Wirkungen je nach den Bedingungen bald eine Verarmung, bald eine Anreicherung des Bodens an Stickstoff bilden kann. In dem konkreten Fall der Poppelsdorfer Versuche trat die erste dieser Möglichkeiten ein, d. h. die Verarmung des gekalkten Bodens an Stickstoff.

Es wäre außerordentlich interessant und auch praktisch wichtig, die Bedingungen kennen zu lernen, unter welchen die Gesamtarbeit der Mikroorganismen im Boden dessen Anreicherung an Stickstoff zur Folge hätte.

Um einen kleinen Beitrag zu dieser wichtigen Frage zu liefern, haben wir den Boden einiger Parzellen des Versuchsfeldes des Landwirtschaftlichen Studiums in Krakau, welche seit 11 Jahren gleichförmig, aber untereinander ungleichartig gedüngt werden, einigen bakteriologischen und analytischen Untersuchungen unterworfen, deren Hauptresultate hier mitgeteilt werden sollen.

Diese Untersuchungen haben wir im Agrikulturehemischen Laboratorium der Universität Krakau ausgeführt und halten es für unsere angenehme Pflicht, an dieser Stelle dem Direktor des Institutes, Herrn Prof. Godlewski (sen.) für seine schätzbaren Ratschläge unseren besten Dank auszusprechen.

In erster Linie handelte es sich wieder um den Einfluß der Kalkdüngung auf die stickstoffbindende Kraft der Bakterienflora und auf das Endresultat des 11-jährigen Stickstoffumsatzes im Boden.

Die Versuchsparzellen wurden folgenderweise behandelt. Im Jahre 1894 wurden auf einer Fläche von $\frac{1}{4}$ Ha 24 Parzellen zu je 1 Ar abgegrenzt und diese in 4 Abteilungen zu je 6 Parzellen eingeteilt. Im Jahre 1895 wurden 4 Parzellen (1, 4, 5, 6) jeder Abteilung mit je 50 kg Kalk bestreut, zwei andere (2 u. 3) unge-

kalkt belassen. In demselben Jahre begann auch eine regelmäßige, jährlich wiederkehrende Düngung der Parzellen. Die folgende Tabelle, in welcher die Kali-, Phosphorsäure- und Stickstoffdüngung mit Buchstaben K, P, N bezeichnet sind, veranschaulicht die Situation und die Düngungsweise der Parzellen.

TABELLE I.

Abteilung I.						Abteilung II.					
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
KPN	—	KPN	KP	KN	NP	KPN	—	KPN	KP	KN	NP
gekalkt	ungekalkt		g e k a l k t			gekalkt	ungekalkt		g e k a l k t		

Abteilung III.						Abteilung IV.					
6	5	4	3	2	1	6	5	4	3	2	1
NP	KN	KP	KPN	—	KPN	NP	KN	KP	KPN	—	KPN
		g e k a l k t		ungekalkt	gekalkt			g e k a l k t		ungekalkt	gekalkt

Den Untersuchungen waren insbesondere die Parzellen 1, 2, 3 und 4 aller vier Abteilungen unterzogen, also zwei gekalkte (1, 4) und zwei ungekalkte (2, 3) Parzellen. Die Untersuchung erstreckte sich:

- 1) auf das Vorkommen des Azotobacters im Boden,
- 2) auf die stickstoffbindende Kraft der Mikroorganismenflora verschiedener Parzellen, und
- 3) auf den Stickstoffgehalt des Bodens.

1. Vorkommen des Azotobacters.

Zu einer ungefähren Schätzung des mehr oder weniger reichlichen Vorkommens des Azotobacters in dem Boden verschiedener Parzellen bedienen wir uns der Methode von Hiltner und Störmer. Diese Methode beruht darauf, daß man durch eine Reihe von Verdünnungen einer bekannten Menge des zu untersuchenden Impfmateriales diejenige Menge desselben aufsucht, welche genügt, um die Entwicklung des betreffenden Mikroorganismus (hier des Azotobacters) in geeigneter, sterilisierter Nährlösung (hier Mannitnährlö-

sung nach Beijerinck) hervorzurufen. Die Zahlenresultate, welche wir mit dieser Methode erhielten, stimmten so wenig untereinander, daß es sich nicht lohnte, sie hier wiederzugeben; wir wollen nur hervorheben, daß wir den Azotobacter in dem Boden sämtlicher Parzellen, sowohl der gekalkten wie der ungekalkten gefunden haben, daß er aber im Boden der gekalkten Parzellen in viel reichlicherer Menge vorhanden war als in dem der ungekalkten.

Dieses reichlichere Vorkommen des Azotobacters in dem Boden der gekalkten Parzellen äußerte sich auch dadurch, daß, wenn man gleiche Mengen Mannitnährlösung in Erlenmeyer-Kolben mit gleicher Bodenmenge aus den gekalkten und den ungekalkten Parzellen geimpft hatte, sich bereits nach wenigen Tagen in den mit gekalkter Erde geimpften Kolben eine immer mehr sich verdickende perlmutterartige Kammhaut bildete, während man an den mit ungekalkter Erde geimpften nur eine Schaumbildung, jedoch keine Kammhaut beobachten konnte. Die mikroskopische Untersuchung der Lösungen ergab, daß die Kammhäute fast nur aus Azotobacter bestanden, wogegen in den Lösungen, in welchen nur Schaumbildung hervortrat, zwar Azotobacter auch immer zu finden war, aber so spärlich vorkam, daß man oft lange nach ihm suchen mußte.

2. Stickstoffbindende Kraft der Mikroorganismenflora verschiedener Parzellen.

In Anbetracht der Schwierigkeiten, die Zahl der stickstoffbindenden Bakterien im Boden in zuverlässiger Weise zu bestimmen und in Anbetracht dessen, daß bereits Löhnis dargetan hat, daß die stickstoffbindende Kraft des Bodens durchaus nicht immer mit der durch die Verdünnungsmethode gefundene Zahl der Azotobacterzellen im Boden Hand in Hand geht, haben wir unsere Bemühungen hauptsächlich auf die unmittelbare Ermittlung der stickstoffbindenden Kraft des Bodens unserer verschiedenen Parzellen gerichtet. Zu diesem Zwecke bedienten wir uns der Methode Remy's. Diese beruht darauf, daß man eine gewisse Menge der entsprechenden sterilisierten Nährlösung mit einer bestimmten Menge der zu untersuchenden Erde impft, sie dann eine Zeit lang stehen läßt und zuletzt durch Analyse die betreffenden Veränderungen (hier also den Stickstoffgewinn) ermittelt, welche unter dem Einflusse

der Entwicklung der mit der Erde hineingebrachten Organismen in der Nährlösung eingetreten sind.

Zur Erforschung der Stickstoffbindung haben sich bereits Löhnis, Gutzeit, Buhler und Fickendey¹⁾ dieser Methode bedient. Löhnis²⁾ konstatierte damit die günstige Wirkung der Frühlingsbearbeitung des Bodens auf ihre stickstoffbindende Kraft hin und fand auch, daß die Verminderung der Bodenfeuchtigkeit unter einer gewissen Grenze schädigend auf diese stickstoffbindende Kraft einwirkt.

Bei uns handelte es sich insbesondere um Vergleichung der stickstoffbindenden Kraft des Bodens der gekalkten und der ungekalkten Parzellen.

Da Löhnis bei seinen Versuchen fand, daß man besser übereinstimmende Resultate erhält, wenn man Lösungen mit einer größeren Erdmenge impft, so haben wir bei unseren Versuchen stets 200 ccm Mannitnährlösung mit 20 g frischer Erde geimpft. Unsere Nährlösung enthielt pro 1 Liter Leitungswasser 20 g Mannit und 0·5 g K_2HPO_4 . Je 200 ccm dieser Lösung in Erlenmeyerschem Kolben von 850 ccm Inhalt wurde dreimal in strömendem Dampfe sterilisiert und erst dann mit Erde geimpft. Die Impferde stammte aus den Parzellen 1, 2, 3, 4 jeder der vier Abteilungen. Mit der Erde einer jeden dieser Parzellen wurden zwei Versuchskolben geimpft und einem derselben fügte man noch 0·2 g $CaCO_3$ hinzu.

Auf diese Weise wurden 32 Versuchskolben zusammengestellt. Außerdem wurde in besonderen Kontrollkolben in der Nährlösung und der zur Impfung üblich benutzten Erdmengen aus einer jeden Parzelle Stickstoff bestimmt. Dieser Stickstoffgehalt wurde dann von der Gesamtmenge des in den entsprechenden Versuchskolben gefundenen Stickstoff abgezogen. Jeder Versuch dauerte 10 Tage lang, während welcher Zeit die Kolben im Dunkeln bei Zimmertemperatur gehalten wurden. Nach einigen Tagen bildete sich auf den Nährlösungen in den mit gekalkter Erde geimpften Kolben

¹⁾ Centralbl. f. Bakt. B. XVI. S. 358, 399. 1906.

²⁾ Löhnis. Ein Beitrag zur Methodik der bakteriologischen Bodenuntersuchung, Centralbl. f. Bakt. B. XII. S. 262, 448. 1904.

Zur Methodik der bakteriologischen Bodenuntersuchung. II. Centralbl. für Bakt. B. XIV. S. 1.

Untersuchungen über den Verlauf der Stickstoffumsetzungen in der Ackererde. Centralbl. f. Bakt. B. XV. S. 361, 430. 1905.

eine perlmutterartige Kammhaut, in den mit ungekalkter Erde nur ein Schaum. Am Ende des Versuchs, bevor man die Stickstoffbestimmung unternahm, wurde der Inhalt der Kolben mikroskopisch untersucht, wobei es sich wieder herausstellte, daß die Kammhaut fast ausschließlich aus Azotobacter bestand, während dort, wo nur Schaumbildung hervortrat, Azotobacter erst nach längerem Suchen gefunden werden konnte.

Nach dem Ansäuern mit Schwefelsäure und Abdampfen in Kjeldahlkolben wurde in allen diesen Rohkulturen der Gesamtstickstoff bestimmt. Diese Stickstoffbestimmungen ergaben folgende Resultate.

(Siehe Tabelle II, Seite 567).

Aus den angeführten Zahlen ist trotz gewissen Schwankungen deutlich zu ersehen, daß die Bindung des elementaren Stickstoffes in den mit gekalkter Erde geimpften Kolben bedeutend größer war als in den Kolben mit ungekalkter Erde und zwar ohne Rücksicht darauf, ob die Impferde aus den mit Stickstoff gedüngten oder nicht gedüngten Parzellen herrührte.

Während in den mit gekalkter Erde geimpften Kolben der Stickstoffgewinn in 10 Tagen im Mittel 18·39 und 16·75 mg betrug, so belief er sich in den mit ungekalkter Erde geimpften Kolben nur auf 6·83 und 7·47 mg.

Aus diesen Zahlen ist auch ersichtlich, daß CaCO_3 -Zusatz in Kolben *b* in der Menge von 0·2 g keine unmittelbare Wirkung auf die Stickstoffbindung ausübte. Dieser Umstand beweist, daß es sich hier nicht um unmittelbare Kalkwirkung während des Versuches handelte, sondern daß das Versuchsergebnis als ein Ausdruck der verschiedenen Zusammensetzung der Mikroorganismenflora der gekalkten und der ungekalkten Parzellen betrachtet werden muß.

Ein zweiter ähnlicher Versuch wurde am 12. Juni 1906 angestellt. Die Erdeproben wurden diesmal nur der Abteilung III des Versuchsfeldes aus schon mit Vegetation (Hirse) bedeckten Parzellen entnommen. In die Kolben wurde kein CaCO_3 -Zusatz gegeben. In diesem Versuche bildete sich die Kammhaut auf der Oberfläche der Nährlösungen viel später als in dem vorhergehenden und zwar erst am 7. Tage; sie war auch hier in allen mit der Erde aus gekalkten Parzellen geimpften Kolben zu beobachten ohne

TABELLE II.

Abteilung des Versuchsfeldes	Parzelle 1.			Parzelle 2.			Parzelle 3.			Parzelle 4.			
	Art der Düngung	Vollst. Düngung und Kalk	Ohne Düngung und ohne Kalk	Stickstoffgehalt der Nährlösung mit 20 g Erde in mg	Gesamtstickstoffgehalt in mg	Stickstoffgewinn in mg	Stickstoffgehalt der Nährlösung mit 20 g Erde in mg	Gesamtstickstoffgehalt in mg	Stickstoffgewinn in mg	Vollst. Düngung ohne Kalk	Düngung ohne N mit Kalk	Stickstoffgehalt der Nährlösung mit 20 g Erde in mg	Gesamtstickstoffgehalt in mg
I	a	18.83	—	18.62	24.92	6.30	17.64	27.51	9.87	—	18.97	37.52	18.15
	b	—	24.29	7.42	26.04	7.42	31.43	13.79	—	18.97	41.16	22.19	—
II	a	19.18	16.63	16.03	21.00	4.97	17.22	25.90	8.68	—	16.60	29.75	13.15
	b	—	12.18	6.37	22.40	6.37	23.60	6.38	—	16.60	29.40	12.80	—
III	a	17.78	15.33	16.38	21.70	5.32	16.17	21.49	5.32	—	16.31	32.20	15.89
	b	—	20.02	10.43	26.81	10.43	21.77	5.60	—	16.31	—	—	—
IV	a	14.35	21.91	14.70	21.49	6.79	16.17	20.86	4.69	—	16.17	32.90	16.73
	b	—	18.34	7.00	21.70	7.00	21.56	5.39	—	16.17	34.02	17.85	—
mittlerer Stickstoffgewinn in mg					6.83				7.47				16.75

Rücksicht darauf, ob die betreffenden Parzellen mit vollständigem Dünger oder mit Dünger ohne Stickstoff gedüngt waren.

In dem Kolben mit der Erde aus der ungekalkten, aber gedüngten Parzelle (3) bildete sich wie im vorigen Versuche bis zum Ende des Versuches nur Schaum; aber in den Kolben mit Erde aus der ungekalkten und ungedüngten Parzelle (2) trat, wenn auch sehr schwach, eine Kammhautbildung auf. Dieser Versuch dauerte auch 10 Tage. Die Resultate, welche in der Tabelle III zusammengestellt sind, stimmen im allgemeinen mit denen des ersten Versuches überein. Auch hier hat die aus gekalkten Parzellen (1, 4) stammende Impferde größere Stickstoffassimilation verursacht als die Impferde aus ungekalkten Parzellen (2, 3), nur war die Stickstoffassimilation in diesem Versuche im allgemeinen schwächer als in dem vorigen.

TABELLE III.

Nr. der Parzellen	Art der Düngung	Stickstoffgehalt der Nährlösung mit 20 g Erde in mg	Gesamtstickstoffgehalt in mg	Stickstoffgewinn in mg
1	Vollständige Düngung mit Kalk	18·27	29·75	11·48
			30·24	11·97
2	Ohne Düngung und ohne Kalk	16·59	25·76	9·17
			24·78	8·19
3	Vollständige Düngung ohne Kalk	17·01	19·81	2·80
			19·88	2·87
4	Düngung ohne Stickstoff mit Kalk	16·45	29·26	12·81
			29·40	12·95

Die größte Abschwächung zeigte sich in den Kolben mit Erde aus gedüngten aber ungekalkten Parzelle Nr. 3.

Dieses Ergebnis steht vielleicht im Zusammenhang mit den äußeren Bedingungen, in welchen sich der Acker unmittelbar vor der Probeentnahme befand. Diese Bedingungen waren wesentlich anders als zur Zeit der Probeentnahme für den ersten Versuch.

Die Temperatur war zwar eine ziemlich gleiche, der Unterschied lag aber in den Niederschlagsmengen. Diese betragen in 12

Tagen vor der Probeentnahme für den ersten Versuch d. h. in der Zeit vom 29/IV bis zum 9/V — 6·85 mm und in 12 Tagen vor der Probeentnahme für den zweiten Versuch 56·9 mm. Es ist also sehr wahrscheinlich, daß die reichlicheren Regengüsse unmittelbar vor der Probeentnahme für den zweiten Versuch so ungünstig die Resultate dieses Versuchs beeinflußten. Die Abnahme der Stickstoff-assimilationsfähigkeit unter dem Einfluß einer starken Verminderung der Bodenfeuchtigkeit wurde von Löhnis beobachtet¹⁾. Derselbe fand in einem Versuche, wo man 100 ccm Mannitnährlösung mit einer am 9/V entnommenen Erde geimpft hatte, 14·11—12·06 mg Stickstoffgewinn in 3 Wochen, dagegen in einem Versuche, in welchem man die Impferde am 7/VII entnommen hatte, nur — 5·60 und 5·19 mg. Diesen Unterschied erklärt Löhnis dadurch, daß die Bodenfeuchtigkeit am 9/V 16%, am 7/VII aber nur 11·6% betrug. Vielleicht also war bei unserem zweiten Versuche derselbe Erfolg umgekehrt durch einen Überfluß an Wasser verursacht.

3. Stickstoffgehalt des Bodens der gekalkten und der ungekalkten Parzellen.

Um sich zu überzeugen, wie die Kalkdüngung das Endresultat des Stickstoffumsatzes in dem Boden der Versuchspartellen beeinflußt hat, wurde im Herbst 1905 und bei einigen Parzellen auch im Frühjahr 1906 eine Reihe von Stickstoffbestimmungen des Bodens verschiedener Parzellen ausgeführt. Zur Stickstoffbestimmung wurden bald nach der Rübenernte Bodenproben bis zum Spatenstiche an zwei Stellen einer jeden Parzelle genommen. Nach dem Durchmischen, Trocknen und Absieben der Proben durch ein Einmillimetersieb entnahm man aus denselben für Stickstoffbestimmungen Portionen von etwa 35—40 g. Die Bestimmungen wurden in der Regel nach Försters Methode ausgeführt, obwohl die Kontrollanalysen zeigten, daß die einfache Verbrennung mit Schwefelsäure dieselben Resultate ergab.

Die Resultate der Einzelbestimmungen stimmten bei denselben Proben bis auf 0·005 %. Die Unterschiede zwischen den Bestimmungen, welche man im Boden derselben Parzellen einerseits im Herbst 1905, andererseits im Frühjahr ausgeführt hatte, erreichten

¹⁾ Löhnis, Untersuchungen über den Verlauf der Stickstoffumsetzungen in der Ackererde. Centralbl. f. Bakt. B. XV. S. 361. 1905.

höchstens 0·012%. Bei ähnlichen Stickstoffbestimmungen im Boden einer und derselben Parzelle erhielt Thiele¹⁾ bei 10 gleichzeitig entnommenen Proben Abweichungen bis zu 0·0106% und als er das ganze Jahr hindurch zweimal monatlich den Stickstoffgehalt dieses Bodens ermittelte, fand er, daß die höchsten Abweichungen 0·0157% betragen.

Unsere Analysenbefunde sind in der Tabelle IV. zusammengestellt, in welcher die in je 100 g Erde enthaltene Stickstoffmenge in mg angegeben ist.

(Siehe Tabelle IV. Seite 571).

Vergleicht man den Stickstoffgehalt der Parzellen Nr. 1. und Nr. 3, so ersieht man daraus leicht, daß auf den letzteren der Stickstoffvorrat wesentlich niedriger ist, obwohl sie alljährlich vollständige Düngung mit Stickstoff erhalten wie auch die Parzellen Nr. 1 und in 10 Jahren insgesamt mit 6·7 kg Stickstoff pro 1 Ar versehen wurden. In dieser Richtung zeigt nur Abteilung IV eine Abweichung.

Vergleicht man weiter die Parzellen Nr. 2 und Nr. 4, so kann man ersehen, daß die Parzellen Nr. 4 immer mehr Stickstoff enthalten, obwohl man ihnen mit den Ernten stets mehr Stickstoff entnimmt als den Parzellen Nr. 2.²⁾

Im allgemeinen finden wir also größere Stickstoffmengen immer dort, wo der Boden mit Kalk gedüngt wurde, und dieses Ergebnis wird durch unbedeutende Schwankungen in Stickstoffbestimmungen vom Herbst 1905 und vom Frühjahr 1906 nicht verdunkelt. Die Ursache dieser Schwankungen bleibt zur Zeit unerklärt, die Differenzen aber, welche gleich gedüngte Parzellen auf verschiedenen Abteilungen des Versuchsfeldes zeigen, kann man leicht an der Hand des Situationsplanes der Parzellen (vergleiche Seite 563.) erklären. Wenn wir die mittleren Zahlen aus der Tabelle IV mit dem Situationsplan zusammenstellen, so sehen wir, daß die Differenzen zwischen diesen Zahlen durch die Ungleichheit des Feldes über-

¹⁾ R. Thiele. Die Verarbeitung des atmosphärischen Stickstoffes durch Mikroorganismen. Landw. V-Stationen B. LXIII. S. 188. 1905.

²⁾ E. Godlewski. Über das Nährstoffbedürfnis einiger Kulturpflanzen. Sonderabdruck aus der Zeitschrift f. das Landw. Vers.-Wesen in Österreich 1901.

E. Godlewski u. S. Jentys. Wymagania pokarmowe niektórych roślin gospodarskich. Roczniki Nauk Rolniczych. B. I. 1903. Krakau (polnisch).

TABELLE IV.

Abteilungen des Versuchsfeldes	Die Zeit der Pro- benahme	Art der Düngung				
		Parz. 1.	Parz. 2.	Parz. 3.	Parz. 4.	
		KPN mit Kalk	— ohne Kalk	KPN ohne Kalk	KP mit Kalk	
I	1905	113	109	—	115	
		112	108	—	110	
		—	109	—	113	
		—	104	—	110	
	1906	117	107	98	105	
		118	110	100	104	
		120	106	102	106	
	Mittel	116	108	100	109	
	II	1905	107	94	—	—
			109	95	—	—
—			95	—	—	
—			96	—	—	
1906		109	94	100	94	
		107	93	98	96	
		108	93	98	97	
Mittel		108	94	99	96	
III		1905	104	99	—	103
			105	99	—	101
	106		101	—	105	
	105		100	—	102	
	103		98	—	103	
	1906	107	89	96	100	
		106	90	95	100	
		103	88	96	99	
	Mittel	105	96	96	102	
	IV	1905	92	95	—	97
94			94	—	95	
91			94	—	97	
93			93	—	97	
92			95	—	96	
1906		85	85	99	94	
		88	83	98	94	
		85	83	97	94	
Mittel		90	90	98	96	

haupt bedingt werden. Nämlich der Stickstoffgehalt des Bodens nimmt in der Richtung der Diagonale von Abt. IV. gegen Abt. I. zu. Und dadurch kann man die obenerwähnte Erscheinung erklären, daß auf der Abt. IV. Parzelle Nr. 1. niedrigeren Stickstoffgehalt zeigt als Parzelle Nr. 3.

Der Umstand, daß auf Parzellen 1 mehr Stickstoff als auf Parzellen 3 gefunden wird, und zwar trotzdem sowohl den ersteren als den anderen gleiche Stickstoffmengen mit den Ernten entzogen werden — ferner der Umstand, daß die Parzellen 4 mehr Stickstoff enthalten als die Parzellen 2, obwohl wiederum mit den Ernten den ersteren mehr Stickstoff als den letzteren entzogen wird — dies alles beweist unwiderleglich, daß im Boden unter dem Einflusse der Kalkung die Anreicherung an Stickstoff erfolgt — ähnlich wie in den oben geschilderten und mit Remy's Methode ausgeführten Versuchen. Und dieser mittelbare oder unmittelbare Einfluß der Kalkdüngung auf Stickstoffgehalt äußert sich auf einem ziemlich kalkreichen Boden — mindestens auf dem Boden, welcher durch Mehrerträge auf die Kalkung nicht reagiert. Infolge der größeren Stickstoffassimilation im gekalkten Boden bleiben die Erträge auf Parzellen Nr. 4. die seit 10. Jahren keine Stickstoffdüngung erhalten, und auf denen keine Leguminosenpflanzen angebaut werden, immer auf gleicher Höhe und ihr Verhältnis zu den Erträgen auf mit Stickstoff gedüngten Parzellen Nr. 1. bleibt konstant. Außerdem nimmt noch auf denselben Parzellen der Stickstoffgehalt zu und jetzt ist er schon höher als auf den mit Stickstoffdünger behandelten aber nicht gekalkten Parzellen.

Das allgemeine Ergebnis dieser Untersuchungen steht im Widerspruch mit den oben erwähnten, das Versuchsfeld in Poppelsdorf betreffenden Beobachtungen von Wohltmann, Fischer u. Schneider. Dort zeigen die gekalkten Parzellen stets niedrigeren Stickstoffgehalt als die ungekalkten. Der Gesamtgehalt an Kalk im Boden dieser zwei Versuchsfelder scheint fast gleich zu sein. Während der Poppelsdorfer Boden in kaltem Salzsäure-Auszug 0·145% CaO aufweist, betragen die Kalkmengen auf dem Krakauer Versuchsfelde auf Abt. III und zwar:

auf Parzelle 1 mit vollst. Düngung und Kalkung	0·212%
„ „ 2 ohne Düngung und ohne Kalkung	0·198%
„ „ 3 mit vollst. Düngung ohne Kalk	0·175%
„ „ 4 ohne Stickstoff mit Kalkung	0·231%

Möglicherweise ist der Grund dieses Unterschiedes zwischen den in Poppelsdorf und den in Krakau erhaltenen Resultaten darin zu suchen, daß dort die Kalkung 170 kg, in Krakau dagegen nur 50 kg pro 1 Ar betrug.

Jedenfalls kann die Tatsache, daß die Kalkung fördernd auf die Stickstoffanreicherung im Boden wirkt, nicht verallgemeinert werden. Es sind wahrscheinlich im Boden nicht näher bekannte Bedingungen enthalten, welche nach Kalkzusatz von den gleichwertig erhöhten Tätigkeiten der Mikroorganismen in einem Falle wie in Poppelsdorf das Übergewicht der Nitrifikation über die Stickstoffbindung bewirken; in einem anderen Falle steht die erhöhte Nitrifikation hinter der noch mehr erhöhten Stickstoffbindung zurück und endlich erfolgt eine merkliche Erhöhung des Stickstoffgehaltes im Boden wie das in unseren hier geschilderten Untersuchungen bewiesen wurde.

Wir können unsere Untersuchungen bezüglich der Kalkwirkung auf das Gesamtergebnis des Stickstoffumsatzes im Boden als abgeschlossen betrachten und wollen nun vorläufig einige Beobachtungen über Stickstoffassimilation und Entwicklung von *Azotobacter chroococcum* in Reinkultur mitteilen, besonders da sie in einigen Fällen nicht mit den neuesten Publikationen übereinstimmen.

Erstens hielt man bislang allgemein die Isolierung des *Azotobacter* für sehr leicht. Und doch gelang es Thiele, diesen Organismus von einem anderen, von dem Verfasser „*bacillus molestus*“ genannten, vollkommen erst nach drei Monaten zu isolieren. Wir müssen gestehen, daß auch wir zunächst fast mit gleichen Schwierigkeiten zu kämpfen hatten und erst nach 1 Monate den *Azotobacter* in Reinkultur erhielten, aber später zeigte es sich doch, daß solche Schwierigkeiten sich nur dann einstellen, wenn zu der ersten Abimpfung eine verhältnismäßig junge Rohkultur verwendet wird. Bei der Abimpfung einer älteren Kammhaut genügen oft 4—5 Abimpfungen, um die Reinkultur von *Azotobacter* zu gewinnen.

Die Kolonien von *Azotobacter* werden, wie schon öfters hervorgehoben wurde, keineswegs immer braun und dieses Merkmal kann also nicht als charakteristisch gelten. Die Umstände, bei welchen die *Azotobacter*-Kolonien braun bis schwarz werden, können überhaupt heute nicht genau bestimmt werden.

Auf der Oberfläche der flüssiger Nährmedien bei der Reinkultur von *Azotobacter* haben wir nie eine Kammhaut bemerkt, nur nach langer Zeit entsteht an der Berührungsstelle der Flüssigkeit mit dem Gefäß ein brauner Ring, jedoch gar keine Membrane, was mit der Schilderung von *Azotobacter*reinkulturen in Nährlösungen von fast allen Forschern übereinstimmt. In Nährlösungen bildet *Azotobacter* nur einen trüben Bodensatz und auf der Oberfläche bleibt sogar eine einige mm dünne Schicht von Nährlösung ganz klar. Nach Heinze¹⁾ wird die Kammhautbildung sogar in Reinkulturen besonders durch Gegenwart von Pektinstoffen gefördert.

Wesentlich anderen Standpunkt nimmt J. Stoklasa ein²⁾, wenn er schreibt, daß „in den mit *Azotobacter* geimpften Kolben sich auf der Oberfläche eine charakteristische perlmutterartig glänzende Membrane zeigte, welche durch mikroskopische Untersuchung als Reinkultur von *Azotobacter* festgestellt wurde“. Und dies bezieht sich auf junge 15 bis 20 tägige Kulturen. Indessen stimmt die Beobachtung von J. Stoklasa, der — wie er selbst schreibt — die Isolierungsmethode von *Azotobacter* unmittelbar im Laboratorium Beijerincks kennen gelernt hat, nicht damit überein, was Beijerinck diesbezüglich sagt³⁾, daß „in den Reinkulturen niemals die schönen treibenden Häute der Rohkulturen erhalten werden. Doch mag dieses mit der Gegenwart der vielen fremden Mikroorganismen zusammenhängen“.

Unsere Versuche über die Stickstoffassimilation durch *Azotobacter* in Reinkultur zeigen im allgemeinen nur sehr bescheidene Stickstoffgewinne; doch wenn wir dieselben pro 1 Liter Nährlösung berechnet hätten, würden sie nicht den von Anderen erhaltenen Resultaten nachstehen.

Was das Verhältnis der gebundenen Stickstoffmengen zu den verbrauchten Mannit- oder Glukosemengen betrifft, stimmen unsere Zahlen im allgemeinen mit den schon mehrmals ermittelten überein. So betrug z. B. der Stickstoffgewinn in Petri-Schalen auf Glukose-Agar-Nährboden im Laufe von 6 Tagen 2.02 und 2.10 mg

¹⁾ Centralblatt für Bakt. B. XIV. S. 84. 1904.

²⁾ J. Stoklasa. Über die chemischen Vorgänge bei Assimilation des elementaren Stickstoffes durch *Azotobacter* u. *Radiobacter*. Ber. d. deutsch bot. Gesell. B. XXIV. S. 22. 1906.

³⁾ Beijerinck. Über oligonitrophile Mikroben. Centralblatt für Bakt. B. VIII. S. 569. 1901.

bei gleichzeitigem Verbrauch von 283 u. 210 mg Glukose. Eben-
solche Stickstoffgewinne haben wir auch auf Mannit-Agar-Nähr-
boden erhalten.

In einer Nährlösung von 200 ccm mit 2% Mannit in 3 Wo-
chen betrug der Gesamtstickstoffgewinn 1.33 mg. In gemischter
Kultur von Azotobacter mit sehr winzigen Bakterien, deren Kolo-
nien oft neben Azotobacter auf Nähragar hervortraten, betrug in
dieser Zeit der Stickstoffgewinn 1.99 mg und in einer Kultur von
diesen Bakterien allein — 0.49 mg.¹⁾

In 200 ccm 1.2% Glukoselösung (optimale Konzentration nach
Gerlach und Vogel) betrug die von Azotobacter gebundene Stick-
stoffmenge 3.28, 3.61 u. 4.96 mg.

Von den Versuchen über den Gaswechsel bei der Kultur von
Azotobacter wollen wir folgende kurz anführen. Diese Versuche
wurden in geschlossenen Apparaten nach Prof. Godlewski ausge-
führt, in welchen die ausgeatmete Kohlensäure in einem kleinen
Gefäß mit KOH absorbiert, dagegen die Menge des verbrauchten
Sauerstoffs nach dem Quecksilber-Niveau im seitlichen Röhrchen
bestimmt wurde. Am Ende des Versuches wurden einzelne Gas-
proben aus dem Apparate entnommen und einer Analyse in Eu-
diometern unterworfen.

In einem solchen mit Azotobacter auf festem Glukose-Agar-
nährboden, in einem Apparate von 842 ccm Inhalt ausgeführten
Versuche betrug der verbrauchte Sauerstoff im Laufe von 7 Tagen
78.18 ccm und die ausgeatmete CO₂ 81.39 ccm. Die ganze Gasbil-
lanz zeigte nur 0.85 ccm gebundenen Stickstoff, während nach
der Analyse der Stickstoffgewinn 1.54 mg = 1.23 ccm betrug.

In einem Versuche mit Mannit-Agar hat der Azotobacter pro
65 ccm des verbrauchten Sauerstoffs 59 ccm CO₂ ausgeatmet.
Stickstoffgewinn 2.5 mg.

In 50 ccm Mannitlösung betrug im Laufe von 46 Tagen der
Sauerstoffkonsum 152.93 ccm, während 150.9 ccm CO₂ ausgeschie-
den wurde. Stickstoffgewinn 2.03 mg = 1.62 ccm.

¹⁾ Als regelmäßige Begleiter von Azotobacter auf festem Nährboden bei den
ersten Abimpfungen der Rohkulturen fanden wir 2 Arten von Bakterien. Die eine
bildete sehr dünne häutige Kolonien, welche vom Impfstich sich flach ausbreiteten
und eine schöne blaue Fluoreszenz zeigten. Eine andere Art waren tropfartige, halb-
kugelig erhabene, farblose Kolonien, welche Mannit- oder Glukosenährlösung in
eine gallertartige Masse verwandelten.

Es verdient besonders von diesen Versuchen hervorgehoben zu werden, daß niemals in ihnen eine Spur von Wasserstoff gefunden wurde.

In ebenso ausgeführten Versuchen mit Rohkulturen von Azotobacter, in einer mit 5 g frischer Erde geimpften 100 ccm Mannitlösung war der Gasaustausch bedeutend energischer. Von Zeit zu Zeit mußte man daher reinen Sauerstoff in den Apparat einführen.

So z. B. betrug im Apparate von 776·29 ccm Inhalt während der ersten 5 Tage des Versuchs am 4. Tage das Maximum des verbrauchten Sauerstoffs 2·35 ccm pro Stunde. Die am 5. Tage bemerkte Abnahme von Sauerstoffverbrauch hatte in der verminderten Partialpressung von Sauerstoff ihren Grund, da der Sauerstoffkonsum gleich nach Zuführung von 93 ccm Sauerstoff bis 2·81 ccm pro Stunde zunahm (am 7. Tage). Am 8. Tage wurden noch 166 ccm weiter zugeführt und am nächsten Tage wuchs der Verbrauch bis auf 3·63 ccm pro Stunde an; darauf folgte eine plötzliche Abnahme bis 1·34 ccm, und stufenweise nahm diese Menge noch weiter ab.

Insgesamt wurden 433·49 ccm O₂ im Laufe von 12 Tagen verbraucht und 473·08 ccm CO₂ ausgeatmet. Die Analyse von einer dem Apparate am Ende des Versuchs entnommenen Gasprobe zeigte 5·29% H, 19·52% O₂ und 75·19 N. Zusammen wurden 42·53 ccm Wasserstoff ausgeschieden. Der Stickstoffgewinn betrug 11·27mg=9·02 ccm.

In einem anderen Versuche im Apparate von 830·4 ccm Inhalt mit 100 ccm Mannitnährlösung, welche mit 10 g frischer Erde geimpft wurde, wurden im Laufe von 10 Tagen in den Apparat 513·46 ccm Sauerstoff eingeführt. Der Gesamtverbrauch an Sauerstoff betrug 684·29 ccm und dabei wurden 670·41 ccm CO₂ ausgeatmet. Nach der Gasanalyse wurden in diesem Versuche 87·37 ccm Wasserstoff gebildet und 11·57 ccm Stickstoff gebunden. Stickstoffgewinn in der Nährlösung betrug 15·15 mg=12·12 ccm. Aus diesen Versuchen geht schon hervor, daß Wasserstoff sich nur in Rohkulturen bildete, welche immer einen scharfen Geruch von Buttersäure besaßen. In den Reinkulturen von Azotobacter konnten wir weder Wasserstoffbildung noch Auftreten von anderen verbrennbaren Gasen wahrnehmen. Die Mengen des verbrauchten Sauerstoffs in Roh- wie auch in Reinkulturen und der ausgeatmeten Kohlensäure sind fast

gleich. Diese Ergebnisse stehen wiederum im Widerspruch mit den von J. Stoklasa erhaltenen Resultaten, da er eben in der Reinkultur von *Azotobacter* eine sehr intensive Wasserstoffbildung konstatierte. In den Versuchen, welche 2 Wochen dauerten, fand er in einem Falle die Menge von Wasserstoff 28 mg pro 3131.7 mg Kohlendioxyd, in einem anderen Fall — 30 mg. pro 4920 mg Kohlen-säure. Aus diesen Zahlen kann man leicht berechnen, daß auf je 5—7 cem Kohlen-säure 1 cem Wasserstoff gebildet wurde.

In den hier geschilderten Versuchen mit Reinkultur von *Azotobacter* wurden 81.59 und 151 cem Kohlen-säure konstatiert und dabei keine Spur von Wasserstoff. In den Rohkulturen dagegen bildete sich 1 cem Wasserstoff — in einem unseren Versuche auf je 7.7 cem, in dem anderen auf je 11 cem ausgeatmete CO_2 .

Es sei jedoch zum Schluß hervorgehoben, daß in unseren Versuchen mit Reinkulturen von *Azotobacter* keine bedeutenden Stickstoffmengen gebunden waren, und dies ist die einzige Ursache, warum wir noch zögern, den Ergebnissen von J. Stoklasa entschieden zu widersprechen.

Im Juli 1906.

36. M. MARIE SMOLUCHOWSKI. *Zarys teorii kinetycznej ruchu Browna i roztworów mętnych. (Essai d'une théorie cinétique du mouvement Brownien et des milieux troubles)*. Mémoire présenté par M. Lad. Natanson m. t.

§ 1. Les mouvements tremblants, bien connus aux microscopistes qu'exécutent des particules très petites suspendues dans les liquides, en poursuivant des chemins capricieux en zigzag, ont été l'objet de nombreuses recherches depuis l'année 1827, où le botaniste Brown les avait signalés le premier; cependant, on n'a pas encore réussi à les expliquer d'une façon satisfaisante, et aucune des nombreuses théories proposées jusqu'à ce jour n'est admise généralement.

Cette incertitude est due, en partie, à l'inexactitude des données expérimentales, puisqu'on s'est borné, en général, à des observations qualitatives et à des descriptions vagues, mais d'autre part, et surtout, elle est due à des raisonnements théoriques erronés et à l'inexistence d'une théorie mathématique exacte. C'est pourquoi j'ai entre-

pris, il y a quelques années, de donner une analyse détaillée de la théorie cinétique du phénomène en question, qui me paraissait la plus vraisemblable. Je n'en ai pas encore publié les résultats, car je désirais les vérifier d'abord par une étude expérimentale étendue. Cependant, la discussion de ce sujet a été reprise dans deux travaux de M. Einstein¹⁾, où l'auteur étudie le déplacement que des petites particules devraient subir, grâce à leur mouvement moléculaire, ce qui l'amène à la conclusion que ce phénomène est de nature cinétique. Les conclusions de M. Einstein, quoique dérivées d'un raisonnement tout à fait différent, sont presque identiques avec une partie de celles auxquelles je suis arrivé moi-même; mais je crois que ma méthode fait mieux comprendre le mécanisme intime du phénomène et qu'elle est à l'abri de quelques objections qu'on pourrait élever contre celle de M. Einstein. C'est pourquoi je me suis décidé d'en donner un exposé dans ce qui suit; j'espère de contribuer ainsi à l'explication de ces phénomènes, si intéressants et importants au point de vue théorique.

Je donne aussi une analyse des faits expérimentaux connus et des théories proposées, d'où résultent des indications très nettes, je crois, en faveur de la théorie cinétique. J'ajoute enfin quelques remarques sur la théorie des milieux troubles.

I.

§ 2. Les conclusions qu'on peut tirer des recherches expérimentales sur ce sujet, sont surtout de nature négative, c'est-à-dire qu'elles excluent des explications diverses qui semblent possibles *a priori*. Il paraît, qu'on peut considérer comme établis les faits suivants¹⁾:

¹⁾ Drude Ann. 17 p. 549 (1905), 19 p. 371 (1906).

²⁾ Voici la liste des travaux consultés, dont les auteurs sont mentionnés dans ce qui suit: Brown: Pogg. Ann. 14 p. 294 (1828); Cantoni: Nuovo Cimento 27 p. 156 (1867); Rendic. I. Lomb. 1 p. 56 (1868), 22 p. 152 (1889); Dancer: Proc. Manch. Soc. 9 p. 82 (1869); Felix Exner: Drude Ann. 2 p. 843 (1900); Sigmund Exner: Wien. Sitzungsber. 56 p. 116 (1867); Gouy: J. d. Phys. 7 p. 561 (1888), Comptes Rend. 109 p. 102 (1889); Jevons: Proc. Manch. Soc. 9 p. 78 (1869); Kolacek: Beibl. 14 p. (1889); Maltézos: Compt. Rend. 121 p. 303 (1895), Ann. Chim. Phys. 1 p. 559 (1894); Meade Bache: Proc. Amer. Phil. Soc. 33 (1894), Chem. News 71 p. 47 (1895); Mensbrugge: Pogg. Ann. 138 p. 323 (1869); Muncke: Pogg. Ann. 17 p. 159 (1829); Nägeli: Münch. Sitzsber.

La généralité du phénomène de Brown.

On a examiné (surtout Brown, Wiener, Cantoni, Gouy) un nombre énorme de substances, les plus diverses, pulvérisées, et on a trouvé que toutes manifestent le mouvement, si leurs particules sont assez petites; de la même manière se comportent aussi des gouttelettes microscopiques de liquides et des bulles de gaz (p. ex. dans le contenu liquide des cavités dans certains minéraux). M. Gouy dit: „Le point le plus important est la généralité du phénomène; des milliers de particules ont été examinées et dans aucun cas on n'a vu une particule en suspension qui n'offrît pas le mouvement habituel“.

Le mouvement est d'autant plus animé que les particules sont plus petites, il est à peine perceptible pour une grandeur de 0.004 mm, mais il est très rapide pour des particules à la limite de la visibilité.

Wiener donne les nombres approximatifs: $v = 0.0023 \frac{\text{mm}}{\text{sec}}$ et $v = 0.0005 \frac{\text{mm}}{\text{sec}}$ pour les diamètres $s = 0.0010$ mm et $s = 0.0016$ mm. Exner, qui seul a fait une recherche quantitative étendue, donne: $v = 0.0027, 0.0033, 0.0038 \frac{\text{mm}}{\text{sec}}$ pour $s = 0.0013, 0.0009, 0.0004$ mm (dans l'eau, à température 23°).

Quant à l'influence de la substance des particules, les auteurs ne sont pas d'accord entre eux. Gouy et Jevons maintiennent que des particules de grandeur égale, mais de substance quelconque, solide, liquide ou gazeuse, sont douées des mouvements peu différents, tandis que d'autres, surtout M. Cantoni, constatent aussi une influence de leur composition chimique (Ag plus actif que Fe, Pt > Pb etc.).

Il semble possible, toutefois, que les observations de Cantoni se réduisent au fait connu que certains substances peuvent être pulvérisées plus facilement que d'autres, et que la structure cristalline ou fibreuse de certains corps peut empêcher la formation des

1879 p. 389; Quincke: Naturf. Vers. Düsseldorf 1898 p. 28, Beibl. 23 p. 934 (1898); Regnaud: J. de pharm (3) 34 p. 141 (1857); Fr. Schultze: Pogg. Ann. 129 p. 366 (1866); Spring: Rec. Trav. Chim. Pays-Bas p. 204 (1900); Wiener: Pogg. Ann. 118 p. 79 (1863).

particules sphériques, qui se prêtent le mieux à ces observations. En tout cas, la substance des particules n'importe que très peu.

Il n'y a pas de doute, au contraire, quant à l'influence du milieu liquide. Les mouvements sont les plus intenses dans l'eau et dans les liquides de fluidité semblable, ils sont moins prononcés dans les liquides plus visqueux et à peine perceptibles dans les liquides si-rupeux, comme huile, glycérine, acide sulfurique. A une température de 50°, cependant, où la viscosité de la glycérine est beaucoup moindre, les mouvements sont plus distincts (S. Exner). M. Cantoni trouve que l'alcool et surtout la benzine et l'éther sont moins actifs que l'eau, tandis que d'après M. Muncke l'alcool serait plus actif.

§ 3. La généralité du phénomène est liée avec son

Invariabilité. C'est un fait accentué presque par tous les observateurs que les particules continuent toujours de se mouvoir de la même manière, pourvu qu'elles soient suspendues dans le liquide; le mouvement disparaît d'ordinaire lorsqu'elles sont disposées sur le fond ou sur les parois du vaisseau. C'est pourquoi les mouvements des substances à densité presque égale à l'unité peuvent être poursuivis plus longtemps que des substances lourdes, qui s'y déposent vite. C'est aussi ce qui explique l'arrêt apparent, causé par l'addition des sels (Jevons), qui produit, comme on le sait, la floculation et la sédimentation des particules (Maltézos, Gouy, Spring).

M. Cantoni ne pouvait constater aucun changement du mouvement en observant des liquides inclus entre des plaques de verre, dans de la paraffine, pendant toute une année¹⁾.

§ 4. Une propriété très caractéristique est l'indépendance de ces mouvements des conditions extérieures. On a essayé l'influence des agents les plus divers sans succès. Le phénomène ne change pas, si l'on couvre le liquide avec une plaque de verre, pour empêcher l'évaporation (Wiener, Cantoni, Gouy et d'autres), ou si l'on le met dans un endroit tranquille, à l'abri des ébranlements (S. Exner, Gouy), ou dans un bain à tempé-

¹⁾ L'addition de la gélatine arrête le mouvement, ce qui s'explique par la viscosité, ou plutôt par la structure de la gélatine (Wabenstruktur, Bütschli). Des causes analogues (membranes d'écume) pouvaient affecter quelques phénomènes semblables, observés par M. Quincke.

rature constante (Gouy). On peut le maintenir pendant des mois dans l'obscurité (Meade Bache), ou le soumettre à l'ébullition pendant une heure (Maltézos), on peut empêcher l'accès des rayons calorifiques, on peut changer la couleur de la lumière incidente ou son intensité dans des limites de 1 : 1000 (Gouy), tout cela n'a pas d'effet appréciable. Une illumination intense n'agit que par l'élévation graduelle de la température, et c'est le seul agent qui accélère le mouvement — effet marqué surtout dans les liquides de grande viscosité (S. Exner). M. F. Exner a fait quelques mesures de l'influence de la température pour l'eau dont nous empruntons les résultats: $v = 0.0032 \frac{\text{mm}}{\text{sec}}$ pour 20° , et $v = 0.0051 \frac{\text{mm}}{\text{sec}}$ pour 71° .

§ 5. Les faits exposés dans le paragraphe précédent conduisent à abandonner toutes les théories qui présument des sources extérieures d'énergie, surtout l'hypothèse qui s'impose d'abord, que le phénomène Brownien est provoqué par les courants de convection, engendrés par les inégalités de la température au sein du liquide. Des considérations simples, concernant le mécanisme de tels courants, contredisent d'ailleurs cette explication. A la température de 40°C . les mouvements devraient cesser complètement dans l'eau, tandis qu'ils subsistent, en réalité, avec presque la même vitesse, jusqu'à zéro (Meade Bache). Si l'espace rempli par le liquide est réduit, au moyen d'un couvre-objet, à un dixième de millimètre (p. ex. Gouy), les courants devraient être ralentis énormément, mais on n'observe aucun changement du mouvement. D'après un simple calcul approximatif une chute de 10.000° degrés par centimètre serait nécessaire dans ce cas à la production d'un courant correspondant aux vitesses mesurées du § 2. On aura de tels courants, en général, dans des vaisseaux à dimensions plus grandes, mais leur mouvement d'ensemble, de translation régulière, peut être distingué aisément, au microscope, du tremblement irrégulier exercé par chaque particule indépendamment des autres qui constitue le mouvement Brownien.

Remarquons enfin que les différences maxima de température autour d'une particule sphérique, exposée à l'insolation directe et absorbant tout le rayonnement à sa surface, ne sont qu'une fraction du coefficient $\frac{ca}{k}$ (c = rayonnement solaire, a = rayon de la sphère,

k = conductibilité calorique), qui pour $a = 10^{-4}$ cm, $k = 10^{-3}$ (l'eau), est égal à $\frac{1}{300}^{\circ}$. Cela suffit, avec ce qui a été dit plus haut, à réfuter la théorie de M. Regnaud, d'après laquelle le mouvement serait dû aux courants engendrés autour de chaque particule, par suite de l'absorption des rayons à sa surface.

L'indépendance des mouvements de l'intensité du rayonnement incident prouve aussi l'impossibilité des hypothèses de M. Kolaček et de M. Quincke. La première suppose une analogie avec le mouvement du radiomètre, l'autre une analogie avec certains phénomènes de mouvement capillaire périodique, étudiés par M. Quincke. On hésitera, d'ailleurs, à admettre une analogie entre ces mouvements capillaires, qui sont un phénomène tout à fait exceptionnel, observé avec certains liquides (huile et solution de savon, alcool et solution de sels, etc.) et le mouvement Brownien, phénomène régulier et indépendant des substances employées; il serait difficile d'ailleurs de comprendre pourquoi et de quelle manière se ferait l'extension périodique (*periodische Ausbreitung*) des couches plus chaudes sur les couches plus froides, à la surface des particules, qui d'après M. Quincke, produirait ces mouvements.

On ne peut pas nier, naturellement, qu'un rayonnement assez intense pourrait engendrer un mouvement thermique, ou même radiométrique, mais celui-ci serait d'une autre nature que le mouvement Brownien.

§ 6. Restent à considérer les théories qui supposent des sources intérieures d'énergie. Il faut exclure, d'abord, l'hypothèse de l'existence de forces répulsives entre les particules (Meade Bache), ou de forces électriques semblables (Jeavons), puisque celles-ci pourraient produire un certain groupement de particules, mais non pas un mouvement continu; d'ailleurs l'existence de ces forces ne serait qu'un nouveau problème à résoudre.

L'hypothèse, d'après laquelle le phénomène Brownien se réduirait à un phénomène purement capillaire, doit être abandonnée. Maltézos regarde des impuretés accidentelles comme la cause première, dérangeant l'équilibre capillaire; et des idées semblables ont été émises par M. Mensbrugge (analogie avec le mouvement du camphre sur l'eau). Comment expliquerait-on que l'addition d'impuretés n'a aucun effet sur le mouvement, et que des corps absolument insolubles (diamant, graphite, métaux), se meuvent comme tous les autres? qu'ils ne cessent jamais de le faire, tandis qu'avec le

temps les différences initiales devraient tendre à disparaître. Les bulles de gaz microscopiques qui sont enfermées dans les minéraux n'auraient-elles pas encore atteint l'état d'équilibre capillaire? Et pourtant elles se meuvent.

II.

§ 7. Procédons à l'examen des théories cinétiques.

L'observation directe du mouvement, au microscope, produit l'impression d'un mouvement moléculaire. Ce ne sont pas des vibrations, ni des simples mouvements progressifs, c'est plutôt un tremblement, ou comme M. Gouy s'exprime: un fourmilloinement. Les particules poursuivent des zigzags irréguliers, dans toutes les directions de l'espace, comme si elles étaient poussées par des collisions accidentelles avec les molécules; en somme, le progrès est très lent, malgré leur activité fiévreuse. Beaucoup de physiciens ont considéré ce phénomène comme une preuve évidente des théories cinétiques. Il y a deux manières de l'interpréter à ce point de vue. D'après M. Wiener et M. Gouy les particules indiquent les mouvements au sein du liquide, qui sont coordonnés dans des espaces de l'ordre d'un espace de (0.001 mm³). C'est probablement ce que M. S. Exner avait en vue, en parlant de petits courants qui poussent ces corps. Nous reviendrons sur cette théorie plus tard (§ 19), ainsi qu'à l'objection soulevée par M. Maltézos, que l'hypothèse du parallélisme des mouvements dans l'espace de (0.001 mm³) n'est nullement prouvée et qu'elle est incompatible avec leur indépendance pour des distances plus grandes.

Nous étudierons ici l'explication cinétique la plus simple: nous admettrons que ce qu'on voit constitue l'effet des collisions accidentelles des particules avec les molécules du liquide. Une objection considérée souvent comme décisive contre cette théorie a été faite par Nägeli. Il montre que la vitesse, transmise à une particule sphérique de diamètre 0.003 mm par la collision avec une molécule d'hydrogène, n'est que $2 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mm}}{\text{sec}}$, ce qui ne serait pas visible au microscope, et il prétend que les chocs, agissant de tous les côtés, s'annuleraient et ne donneraient aucun résultat perceptible.

§ 8. Cette conclusion est assimilable à l'erreur que commettrait une personne qui poursuit un jeu de hasard, si elle s'attendait à n'avoir

jamais de perte ou de gain plus considérable que l'enjeu simple. On sait qu'en général les chances ne se balancent pas exactement et que le montant de la somme perdue ou gagnée s'élève avec le nombre des coups. Il sera utile d'illustrer cette remarque par un calcul simple, basé sur la supposition de chances égales pour les coups favorables (+) et défavorables (-), dont le nombre total soit n . En considérant toutes les combinaisons possibles, on trouve la probabilité pour m coups (+) et $n-m$ coups (-), c'est-à-dire pour une somme $(2m-n)$ positive:

$$\frac{n!}{2^n m! (n-m)!}$$

D'où résulte la valeur moyenne de la déviation, positive ou négative:

$$v = 2 \sum_{m=\frac{n}{2}}^n \binom{n}{m} \frac{2m-n}{2^n},$$

si nous supposons, pour simplifier, un nombre n pair.

Cette expression se transforme, en vertu du théorème binomial, et devient

$$(1) \quad v = \frac{n}{2^n} \binom{n}{\frac{n}{2}},$$

ce qui pour des nombres n grands se réduit approximativement à

$$(2) \quad v = \sqrt{\frac{2n}{\pi}}$$

Il en résulte, que la vitesse transmise à la particule M (étant en repos) par une collision directe avec une molécule m , douée d'une vitesse c , ne sera que $C = \frac{mc}{M}$, ce qui est de l'ordre de grandeur calculé par Nägeli, et la valeur moyenne absolue de la composante dans une direction fixe X sera plus petite encore. Mais il faut considérer que la particule M subira plus de 10^{16} collisions par seconde dans un gaz et 10^{20} collisions dans un liquide, dont l'effet s'annulera en général; mais il y aura toujours un excès, positif ou négatif, de 10^8 ou 10^{10} collisions, et par conséquent la particule M atteindrait une vitesse de $10-10^3 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$ dans la direction, positive ou négative, des X .

§ 9. Cela prouve que l'objection de Nägeli n'est pas justifiée, mais le résultat final, d'autre part, n'est pas exact. Car: α) la valeur absolue du changement de la vitesse C ne sera pas la même pour chaque collision, elle dépendra de la valeur absolue de C ; β) la probabilité des collisions retardantes sera plus grande que celle des collisions accélérantes, pour des grandes vitesses C . Ces deux facteurs s'opposent à une augmentation illimitée de la vitesse C ; le résultat final, qu'on peut prévoir immédiatement d'après les principes connus de la théorie cinétique des gaz, est que l'énergie cinétique moyenne du mouvement de translation de M deviendra égale à l'énergie cinétique moyenne des molécules m du liquide. Car l'égalisation de cette valeur est précisément la condition caractéristique, d'après les théorèmes de Maxwell et Boltzmann, de l'équilibre thermique des corps¹⁾. La même conclusion résulte, d'ailleurs, de ce que les particules M jouent le rôle de molécules (très polyatomiques) d'une substance dissoute dans le milieu, et qu'elles auront la même énergie cinétique par conséquent qu'une molécule d'un gaz à la température du milieu. Donc, on peut calculer la vitesse moyenne C d'après la formule ordinaire de la théorie des gaz:

$$C = c \sqrt{\frac{m}{M}} \quad (3)$$

ce qui pour un diamètre de M : $2R = 0.001$ mm et une densité égale à celle de l'eau, donne $C = 0.4 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$. Mais, comment réconcilier ce résultat

avec les expériences, qui ont donné (§ 2) une valeur de $3.1 \cdot 10^{-4} \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$?

Cette contradiction, signalée par M. F. Exner, paraît à première vue un obstacle sérieux à la théorie cinétique. Or, l'explication est très simple. Il serait impossible de suivre le mouvement d'une telle particule, si elle était douée d'une vitesse de $0.4 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$, ce qui correspond à $2 \frac{m}{\text{sec}}$, dans un microscope à grossissement 500.

Ce, que nous voyons, n'est que la position moyenne de la particule, poussée 10^{20} fois par seconde, avec cette vitesse, chaque fois

¹⁾ Voir p. ex. Boltzmann: Gastheorie II p. 102; aussi Jäger: Wiener Sitzsber. 110 p. 1141 (1901).

dans une direction différente. Son centre décrira un chemin à zig-zags capricieux, composé de morceaux droits de longueur beaucoup plus petite même que les dimensions des particules; son déplacement n'est visible que lorsque la somme géométrique de ces morceaux s'élève à une valeur appréciable¹⁾. En outre, il faut introduire une correction de moindre importance, à savoir: ce n'est pas le mouvement dans l'espace, mais sa projection dans un plan que nous observons. Les vitesses réelles, par conséquent, seront plus grandes en raison de $\frac{4}{\pi}$ (en moyenne) que les vitesses mesurées.

III.

§ 10. Essayons maintenant de pousser plus loin l'analyse d'un tel mouvement en lui donnant une forme qui se prête au traitement mathématique.

D'après ce qui a été dit plus haut, il est évident que la valeur absolue de C oscillera toujours autour de la valeur moyenne, donnée par (3), et ne s'en éloignera que rarement, tandis que la direction du mouvement changera continuellement. On peut donc considérer la vitesse comme approximativement constante, mais sa direction comme variable. Des lois de la collision des corps sphériques on déduit aisément la conclusion que la composante de vitesse, normale à la direction du mouvement primitif C , transmise à M par chaque collision, est en moyenne: $\frac{3}{4} \frac{mc}{M}$, c'est-à-dire que la direction du mouvement de M change de l'angle

$$(4) \quad \varepsilon = \frac{3}{4} \frac{mc}{MC} = \frac{3}{4} \frac{C}{c}.$$

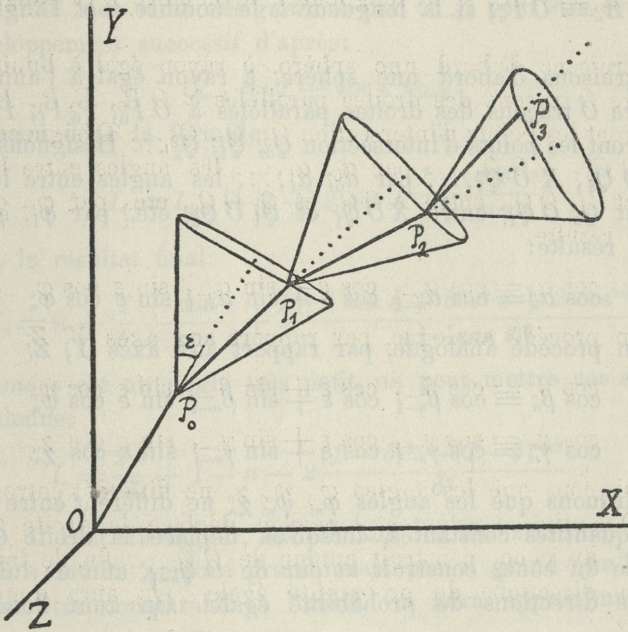
Comme nous supposons $\frac{m}{M}$ très petit, et par conséquent aussi $\frac{C}{c}$ petit, il en résulte que le cas envisagé est opposé à celui des collisions des molécules gazeuses entre elles. Car dans la théorie des gaz, on admet la supposition, inexacte d'ailleurs, que pour le mou-

¹⁾ M. Exner et M. Wiener eux-mêmes remarquent qu'ils ne pouvaient pas tenir compte des zigzags très petits, mais ils n'apprécient pas l'importance de ce fait.

vement après une collision toutes les directions de l'espace sont également probables tandis qu'ici, au contraire, nous voyons une tendance extrême à maintenir la direction du mouvement primitif (persistance de vitesse)¹⁾.

Maintenant, il faut distinguer deux cas: 1) le rayon R des particules est petit ou 2) il est grand par rapport au parcours libre λ des molécules du milieu.

Nous étudierons d'abord le premier cas qui est plus simple, puisqu'on peut négliger alors la réaction du mouvement de la sphère



M sur la distribution des vitesses des molécules environnantes. Alors leurs collisions avec M seront des événements indépendants, accidentels, et la courbure du chemin de M aura lieu, avec la même probabilité, dans un plan quelconque mené par la direction du mouvement instantané de M .

§ 11. Le problème en question se réduit par conséquent, à ce qui suit. Soient $P_0 P_1 P_2 \dots$ (voir fig. 1) les points où se trouve

¹⁾ Smoluchowski, Ce Bulletin 1906 p. 212; Jeans Phil. Mag. 8 p. 670 (1904).

le centre de la particule M , aux moments des collisions successives, qui changent, chaque fois, la direction de son mouvement de l'angle ε .

Supposons les longueurs $OP_0, P_0P_1, P_1P_2, \dots$ égales entre elles (c'est ce qu'on peut appeler le vrai parcours libre l du corps M) et supposons égales les probabilités du mouvement dans toutes les génératrices du cône ε , formé autour de la direction du mouvement précédent, dans ces points.

Ce que nous cherchons, c'est la valeur moyenne du carré de la distance $\Lambda_n = OP_n$, si la longueur l , le nombre n et l'angle ε sont donnés.

Construisons d'abord une sphère, à rayon égal à l'unité, et de son centre O traçons des droites parallèles à $OP_0, P_0P_1, P_1P_2, \dots$ qui y auront les points d'intersection Q_0, Q_1, Q_2, \dots . Désignons les angles XOQ_0, XOQ_1, \dots par $\alpha_0, \alpha_1, \dots$ les angles entre les plans XOQ_0 et Q_0OQ_1 , entre XOQ_1 et Q_1OQ_2 , etc., par $\varphi_1, \varphi_2, \dots$

Il en résulte:

$$\cos \alpha_n = \cos \alpha_{n-1} \cos \varepsilon + \sin \alpha_{n-1} \sin \varepsilon \cos \varphi_n$$

et par un procédé analogue, par rapport aux axes Y, Z :

$$\cos \beta_n = \cos \beta_{n-1} \cos \varepsilon + \sin \beta_{n-1} \sin \varepsilon \cos \psi_n$$

$$\cos \gamma_n = \cos \gamma_{n-1} \cos \varepsilon + \sin \gamma_{n-1} \sin \varepsilon \cos \chi_n$$

Remarquons que les angles $\varphi_n, \psi_n, \chi_n$ ne diffèrent entre eux que par des quantités constantes, lorsqu'on déplace la droite OQ_n sur la surface du cône, construit autour de OQ_{n-1} , afin de lui donner toutes les directions de probabilité égale. On aura donc $d\varphi_n = d\psi_n = d\chi_n$.

La même opération nous donne les valeurs également probables de α_n , d'où résulte la valeur moyenne:

$$(5) \quad \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \cos \alpha_n d\varphi = \cos \alpha_{n-1} \cos \varepsilon.$$

Revenons à la question proposée. La définition de Λ_n donne:

$$(6) \quad \Lambda_n^2 = \frac{l^2}{(2\pi)^n} \int \{ [\cos \alpha_0 + \cos \alpha_1 + \dots + \cos \alpha_n]^2 + [\cos \beta_0 + \cos \beta_1 + \dots + \cos \beta_n]^2 + [\cos \gamma_0 + \dots + \cos \gamma_n]^2 \} d\varphi_1 d\varphi_2 \dots d\varphi_n.$$

L'intégrale signifie une intégration successive d'après $d\varphi_n, d\varphi_{n-1}, \dots, d\varphi_1$ dans les limites 0 et 2π ; désignons la par I_n .

En séparant $\cos \alpha_n, \cos \beta_n, \cos \gamma_n$ du reste des expressions dans les parenthèses, et en y appliquant (5) et les deux autres équations analogues on obtient:

$$I_n = I_{n-1} + 1 + 2 \cos \varepsilon \int \{ [\cos \alpha_0 + \dots \cos \alpha_{n-1}] \cos \alpha_{n-1} + \\ + [\cos \beta_0 + \dots \cos \beta_{n-1}] \cos \beta_{n-1} + \dots \} d\varphi_1 \dots d\varphi_{n-1}$$

où l'intégrale, que nous désignerons par C_{n-1} , peut être évaluée par un développement successif d'après:

$$C_{n-1} = 1 + \cos \varepsilon C_{n-2}.$$

On aura donc la formule:

$$I_n = I_{n-1} + 1 + 2 \cos \varepsilon \frac{1 - \cos^n \varepsilon}{1 - \cos \varepsilon} \quad (7)$$

et enfin, le résultat final:

$$I_n = n + \frac{1 + \cos \varepsilon}{1 - \cos \varepsilon} + \frac{1 - 2 \cos \varepsilon - \cos^2 \varepsilon + 2 \cos^{n+2} \varepsilon}{(1 - \cos \varepsilon)^2} \quad (8)$$

Comme ε est un angle très petit, on peut mettre $\cos \varepsilon = 1 - \delta$, ce qui donne:

$$I_n = \frac{2n}{\delta} + 1 - n - 2 \frac{(1 - \delta)^2 - (1 - \delta)^{n+2}}{\delta^2} \quad (9)$$

§ 12. Il faut distinguer, maintenant, les cas suivants:

1) Si n est un nombre grand, mais pas si grand que le produit $n\delta$ puisse être comparable à l'unité, on aura approximativement:

$$I_n = n^2; \text{ ou } \bar{A}_n = nl; \quad (10)$$

donc la distance A_n sera égale, tout simplement, à la longueur du chemin. La courbure du chemin est négligeable, on peut le regarder comme droit.

2) Si le nombre n est plus grand, il faut tenir compte d'une correction:

$$\bar{A} = nl \left(1 - \frac{n\delta}{6} \right). \quad (11)$$

Le raccourcissement de la distance par suite de la courbure entre en compte.

3) Si $n\delta$ est de l'ordre de l'unité, cette expression n'est plus applicable; il faut recourir à la formule (9).

4) Enfin, si le nombre de collisions n est si grand, que $n\delta$ dépasse l'unité de beaucoup (ce qui est une condition remplie dans tous les cas qui se prêtent à l'observation), le résultat se simplifie encore, par suite de: $\lim \cos^n \varepsilon = \lim (1-\delta)^n = \lim e^{-n\delta} = 0$, et nous aurons le résultat final ¹⁾:

$$(12) \quad \bar{A} = l\sqrt{\frac{2n}{\delta}}.$$

Donc, la distance ne croît pas en raison du nombre de morceaux composants, mais en raison de sa racine carrée, c'est un résultat analogue à l'équation (2) du § 8 et à la formule (15) du mémoire cité, qui donne les distances moyennes parcourues par les molécules d'un gaz: $\bar{A}_n = l\sqrt{n}$. En effet, ces deux résultats sont connexes; car supposons que nous définissons la longueur du chemin qui ne peut plus être considéré comme droit ou dont la courbure est prononcée, par la condition $n\delta = 2$, c'est-à-dire qu'on peut imaginer un changement complet de direction, ayant lieu après chaque $n = \frac{2}{\delta}$ -ième collision; dans ce cas, en effet, l'application de la formule citée à un chemin composé de $\frac{n\delta}{2}$ morceaux indépendants, dont chacun a la longueur $\frac{2l}{\delta}$, donne un résultat identique à (12). Les particules M , par conséquent, se comportent comme des molécules gazeuses, douées d'un chemin libre $\frac{2l}{\delta}$. Cette grandeur peut être appelée parcours libre apparent.

La substitution de l'expression

$$(13) \quad \delta = \frac{\varepsilon^2}{2} = \frac{9}{32} \left(\frac{mc}{MC} \right)^2 = \frac{9}{32} \frac{m}{M}$$

¹⁾ Ce que nous avons trouvé n'est pas la distance moyenne, mais la racine du carré moyen de la distance, qui sera plus grande de la distance moyenne en proportion de $\sqrt{\frac{3\pi}{8}} = 1.085$, d'après les formules (14) et (15) de mon mémoire dans *Bullet. Int. Acad. Cracovie* 1906, p. 202. Mais nous pouvons négliger cette différence, car il ne s'agit ici que de l'ordre de ces grandeurs.

dérivée de (3) et de (4), donne:

$$\Lambda = l \sqrt{\frac{32 Mn}{9 m}} \quad (14)$$

ou, en considérant que la longueur des morceaux composants l est égale à la vitesse $C = c \sqrt{\frac{m}{M}}$, divisée par le nombre de collisions n , subies par seconde:

$$\Lambda = \frac{4 \sqrt{2} c}{3 \sqrt{n}} \quad (15)$$

Notons, d'abord, le résultat inattendu, d'après lequel le chemin parcouru par M ne dépend pas de la masse de M , mais de la nature du milieu environnant et de la fréquence des collisions, qui est liée avec les dimensions de M . Une masse plus grande a une moindre vitesse C , mais une persistance de vitesse plus considérable, et ces deux effets se contre-balaçent.

§ 13. Considérons encore une objection, qu'on pourrait élever contre les suppositions admises dans ce calcul. Nous avons supposé que le corps M conserve toujours la même vitesse C , tandis qu'en réalité elle sera variable. Cette simplification pourrait entraîner une erreur considérable dans nos résultats, si la vitesse de M diminuait souvent jusqu'à une valeur moindre que $\frac{mc}{M}$, dans l'intervalle qui correspond au mouvement rectiligne; car cela engendrerait, chaque fois, un changement complet de sa direction. On peut estimer la probabilité de cet événement de deux manières: d'après le raisonnement du § 8 ou, ce qui est plus exact, en appliquant la loi de Maxwell $v^2 e^{-\frac{v^2}{\alpha^2}} dv$ aux particules M , en vertu de leur analogie avec les molécules gazeuses.

Il en résulte l'extrême improbabilité d'un tel fait, ce qui prouve que notre supposition simplifiante n'entraîne pas d'erreur essentielle.

IV.

§ 14. Essayons maintenant d'analyser le second cas possible, mentionné à la fin du § 10, c'est-à-dire le suivant: les dimensions de la particule M ne peuvent être considérées comme petites par

rapport au parcours libre λ des molécules du milieu. Alors les chocs de ces molécules contre M ne seront plus distribués avec la même probabilité dans toutes les directions, puisque les couches voisines de la sphère participeront dans son mouvement, ce qui aura pour effet d'empêcher les changements brusques de la direction du mouvement de M et par conséquent, d'agrandir le chemin A . Malheureusement la méthode exacte du § 11 ne peut être appliquée dans ce cas: mais on peut déduire au moins l'ordre de grandeur de A , par une voie différente, moins exacte, mais très simple.

La particule M , lancée dans le milieu avec une vitesse initiale C , subirait un ralentissement du mouvement (de la vitesse composante, dans la direction initiale) d'après la formule:

$$(16) \quad V = C e^{-\frac{t}{\tau}}$$

où τ représente la masse de la particule, divisée par le coefficient de la résistance: $\tau = \frac{M}{S}$. Mais d'après ce qui a été dit au § 9, l'énergie cinétique du centre de la gravité de M ne diminue pas, si C a la valeur qui résulte de (3). La sphère perd sa vitesse primitive, mais en revanche elle acquiert des vitesses normales au mouvement initial, de telle grandeur en moyenne, que la vitesse résultante ne change pas¹⁾.

Nous pouvons regarder le temps de relaxation τ comme mesure de la durée du mouvement rectiligne, et le chemin $\tau C = \frac{MC}{S}$ comme mesure du chemin rectiligne. Le mouvement de la particule M peut être assimilé, par conséquent, au mouvement d'une molécule gazeuse, qui s'éloignerait de sa position initiale sur un chemin en zigzag, composé de morceaux droits de la longueur du parcours libre (apparent) $\lambda = \tau C$.

La distance moyenne atteinte, par une telle molécule, est d'après la formule citée p. 590: $A_n = \lambda \sqrt{n}$, d'où résulte le déplacement, atteint dans une seconde:

¹⁾ Ceci est en désaccord avec l'opinion d'après laquelle un ralentissement infini de la vitesse V aurait lieu dans un milieu visqueux. En réalité, avec des corps visibles à l'œil nu, le mouvement calorique subsistant, C , sera très petit en comparaison avec des vitesses initiales, mesurables, et on est en droit d'en faire abstraction, s'il s'agit de la mécanique ordinaire.

$$\Lambda = C\sqrt{\tau} = C\sqrt{\frac{M}{S}} = c\sqrt{\frac{m}{S}}. \quad (17)$$

Le calcul n'est pas exact, évidemment, puisque nous avons substitué $C\tau$ au lieu de $C\tau (1 - e^{-1})$; d'autre part, nous avons négligé le déplacement latéral, atteint à la fin du temps τ , et aussi la persistance finale de la vitesse (voir § 10), mais l'ordre de grandeur du résultat sera vraie.

§ 15. Nous en donnerons la preuve en se rapportant au problème précédent des §§ 11—12. Dans ce cas la formule ordinaire de Stokes (23) n'est pas applicable, à cause de la grandeur de $\frac{\lambda}{R}$, et il faut déduire la résistance S par une méthode directe. Elle résulte du nombre de collisions éprouvées par la sphère M^1 :

$$n = NR^2\pi c \quad (18)$$

et de la diminution moyenne de la vitesse composante (dans la direction primitive), produite par chaque collision, qui s'évalue par des méthodes connues, à $\frac{2}{3} \frac{m}{M} C$.

D'où:

$$S = \frac{2\pi}{3} R^2 \rho c = \frac{2}{3} m n \quad (19)$$

donc:

$$\Lambda = c\sqrt{\frac{3}{2n}}. \quad (20)$$

Ce résultat coïncide, en effet, avec l'équation (15), seulement le coefficient numérique est plus petit, ce qui s'explique d'après ce qui a été dit plus haut. Mais on peut établir une identité complète avec le résultat exact, en considérant les valeurs:

$$\tau = \left(\frac{4}{3}\right)^3 \frac{M}{S} \quad \text{et} \quad \lambda = \left(\frac{4}{3}\right)^3 \frac{MC}{S} \quad (21)$$

comme mesures de la durée et de la longueur du mouvement rectiligne.

§ 16. Abordons maintenant le problème du § 14, en nous appuyant sur la formule ainsi corrigée:

¹⁾ Voir p. ex. Boltzmann, Gastheorie I p. 65.

$$(22) \quad \Delta = \frac{8}{3\sqrt{3}} c \sqrt{\frac{m}{S}}.$$

Si les dimensions de la sphère sont petites, par rapport au parcours libre des molécules environnantes, on peut faire usage de la formule de Stokes¹⁾:

$$(23) \quad S = 6 \pi \mu R$$

ce qui donne le déplacement décrit par M , dans une seconde, dans ce cas

$$(24) \quad \Delta = \frac{4\sqrt{2}}{9\sqrt{\pi}} c \sqrt{\frac{m}{\mu R}}.$$

Cette formule est presque identique au résultat²⁾ trouvé, par dès méthodes tout à fait différentes, par M. Einstein. Il n'en diffère que par la valeur du coefficient numérique, qui est plus grand ici en raison de $\sqrt{\frac{32}{27}}$. M. Einstein ne considère pas du tout le

cas d'un grand $\frac{\lambda}{R}$, formant l'objet des §§ 11—12, mais sa formule

(II p. 378 loc. cit.) $\Delta = c \sqrt{\frac{2m}{S}}$, qui correspond à notre équation (22), peut être adaptée à ce problème, par l'introduction de S de l'équation (19), ce qui donne une relation analogue à (15). Nous n'entrerons pas dans une discussion des deux méthodes, très ingénieuses d'ailleurs, qui ont conduit M. Einstein à cette formule; nous remarquerons seulement qu'elles reposent, toutes les deux, sur des raisonnements indirects³⁾ qui donnent lieu à des questions très délicates.

En tout cas, l'accord parfait avec le raisonnement direct, que nous avons employé et qui explique mieux le mécanisme intime du phénomène, doit être considéré comme une confirmation très à

¹⁾ Voir p. ex. Lamb, Hydrodynamics p. 552 (1906), Kirchhoff, Mechanik p. 000.

²⁾ loc. cit. p. 559, p. 379.

³⁾ P. ex. l'application des lois de la pression osmotique aux particules suspendues et l'évaluation de leur diffusion dans le milieu, l'application du théorème de Boltzmann (sur la distribution des systèmes mécaniques sujets à des forces potentielles) à la résistance éprouvée par une particule dans le milieu visqueux.

propos des méthodes employées dans les deux recherches. La petite différence du coefficient numérique, qui s'explique par l'emploi des suppositions simplificatrices, n'a pas d'influence sur l'ordre de grandeur, qui seul nous intéresse dans les applications.

V.

§ 17. Essayons maintenant d'appliquer les formules (15) et (24) à la détermination *à priori* des mouvements que la particule M décrit, selon la théorie cinétique. Considérons d'abord le cas le plus simple: le milieu est un gaz. Alors l'équation (15), valable pour $\frac{\lambda}{R}$ grand, se transforme, en vertu de (18) et devient:

$$\Lambda = \frac{4\sqrt{2}}{3\sqrt{\pi}} \frac{1}{R} \sqrt{\frac{c}{N}} \quad (26)$$

tandis que pour $\frac{\lambda}{R}$ petit, nous avons l'équation (24), qui peut être écrite, par suite de: $\mu = \frac{\lambda N m c}{3}$, sous la forme:

$$\Lambda = \frac{4\sqrt{2}}{3\sqrt{3\pi}} \sqrt{\frac{c}{\lambda R N}} = \left(\frac{\sqrt{2}}{3}\right)^{3/2} \sigma \sqrt{\frac{c}{R}} \quad (27)$$

où σ signifie le diamètre d'une molécule m .

Pour l'air à la pression normale et à la température de zéro, on obtiendrait, en substituant, dans (27), les valeurs:

$$R = \frac{1}{2} 10^{-4} \text{ cm}, \quad N = 4 \cdot 10^{19}, \quad c = 48000 \text{ cm}, \quad \Lambda = 1 \cdot 0 \cdot 10^{-3} \text{ cm}.$$

Donc la théorie cinétique prouve qu'un phénomène de mouvement moléculaire aura lieu, dans les milieux gazeux, tout à fait analogue au mouvement Brownien que nous observons dans les liquides, mais d'une vitesse beaucoup plus considérable. Cependant, il sera plus difficile, probablement, de le distinguer des mouvements produits par des courants accidentels et par la gravité, que dans les liquides. Dans le cas envisagé, les particules tomberont avec une vitesse

$$u = \frac{2 R^2 g (\varrho' - \varrho)}{9 \mu} \quad (28)$$

ce qui est (pour $\rho' = 1$) $u = 0.003$ cm, c'est-à-dire avec une vitesse trois fois plus grande que Δ . Mais le rapport de ces vitesses dépend de la $2^{1/2}$ puissance des dimensions, donc le mouvement Brownien masquera le mouvement d'abaissement pour des particules un peu plus petites.

La question qui s'impose est donc, si l'on n'a pas jusqu'à présent observé ces phénomènes dans les gaz. En effet, j'ai trouvé des remarques dans la littérature qui peuvent être interprétées de cette manière. M. Bodaszeński¹⁾ décrit des mouvements dansants, exercés par les particules microscopiques de la fumée du salmiac, des fumées produites par les acides, le phosphore etc., et il les compare avec les mouvements Browniens et les interprète comme un mouvement moléculaire. Et des observations semblables ont été faites par M. Lehmann²⁾. Il est probable qu'il s'agit ici du phénomène en question, mais on ne peut pas l'affirmer avec certitude, à cause du manque de données expérimentales précises.

Nos formules donnent lieu à quelques conclusions intéressantes, concernant l'influence de la densité du gaz sur ces mouvements. L'équation (24) en exige l'indépendance, dans les limites de sa validité, qui s'étendent dans notre cas jusqu'à la moitié de densité normale, à peu près. Mais pour des pressions plus petites l'équation (26) doit être employée, d'où résulte un accroissement des mouvements en raison de la racine de la raréfaction; ainsi la vitesse sera $0.02 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$ pour une pression d'un millimètre.

Mais en même temps la vitesse d'abaissement des particules — constante pour des pressions plus élevées — augmentera plus rapidement encore: en raison de la raréfaction. Car pour $\frac{\lambda}{R}$ grand la formule de Stokes doit être remplacée par une équation qui résulte de (19);

$$(29) \quad u = \frac{2 R \rho' g}{\rho c}$$

qui pour la pression de 1 mm, donnerait $u = 1.2 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$ ³⁾.

¹⁾ Kosmos 7 p. 177 (1882); Beibl. 8 p. 488 (1883); Dingler J. 239 p. 325 (1882).

²⁾ Molekularphysik II p. 5.

³⁾ Cela explique la rapidité de l'abaissement des poussières dans un gaz raréfié.

Cependant si l'on emploie des particules plus petites encore (p. ex. telles qui correspondent à la limite de visibilité microscopique distincte), les phénomènes définis par les équations (15) et (26) pourront être observés sans difficulté.

§ 18. Dans les liquides, le parcours libre λ est si petit, qu'on ne peut observer directement des particules qui correspondraient à $\frac{\lambda}{R}$ grand, et c'est seulement l'équation (24) qui entre en considération. Il est évident qu'on ne peut attendre *a priori* qu'une vérification de l'ordre de grandeur de Λ , car notre calcul implique quelques simplifications, et surtout deux suppositions sous-entendues, dont l'importance ne peut être prévue aussi exactement dans le cas des liquides que dans celui des gaz, c'est-à-dire:

α) que la particule M peut être regardée comme une sphère rigide, β) que les forces de capillarité n'entrent pas en compte. Le résultat, toutefois, est plus satisfaisant qu'on ne pouvait l'espérer en considérant ces imperfections de la théorie et aussi l'inexactitude des données expérimentales (surtout voir plus loin (2)).

Le nombre qu'on obtient en substituant dans (24) les nombres $R = \frac{1}{2} 10^{-4}$ cm et $\mu = 0.010$ (eau de 20°), est: $\Lambda = 1.3 \cdot 10^{-4} \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$; mais on ne peut le comparer directement avec les résultats des mesures puisqu'il faut tenir compte aussi du degré d'habileté de l'observateur, qui suit les zigzags du chemin parcouru. Imaginons p. ex., qu'on pourrait faire deux séries de clichés cinématographiques, l'une correspondant aux intervalles d'une seconde, l'autre d'un dixième de seconde. Il résulte de (14) que la somme des chemins dérivée de la seconde série, sera $\sqrt{10}$ fois plus grande que celle de la première. Voici, pourquoi peut-être M. F. Exner, qui se servait d'une méthode perfectionnée, a trouvé des nombres environs 2 fois plus grands que M. Wiener.

Je suppose que la limite de l'exactitude de sa méthode est caractérisée par l'exemple exposé tout à l'heure, et qu'on doit diviser ses résultats par $\frac{\pi\sqrt{10}}{4} = 2.48$ (voir § 9) pour obtenir le déplacement moyen par seconde. Dans ce cas, il en résulte presque exactement le nombre calculé plus haut. Donc, l'objection principale élevée contre la théorie cinétique: le désaccord prétendu entre les

effets, théorique et expérimental, est réfutée, et nous y avons gagné un argument important en faveur de cette théorie.

Les conclusions suivantes, déduites de (24) se trouvent en accord avec les faits connus:

1) L'indépendance du mouvement de la nature et de la masse des particules suspendues qui n'entrent pas dans nos formules. En effet, il est surprenant que les substances les plus diverses, les petites bulles de gaz et les particules des métaux lourds, soient douées de vitesses du même ordre.

2) L'accroissement de la vitesse avec la diminution des particules.

Elle devrait être proportionnelle à l'inverse de la racine du diamètre, d'après la théorie, tandis que les nombres de M. F. Exner correspondent à la puissance $\frac{1}{2}$; celles de M. Wiener à une puissance beaucoup plus grande. On ne peut pas s'attendre à un accord plus parfait, puisque les dimensions réelles de particules si petites ne sont pas les mêmes que celles de leurs images microscopiques, qui servent de base pour les mesures (M. F. Exner fait la même remarque).

3) L'accroissement de la vitesse avec la température. Le rapport des vitesses à 71° et 20° est 1.6 d'après M. F. Exner, tandis que la formule donne 1.8.

4) Petitesse des mouvements dans les liquides visqueux (§ 2).

Une comparaison plus rigoureuse n'est possible, évidemment, qu'à l'aide de recherches expérimentales beaucoup plus étendues et plus précises, et la théorie nous donne des indications nettes dans quelle voie ces recherches devraient être poussées. Mais dans l'état actuel de nos connaissances nous sommes en droit, sans doute, de regarder le mouvement Brownien comme une preuve évidente de la réalité de nos hypothèses moléculaires et cinétiques.

§ 19. Il nous reste à considérer quelques détails de nos raisonnements.

Nous avons mentionné, au § 7, une autre manière apparemment différente, d'interpréter ces phénomènes, d'après laquelle les particules ne feraient qu'indiquer les mouvements intimes des liquides, qu'on suppose parallèles dans des espaces microscopiques. Or, malgré cette différence apparente, l'explication dont il vient d'être question s'accorde avec l'explication précédente des § 8—§ 18,

si nous lui donnons une forme plus précise. Qu'est-ce que signifie le mot „mouvement du liquide dans un espace élémentaire?“ Les molécules s'y meuvent avec des vitesses de l'ordre $5 \cdot 10^4$ cm, dans toutes les directions de l'espace, mais il y a une quantité commune, déterminée, la vitesse du centre de gravité, et c'est d'après elle que nous pouvons juger „du mouvement du liquide“. Or, il est facile de démontrer, que le centre de gravité d'un nombre quelconque de molécules a une telle vitesse, que son énergie cinétique est égale à l'énergie cinétique moyenne d'une molécule. Car, si nous supposons que la masse m_1 soit douée de la vitesse c_1 , la masse m_2 de la vitesse c_2 , dans une direction quelconque par rapport à c_1 , nous obtenons le résultat, par intégration, que la valeur moyenne de l'énergie cinétique du centre de gravité est égale à:

$$(m_1 + m_2) \frac{C^2}{2} = \frac{c_1^2 m_1^2 + c_2^2 m_2^2}{2(m_1 + m_2)}$$

donc en général:

$$(m_1 + m_2 + \dots m_n) \frac{C^2}{2} = \frac{c_1^2 m_1^2 + c_2^2 m_2^2 + \dots c_n^2 m_n^2}{2(m_1 + m_2 + \dots m_n)}$$

et dans notre cas, pour des masses égales entre elles:

$$n m C^2 = m \bar{c}^2. \quad (30)$$

Donc, le centre de gravité d'un élément de volume sera animé d'un tel mouvement, comme si cet élément était une molécule, c'est-à-dire avec la vitesse C , calculée dans le § 9. — On comprend que cette vitesse ne peut être constatée directement de même que dans le cas du § 9, à cause de la fréquence des changements de direction et de la petitesse des chemins droits parcourus; car chaque collision des molécules de l'élément avec les molécules extérieures environnantes provoquera un changement de sa direction, tandis que les collisions mutuelles des molécules intérieures ne l'affectent pas. Le mouvement qui en résultera sera analogue au mouvement de la sphère rigide, que nous avons considérée auparavant. Il continuera, sans changement, si les molécules en question sont empêchées de se dissiper, par un moyen artificiel, p. ex. une force capillaire. Mais s'il s'agit du mouvement à l'intérieur d'un liquide homogène, il faut remarquer, qu'alors les molécules se dispersent, par suite de diffusion, dans le milieu environnant, et que par con-

séquent, cette définition du mouvement du liquide contenu dans l'élément n'est plus applicable.

Nous n'essayerons pas d'adapter notre définition, d'une manière rigoureuse, à ce cas général, mais il nous suffira de définir provisoirement que ce n'est pas un nombre de molécules données, individuelles, dont nous déterminons le centre de gravité, mais ce sont celles qui se trouvent, dans un moment quelconque, à l'intérieur d'une sphère donnée, décrite autour du centre de gravité. Ce centre éprouvera un mouvement d'après les formules des chapitres précédents.

Cette manière d'interpréter les mouvements de Brown ne diffère donc pas essentiellement de l'autre. Elle a le mérite de mettre en évidence les mouvements à l'intérieur du liquide, mais on préférera l'autre explication, qui est plus simple et s'accorde mieux avec les conditions actuelles du phénomène. L'objection de M. Maltézos s'explique aisément, car le parallélisme du mouvement d'un liquide dans des espaces très petits n'est qu'apparent; c'est un effet de statistique.

§ 20. Si nous réduisons les mouvements Browniens à un phénomène cinétique, nous n'avons plus besoin d'en rechercher la source d'énergie, puisque l'énergie dissipée par la viscosité a son origine dans l'énergie du mouvement calorique. M. Gouy a remarqué qu'il y aurait une contradiction avec le principe de Carnot, si l'on pouvait concentrer les effets mécaniques des mouvements des particules. En effet ce serait une manière de transformer la chaleur en travail mécanique, analogue à beaucoup d'autres, qui ne sont pas praticables, à cause de la grossièreté de nos moyens instrumentaux; mais elle en est plus intéressante dans ce qu'elle ne paraît pas tellement impossible que la chasse aux molécules à l'aide du démon Maxwellien.

Il est intéressant aussi au point de vue théorique, de considérer sous ce rapport les phénomènes qui prendraient naissance au sein d'un liquide, dans un champ électrique ou magnétique

VI.

§ 21. Le résultat du § 14 peut être résumé en disant qu'un corps M plongé dans un gaz ou un liquide est assimilable à une

molécule, dotée d'une énergie cinétique égale à celle des molécules du milieu, mais d'un parcours libre apparent très petit. D'après (21) nous avons:

$$\lambda = \left(\frac{4}{3}\right)^3 \frac{MC}{6\pi\mu R} \quad (31)$$

ce qui dans notre cas est de l'ordre $8 \cdot 10^{-8}$ cm.

Cette analogie entraîne aussi l'existence d'une diffusion des particules dans le milieu, par suite des mouvements Browniens, et le coefficient de diffusion résulte de l'équation $D = \frac{c\lambda}{6}$ (voir Smoluchowski, Bullet. Crac. 1906 p. 212):

$$D = \frac{16}{243} \frac{MC^2}{\pi\mu R} = \frac{16}{243} \frac{m c^2}{\pi\mu R}. \quad (32)$$

Dans notre cas nous avons $D = 10^{-9}$.

En effet, M. S. Exner a observé la diffusion de l'émulsion de mastic dans de l'eau pure, et ce phénomène subsiste lorsque les deux liquides sont séparés par du papier à filtrer.

On peut aussi introduire la notion d'une pression osmotique (point de départ des raisonnements de M. Einstein dans son premier mémoire); d'où résulte l'existence d'un abaissement de la pression de vapeur. Donc, une poudre quelconque, mais de finesse suffisante, doit être hygroscopique, en vertu de la petitesse des grains mêmes; dans les suspensions il y aura le phénomène de l'abaissement du point de congélation etc. Ces phénomènes n'ont pas d'importance pratique, en général, à cause de sa petitesse, mais le fait même est intéressant, qu'il n'y a que des différences quantitatives sous ce rapport entre ces suspensions et les solutions ordinaires.

§ 21. Une question liée avec ce sujet est la cause de la stabilité des milieux troubles. D'après la théorie, on peut prévoir deux genres de stabilité. D'abord, les particules M se distribueront, en état d'équilibre sous l'influence de la gravité, d'après la formule ordinaire de la pression atmosphérique.

Leur nombre dans la hauteur z sera ¹⁾:

$$N = N_0 e^{-\alpha z}$$

où:

$$\alpha = \frac{4\pi R^3}{3} \frac{(\rho' - \rho)g}{\mu r_0 \theta} = 1.68 \cdot 10^{17} R^3 (\rho' - \rho). \quad (33)$$

Plusieurs auteurs ont énoncé des conjectures, plus ou moins précises, que la stabilité des milieux troubles est en relation intime avec les mouvements Browniens (Schultze, Cantoni, Jevons, Spring). Cependant, cette formule prouve qu'une stabilité qu'on pourrait appeler vraie²⁾ ne pourrait être observée avec des particules de grandeur microscopique que dans des circonstances exceptionnelles, à cause de la grandeur de α , et ce n'est que dans les suspensions à particules beaucoup plus petites (p. ex. des métaux colloïdaux avec $R = 10^{-6}$ cm) que cette stabilité peut jouer un rôle considérable.

Un autre facteur qui pourrait produire une stabilité, apparente au moins, est la déformation de la double couche électrique, répandue sur la surface des particules (Hardy, Thomson). Mais cet effet ne peut être sensible que pour des particules à dimensions plus petites de 10^{-6} cm; c'est ce que j'ai démontré dans un autre mémoire (Bull. Crac. 1903 p. 198).

Mais il semble que la viscosité du liquide suffit à expliquer une grande partie des phénomènes observés, en produisant une certaine stabilité apparente³⁾.

La formule (28) montre que les particules de mastic ($\rho = 1.0067$), d'un diamètre de 10^{-4} cm, s'abaisseraient avec une vitesse de $u = 3.5 \cdot 10^{-6} \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$, c'est-à-dire de 3 mm par jour; des vitesses beaucoup plus considérables encore, seront effacées sans doute par les courants de convection inévitables, si l'on ne prend pas des précautions spéciales.

La petitesse des particules suffit donc à expliquer qu'on n'observe pas leur abaissement; mais une question beaucoup plus difficile est d'expliquer la cause et le mécanisme de l'agrégation des particules (floculation), observée dans certains cas, qui en produit une sédimentation rapide, mais c'est là un sujet que nous ne discuterons pas dans ce travail.

1) Comp. Einstein, loc. cit. p. 376.

2) Pourvu que les particules qui s'approchent aux parois n'y adhèrent pas.

3) Nous ne prétendons pas à embrasser tous les faits observés.

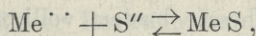
37. M. HUGO ZAPAŁOWICZ m. c. **Krytyczny przegląd roślinności Galicyi, część VII.** (*Revue critique de la flore de la Galicie, VII partie*).

L'auteur présente ses recherches sur le reste des Monocotylédones et sur la famille des Conifères et donne un aperçu géograph. botanique de la flore baltique et de la flore pontique.

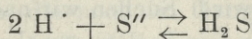
38. M. L. BRUNER. **Przyczynek do teorii działania siarkowodoru na sole metali ciężkich.** (*Zur Theorie der H₂S-Fällung der Metalle*). (*Contribution à la théorie de l'action de l'hydrogène sulfuré sur les sels des métaux lourds*)¹⁾. Mémoire présenté par Ch. Olszewski m. t.

Durch das klassische Werk von Ostwald: „Die wissenschaftlichen Grundlagen der analytischen Chemie“ sind die Lehren der elektrolytischen Dissoziationstheorie und der chemischen Massenwirkung erfolgreich an die Probleme der analytischen Chemie angewandt worden.

Faßt man im Lichte dieser Theorien die für die chemische Praxis so wichtige Fällung der Metalle durch H₂S als reversiblen Vorgang nach dem Schema etwa (für ein zweiwertiges Metallion) verlaufend:



so wird, da bei Gegenwart freier Säure, also freier H⁺ Ionen die Konzentration der S²⁻ durch das Gleichgewicht:



$$[\text{S}^{2-}] = k_1 \frac{[\text{H}_2\text{S}]}{[\text{H}^+]^2}$$

gegeben wird, auch das resultierende Gleichgewicht für Schwefelmetallfällung durch die Gleichung angezeigt:

¹⁾ Aus der noch im Gange befindlichen Untersuchung erlaube ich mir hier, einige Hauptpunkte zur Veröffentlichung zu bringen, da an dem im Titel erwähnten Problem auch andererseits gearbeitet wird. S. Bruni und Padoa. Rendic. R. Acc. d. Lincei **14**, 1905 (525–528).

$$\frac{k_1 [\text{H}_2\text{S}]}{[\text{H}^+]^2} \cdot [\text{Me}^{++}] = k_2$$

$$[\text{Me}^{++}] = \frac{k_1 [\text{H}^+]^2}{k_2 [\text{H}_2\text{S}]}$$

Die Konzentration des (zweiwertigen) Metallions in Lösung ist also proportional der zweiten Potenz der H^+ -Konzentration, umgekehrt proportional der H_2S -Konzentration und proportional der Konstante k_2 , die durch das Löslichkeitsprodukt, also die Löslichkeit des betreffenden Sulfids angezeigt wird.

Zur analytischen Schwefelwasserstoffgruppe werden somit die Metalle gehören, die so schwerlösliche Sulfide bilden, daß auch bei $[\text{H}^+] = \frac{1}{5} - \frac{1}{30}$ norm. und $[\text{H}_2\text{S}]$ unter Atmosphärendruck der Bruch $\frac{k_2}{k_1} \frac{[\text{H}^+]^2}{[\text{H}_2\text{S}]}$ so klein ausfällt, daß $[\text{Me}^{++}]$ nicht mehr analytisch in Frage kommt.

Auch ist es auf Grund dieser Theorie leicht einzusehen, daß die Metalle der Schwefelwasserstoffgruppe am Ausfällen entweder durch $[\text{H}^+]$ Zusatz, oder $[\text{H}_2\text{S}]$ Verminderung ($p_{\text{H}_2\text{S}} < 1$ Atm.) verhindert werden können. Ebenso die Metalle der Schwefelammoniumgruppe können entweder durch $[\text{H}^+]$ Verminderung oder $[\text{H}_2\text{S}]$ Vergrößerung ($p_{\text{H}_2\text{S}} > 1$ Atm.) zur Schwefelmetallfällung gebracht werden. Dieser letzte Schluß ist eben von G. Bruni und Padoa experimentell verifiziert worden¹⁾

Die Ostwald'sche Theorie basiert vollkommen auf der Umkehrbarkeit der H_2S -Fällung. Nun ist — wie allgemein bekannt — das Verhalten der Nickel- und Kobaltmineralsalze gegen H_2S ein drastisches Beispiel der Nichtumkehrbarkeit, da das Gleichgewicht nur von einer Seite erreicht wird. Suchen wir nach einer Erklärung für dieses Verhalten, so lesen wir in dem erwähntem Buch von Ostwald:

„Vermuten läßt sich einerseits, daß die Sulfide alsbald nach ihrer Fällung eine Umwandlung in eine weniger lösliche Form erleiden, andererseits daß die Sulfide nur in der schwerlöslichen Form existieren, daß aber in den sauren Lösungen besonders hartnäckige Übersättigungserscheinungen in bezug auf das sich bildende Schwefelmetall ihr Wesen treiben. Die letztere Vermutung ist weniger wahrscheinlich²⁾...“

¹⁾ Bruni und Padoa l. c.

²⁾ Ostwald. l. c. I. Aufl. S. 132.

Die von Ostwald bevorzugte Erklärung scheint doch nicht ganz zwingend zu sein, obgleich die leicht löslichen Modifikationen des Kobalt- und Nickelsulfids von W. Herz¹⁾ sicher nachgewiesen worden sind. Daraus, daß bei chemischen Vorgängen zuerst die weniger stabile Modifikation gebildet wird, läßt sich nicht folgern, daß dort, wo nichts entsteht, die Entstehung durch das mögliche Vorhandensein labiler Modifikationen verhindert ist. Die Unzulänglichkeit dieser geläufigen Erklärung ersehen wir sofort, wenn wir sie z. B. auf den analogen Fall der Zinksalze anwenden.

Das Zinksulfid existiert auch in mindestens zwei Formen und zwar ist das in alkalischer Lösung gefällte Zinksulfid in Säuren leicht löslich und dazu noch im Gegensatz zu den sehr labilen löslichen Nickel- und Kobaltsulfiden viel besser haltbar. Und dennoch werden doch mineralisaure Zinksalze von H_2S gefällt und zwar direkt zu der viel weniger löslichen Modifikation des Zinksulfids.

In der Absicht, diese besonders interessanten Fälle der H_2S -Einwirkung näher kennen zu lernen, habe ich Hr. Kand. St. Glixelli veranlaßt, zuerst Versuche über die Einwirkung des H_2S auf Zinksalze anzustellen. Da die Fällung des Schwefelzinks gewöhnlich als ein geradezu klassisches Beispiel einer umkehrbaren Fällung und zwar mit analytisch günstig gelegener Gleichgewichtslage — indem in saurer Lösung merkliche leicht bestimmbare Zn^{++} -Konzentrationen bestehen können — angegeben wird²⁾, so war es zu hoffen, daß das Studium dieser Reaktion eine unentbehrliche Vorstufe für das Eindringen in das Verhalten der Nickel- und Kobaltsalze bilden wird, indem zuerst entschieden sein sollte, inwieweit die theoretischen Folgerungen in diesem Falle Bestätigung finden werden.

Aus den Versuchen, die noch im Gange sind und später an anderem Orte ausführlich veröffentlicht werden sollen, ergab sich zuerst das unerwartete und den geläufigen Ansichten widersprechende Resultat daß die Zinkfällung mit H_2S in saurer Lösung kein reversibler Vorgang ist und zwar, daß die mit H_2S unter Atmosphärendruck gesättigten sauren Zinklösungen, bei denen keine Fällung zu bemerken ist, sich im Zustande eines falschen Gleichgewichts befinden. Es

1) W. Herz. Z. anorg. Ch. 27, 390; 28, 342.

2) Vergleiche hiezu: Ostwald l. c. S. 134. Treadwell, Lehrbuch der analytischen Chemie, III. Aufl., I. Band, S. 130, II. B. S. 110.

mag dahingestellt bleiben, ob dieser Zustand mit einer für unsere Zeitverfügung sehr großen Verminderung der Reaktionsgeschwindigkeit gleichbedeutend ist oder nicht.

Ich entnehme den Versuchsprotokollen einige Daten, die das Gesagte mit voller Klarheit illustrieren:

Versuchsmethode. Die Versuche sind in der Weise angestellt worden, daß Lösungen von angegebenen Konzentrationen des Zn^{++} und H^+ in größeren, unten zu einer Kugel ausgeblasenen Eprouvetten mit H_2S im Thermostat behandelt wurden. Es wurde hauptsächlich bei 25° gearbeitet, gelegentlich auch bei Siedehitze. Da es sich um Ermittlung von Reaktionsgeschwindigkeiten handelte, so wurde reiner, aus BaS entwickelter H_2S benutzt.

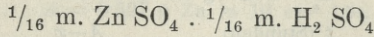
Zuerst wurde die Gleichgewichtslage der Reaktion $ZnSO_4 + H_2S \rightleftharpoons ZnS + H_2SO_4$ bei 25° ermittelt. Zu dem Zweck wurden Lösungen von $ZnSO_4$ andauernd mit H_2S gefällt, ebenso wie fertiges ZnS (aus sauren Lösungen gefällt) mit H_2SO_4 zusammengebracht und durch die Mischung ein H_2S -Strom geleitet. Es ergab sich daraus, daß $\frac{1}{4}$ mol. (und darunter) H_2SO_4 keine nennenswerten Mengen ZnS löst. Dementsprechend ist $\frac{1}{4}$ mol. $ZnSO_4$ (und darunter) total durch H_2S fällbar. (Einwirkungsdauer ca 30 Stunden. Die filtrierten Proben geben mit $(NH_4)HS$ und NH_4CNS (nach Treadwell) keinen Niederschlag).

$\frac{1}{2}$ molares $ZnSO_4$ hat nach dreitägiger Einwirkung von H_2S nur noch $\frac{1}{650}$ Molarität des Zinks erkennen lassen (0.001 Zn in 10 cm³). Durch Einwirkung von $\frac{1}{2}$ mol. H_2SO_4 auf ZnS bei Gegenwart von H_2S erhielten wir etwas größere und schwankende Zahlen, von denen die niedrigste eine Molarität von $\frac{1}{320}$ in der resultierenden Lösung ergab.

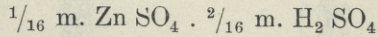
Die Erscheinung ist erklärlich, wenn man die Formveränderungen des Zinksulfids mit in Betracht zieht. Im Laufe zahlreicher Versuche haben wir stets die Erfahrung gemacht, daß das ZnS mit der Zeit immer schwerer löslich wird. Die auf verschiedenen Wegen und zu verschiedenen Zeiten dargestellten Proben des ZnS zeigen anfangs keine übereinstimmende Löslichkeit, die aber in sämtlichen Proben mit der Zeit abnimmt.

Reaktionsgeschwindigkeit der Reaktion $ZnSO_4 + H_2S$. Wir haben zahlreiche Messungen der Reaktionsgeschwindigkeit in neutralen und auch von Haus aus an sauren Lösungen ausgeführt. Die einzelnen Versuchsreihen sind schwer reproduzierbar, da es sich hier um Geschwindigkeitsmessung in inhomogenen Systemen handelt, deren feste Phase keine konstante Oberfläche und auch keine konstante Beschaffenheit hat. Als wichtigstes Kennzeichen in dem Verhalten von angesäuerten Zinksalzlösungen ist die mit der Säurekonzentration stets zunehmende Zeitdauer, die verstreicht bis zum Anfang der Niederschlagsbildung. Es seien folgende Protokollzahlen angeführt.

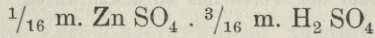
TABELLE I.



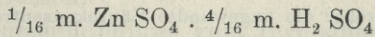
Opaleszenz der Lösung nach 1' 40'' (Mittel aus 4 Bestimmungen). Deutlicher Niederschlag in der Lösung nach 2' 50''.



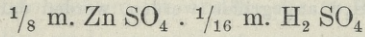
Opaleszenz der Lösung nach 6'. Deutlicher Niederschlag (jedoch nur an den Gefäßwänden) nach 12'.



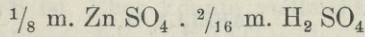
Opaleszenz der Lösung nach 20'.



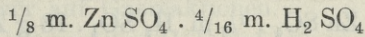
nach 40' keine Opaleszenz. Auch nach mehrstündigem Stehen bildet sich nur ein äußerst geringfügiger Niederschlag, der sich nur an den Glaswänden festsetzt, während die Flüssigkeit vollkommen klar bleibt.



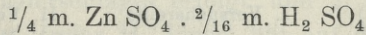
Opaleszenz nach 2'. Niederschlag in der Lösung 5'.



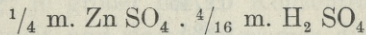
Opaleszenz nach 12'. Niederschlag nach 20'.



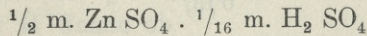
Opaleszenz nach 17'. Niederschlag (nur an den Gefäßwänden) nach 30'.



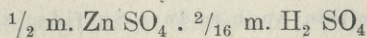
Opaleszenz nach 1' 40''. Niederschlag nach 2' 20''.



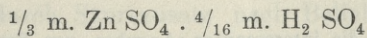
Opaleszenz nach 13'. Niederschlag nach 23'.



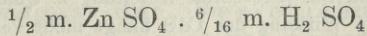
Opaleszenz nach 15''. Deutlicher Niederschl. in der ganz. Lös. nach 40''.



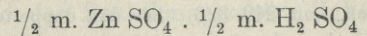
Opaleszenz nach 50''. Deutlicher Niederschlag nach 1' 25''.



Opaleszenz nach 3' 20''. Niederschlag nach 5'.

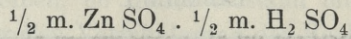


Opaleszenz nach 12'. Niederschlag (nur an den Wänden) nach 20'.



Sehr schwache Opaleszenz nach einer Stunde.

Die Analyse dieses letzten Versuches ergab:



$$A = 0.327 \text{ g Zn in } 10 \text{ cm}^3$$

t (Stunden)	$A-x$
2	0.333
3	0.333
5	0.330.

Die kleine Zunahme des Zinktiters ist wohl auf Verdampfung der Lösung während der langen Dauer des Versuches zurückzuführen. Von einer Zinkfällung ist nichts zu bemerken.

Auch nach erfolgter Bildung des Niederschlages ist die Reaktionsgeschwindigkeit umso kleiner, je größer die angewandte Säurekonzentration ist.

Die Vergleichung der angeführten Versuche mit den Gleichgewichtsmessungen ergibt sofort, daß die Einwirkung des H_2S auf Zinksalze durch ZnS „katalysiert“ sein muß. In der Tat durch Zusatz des fertigen ZnS wird die Reaktionsgeschwindigkeit erhöht und Lösungen von $\frac{1}{2}$ mol. $\text{ZnSO}_4 + \frac{1}{2}$ mol. H_2SO_4 , die nicht mehr nachweisbar von H_2S angegriffen werden, werden dann glatt weiter gefällt.

TABELLE II.

$\frac{1}{2} \text{ m. Zn SO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{ m. H}_2 \text{ SO}_4 \cdot 18 \text{ g Zn S.}$		
$A = 0.327 \text{ g Zn in } 10 \text{ cm}^3 \text{ Lösung}$		
t (Stunden)	$A-x$ I. Versuchsreihe	$A-x$ II. Versuchsreihe (ein anderes Zinksulfid)
0.5	0.2745	0.288
1.5	0.223	0.271
2.5	0.188	0.244
3.5	0.154	0.220
4.5	0.137	0.187

Ebenso wie ZnS , wirken auch andere Sulfide, z. B. CdS ¹⁾ und auch Kieselsäuregel.

¹⁾ Vergleiche hierzu die interessanten Angaben von Fresenius über die Trennung des Zn vom Cu und Cd. (Fresenius, Anleitung z. Quant. Chem. Analyse VI. Aufl., I. B., S. 599). Die Wirkung des CdS hängt nicht von den Gleichgewichtsbedingungen ab, da CdS weniger löslich ist, als ZnS , wie dies aus den Versuchen von Schürmann (Lieb. Ann. 249, 326) über den doppelten Umtausch zwischen Sulfiden und den Neutralsalzen der Schwermetalle zu entnehmen ist.

TABELLE III.

$\frac{1}{2}$ m. Zn SO ₄ . $\frac{1}{2}$ m. H ₂ SO ₄ . 5.5 g CdS	
$A = 0.327$ g Zn in 10 cm ³ Lös.	
t	$A-x$
1.0	0.3185
2.0	0.300
3.0	0.287.

Fassen wir die Versuchsergebnisse zusammen, so kommen wir zu folgenden Schlüssen:

1. Damit die Zinksulfidfällung zum reversiblen Vorgang wird, ist die Gegenwart des gefällten ZnS notwendig. Die Wirkung des festen ZnS ähnelt jedoch nicht den gewöhnlichen Auslösungserscheinungen, wie sie z. B. bei Beseitigung des Übersättigungszuständen zu beobachten ist, indem die reaktionsbeschleunigende Wirkung mäßig und angenähert proportional der zugesetzten Menge des ZnS ist. Eher konnte vielleicht an eine Oberflächenwirkung gedacht werden, z. B. analog der auslösenden Wirkung der Metallpulver auf Gasreaktionen.
2. Bei der Einwirkung des H₂S auf saure Zinksalzlösungen beobachten wir: 1) eine „Induktionszeit“, bis die Bildung der ersten Keime des Niederschlages erfolgt, und 2) eine Fällungszeit.
3. Die Gegenwart freier H⁺ Ionen übt auf die Zinkfällung zweierlei Wirkung: je größer die H⁺ Konzentration, desto länger ist die Induktionszeit und desto langsamer die Reaktionsgeschwindigkeit. Beide Wirkungen hängen nicht nur von dem Verhältnis der [H⁺] zu [Zn²⁺], sondern auch von der absoluten Konzentration der H⁺ Ionen ab.

Daraus ergibt sich der Schluß, daß in den verschiedenen, zum Vorschlag gebrachten analytischen Methoden behufs Trennung des Zinks von anderen Metallen (z. B. von Cadmium, Kupfer, Nickel und Kobalt), das Zink durch Säurezusatz nach Belieben in die Schwefelwasserstoff- oder in die Schwefelammoniumgruppe versetzt werden kann, nicht wegen der Verschiebung der Gleichgewichtslage¹⁾, sondern durch Veränderung der Induktionsdauer und der Reaktionsgeschwindigkeit.

¹⁾ Ostwald l. c. S. 134.

Dies kann durch ein einfaches Vorlesungsexperiment illustriert werden. Man bringe fertiges CdS und ZnS in $\frac{1}{2}$ mol. H_2SO_4 — auch unter Abschluß von H_2S , also bei geringer H_2S -Konzentration. Beide Niederschläge lösen sich praktisch nicht auf. Wird jetzt H_2S in Lösungen $\frac{1}{2}$ mol. $ZnSO_4$ · $\frac{1}{2}$ mol. H_2SO_4 und $\frac{1}{2}$ mol. $CdSO_4$ · $\frac{1}{2}$ mol. H_2SO_4 eingeleitet, so fängt CdS momentan an auszufallen, während die Zn-Lösung längere Zeit (s. oben) klar bleibt.

Kehren wir mit den aus dem Studium der Zinksalze gewonnenen Gesichtspunkten zu dem Falle der Nickel- und Kobaltsalze zurück, so finden wir in der Literatur einige interessante Notizen von einem französischen Analytiker H. Baubigny¹⁾ deren Ergebnisse mit den Resultaten der Untersuchung der Zinksalze analog sind. Baubigny hat nachgewiesen, daß neutrale Lösungen von $NiCl_2$, $NiSO_4$, $CoSO_4$ nach längerer Einwirkung als Sulfide gefällt werden; saure Lösungen von hinreichender Azidität doch nicht mehr, obwohl auch diese zur Fällung gebracht werden können, wenn man ihnen fertiges NiS , CoS oder gar CuS zusetzt. Co-Salze zeigen durchwegs eine größere Reaktionsgeschwindigkeit mit H_2S als die Nickelsalze. Rechnet man, wo möglich, aus den rein praktischen, wenig systematischen Angaben von Baubigny die Induktionszeit, für die von ihm benützten Säure und Salzkonzentrationen, so erhält man

		Induktionszeit
(1)	$\frac{1}{20}$ mol. $NiSO_4$ · $\frac{1}{80}$ mol. H_2SO_4	> 20 Stunden
(2)	$\frac{1}{20}$ mol. $NiSO_4$ · $\frac{1}{20}$ mol. H_2SO_4	> drei Monate
(3)	$\frac{1}{400}$ " " $\frac{1}{400}$ " "	> drei Monate.

Eine Zinklösung, entsprechend der Lösung (2), würde etwa nach 10 Minuten zu Anfang der Fällung gebracht sein. Jedenfalls besteht zwischen den Zink-, Nickel- und Kobaltsalzen nur ein quantitativer Unterschied, indem die Reihenfolge der steigenden Induktionszeiten die folgende ist: Zn, Co, Ni. Da der Unterschied der Induktionszeiten zwischen Zn einerseits, und Co, Ni andererseits sehr groß ist, deshalb ist die Trennung z. B. nach Cl. Zimmermann²⁾ möglich und ausführbar.

Damit ein Metall bei praktischer H_2S Fällung ($p_{H_2S} = 1$ Atm.) zu der Schwefelwasserstoffgruppe gehöre, ist es zwar notwendig, aber nicht ausreichend, daß das Löslichkeitsprodukt seines Sulfids

¹⁾ H. Baubigny. Compt. Rendus 94 passim, 95, 34, 105, 751.

²⁾ S. Treadwell I. c. II. B., S. 111.

genügend klein sei. Es muß zugleich seine Induktionszeit klein und seine Reaktionsgeschwindigkeit mit H_2S genügend groß sein. Die Berücksichtigung der Geschwindigkeitsverhältnisse ist ebenso unentbehrlich wie die Betrachtung der Gleichgewichtsbedingungen.

Krakau. II. Chem. Univ.-Laboratorium.

39. M. ZYGMUNT WEYBERG. *Kryształy klasy bisfenoidu tetragonalnego. (Sur les cristaux de la classe du bisphénoïde tétragonal)*. Mémoire présenté par M. J. Morozewicz m. c.
(Planche XIX).

Gorgeu en 1887¹⁾ en fondant le chlorure de calcium avec le kaolin, a obtenu un alumosilicate: $3 SiO_2 \cdot 3 Al_2O_3 \cdot 6 CaO \cdot 2 CaCl_2$, mais il ne l'a décrit que très superficiellement. J'ai répété l'expérience de cet auteur en utilisant le chlorure et le bromure de calcium, et j'en ai publié les résultats en 1904²⁾, en exposant la description, le mode de préparation et l'analyse du corps de Gorgeu, et en même temps j'ai décrit les corps nouveaux: $5 SiO_2 \cdot 8 Al_2O_3 \cdot 12 CaO \cdot 4 CaBr_2$ et $SiO_2 \cdot Al_2O_3 \cdot 2 CaO$. Ce dernier corps tétragonal, optiquement monaxial, négatif, a été obtenu alors en état de cristallisation très imparfaite et d'une pureté suspecte. Les analyses ne répondaient qu'approximativement à la formule donnée ci-dessus, et la forme cristallographique ne pouvait être établie que d'une façon générale et approximative, vu la petitesse extrême des cristaux. Néanmoins déjà au cours de ces expériences j'ai pu constater que la forme de ces cristaux rappelait celle d'hémimorphisme, au moins on pouvait le supposer, en observant au microscope ces corpuscules petits, mal conformés et corrodés aux angles. En me souvenant de l'existence d'un unique groupe théorique de symétrie, — celle du bisphénoïde tétragonal qui n'était pas jusqu'ici retrouvé dans la nature — je me suis décidé à poursuivre sans relâche la même expérience, celle de fusion de kaolin dans l'excès de bromure de calcium, en espérant d'aboutir à la découverte des conditions, qui favorisent la formation des cristaux plus purs, plus

1) Bull. Soc. Min. Fr. 10 (1887), page 276.

2) Centralblatt für Min. 1904, Nr. 23, page 729.

grands et parfaits de ce corps, ce qui me permettrait d'accomplir des recherches chimiques et cristallographiques plus précises.

Les manipulations n'étaient pas faciles (malgré leur facilité apparente), vu que je ne disposais point d'une température constante et que j'étais forcé de me servir du gaz d'éclairage de la ville, soumis aux très fortes et diverses variations de pression.

J'ai fait les expériences en question d'après la méthode pratiquée et décrite par Morozewicz¹⁾, en la modifiant dans les petits détails, comme l'usage du bec de Teclu, muni au bout d'une petite grille, d'après Muencke.

Le bromure de calcium, fondu avant l'expérience, puis broyé avec du kaolin à chaud et ensuite chauffé dans un creuset en platine à la température de l'incandescence rouge, se présente sous la forme d'une masse pâteuse, boursouflée par un dégagement abondant de l'acide bromhydrique et des vapeurs d'eau. Peu à peu cette masse devient moins épaisse de sorte qu'elle peut être remuée par un fil de platine, mais au fur et à mesure que le bromure de calcium se décompose, sa densité s'accroît de nouveau. Après un certain temps l'alliage refroidi et traité par l'eau distillée, montre — excepté une quantité considérable de bromure de calcium, d'hydrate de calcium et de bromoxyde de calcium — dans le précipité une quantité assez importante de cristaux tétraédriques, qui ne sont autre chose, qu'un alumosilicate de calcium, contenant un haloïde, puis une quantité minime des cristaux tétragonaux — qui font l'objet de cette note — et enfin un amas considérable des produits cristallisés, très difficiles à définir, qui se présentent de préférence sous deux formes: des cristaux aciculaires et des lamelliformes.

Les quantités relatives de tous ces produits varient sous la dépendance de la température, de la durée de l'expérience et de la proportion des corps employés; néanmoins, même dans des conditions les plus favorables, la quantité de cristaux tétragonaux est la plus petite.

En les traitant avec précautions infinies, par de l'eau et de l'acide nitrique dilué (1%—2%), en les débouillant, en les tamisant, on aboutit à ce que les produits en question, séchés sur du papier à filtrer, peuvent être ensuite séparés à l'aide des liquides denses. Pour cette dernière manipulation la poudre trop fine est inutilisable,

¹⁾ T. Min. Petr. Mit. XVIII, page 133.

de sorte qu'on est forcé à n'employer que des particules relativement volumineuses. Alors il n'y a rien d'étonnant, qu'après avoir obtenu — au bout des plusieurs expériences — une portion des cristaux tétragonaux dans un état satisfaisant, j'étais obligé de répéter cette expérience (40 g de CaBr_2 et 4 g de kaolin) 50 fois, afin de me procurer 0.8 g de corps d'une composition $2 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$.

L'analyse chimique a donné les résultats suivants:

	a	b	c
1. SiO_2	22.15	3667	1.01
Al_2O_3	37.05	3625	1.00
CaO	40.76	7278	2.00
	<hr/>		
	99.96		
2. SiO_2	21.99	3640	1
Al_2O_3	37.23	3640	1
CaO	40.78	7280	2
	<hr/>		
	100		

a. Composition par rapport à 100.

b i c. Quantités et proportions moléculaires.

1. Résultats de l'analyse.

2. Calculs d'après la formule: $\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{CaO}$.

Cet alumosilicate se décompose lentement dans l'acide chlorhydrique chauffé ou l'acide azotique fumant dilué à $\frac{1}{2}$, et donne alors une solution transparente, qui se transforme en coagulum gélatineux de silicium après avoir été concentrée au bain-marie.

Les cristaux en question se présentent sous la forme d'une combinaison d'un prisme, d'un plan basal et parfois d'un bisphénoïde. Ils atteignent 0.6 mm de longueur à la face du prisme et 0.4 mm à l'arête de la base. Le plus souvent ils sont allongés dans la direction de l'axe *c*; en outre, on rencontre des plaques basopinacoïdales simples, ou doubles, comme on le voit sur les figures 2, 3 et 5 de notre tableau.

Que ces cristaux appartiennent au système tétragonal, nous le prouve leur forme, très facilement reconnaissable dans les diverses positions qu'ils prennent après l'inclusion dans le baume de Canada, l'extinction simple de la lumière sur les surfaces du prisme, ainsi que leur mono-axialité optique parfaite, reconnaissable dans un cône des rayons polarisés sur les plaques basopinacoïdales simples et doubles. L'absence absolue des pyramides et la présence exclusive des

surfaces 111 dans un complexe du bisphénoïde — nous amène à éliminer les classes d'une symétrie quadruple (fig. 4 et 7). Alors il ne nous reste que la classe du scalénoèdre tétragonal et du bisphénoïde tétragonal. Les figures de corrosion ont tranché la question en faveur de ce dernier.

La symétrie du scalénoèdre tétragonal serait exprimée par la monosymétrie des faces prismatiques, ou encore par la présence dans celles-ci d'un point de rotation du second degré, tandis que nous voyons ici les faces prismatiques disposées asymétriquement (à comparer nos figures 6—12).

Une analyse détaillée des figures de corrosion sur les surfaces de la base et du prisme des cristaux de $\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{CaO}$ nous démontre d'une façon indubitable, qu'elles présentent un ensemble d'une symétrie composée.

Notre fig. 1 représente une figure de corrosion due à l'action de l'acide chlorhydrique sur la surface basale. Sur plusieurs plaques basopinacoïdales simples, en haussant ou en abaissant le tube du microscope, on pouvait constater, que ces figures sont tournées sur 001 et $00\bar{1}$ de 90° . Il m'était impossible de prendre une microphotographie, représentant cette disposition singulière sur les deux surfaces, car la mise au point n'était que trop difficile, de sorte que nous n'ayons pu rien voir. Néanmoins j'ai trouvé un cas, qui pouvait être photographié de profil, comme nous le montre notre fig. 4. Ici nous voyons un cristal en projection sur une surface, et qui présente la combinaison d'un prisme, d'une base et d'un sphénoïde. Sur les surfaces 001 et $00\bar{1}$, juste vis-à-vis l'une de l'autre, se sont disposées deux figures de corrosion, dont l'une longitudinalement, et l'autre transversalement; en haut elle fait un angle obtus avec la projection de la surface 001 et en bas — un angle aigu. La partie gauche de la fig. 4 n'est que la projection photographique dans la lumière convergente, tandis que celle de droite — dans la lumière aux rayons parallèles.

Fig. 2 et 3 (AzHO_3 sur 001) montrent le centre de rotation double de la surface apicale.

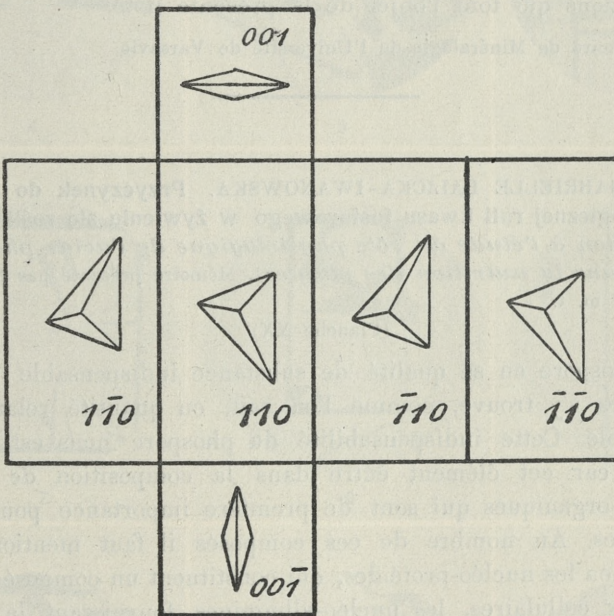
Fig. 5 (AzHO_3) paraît représenter C_4 sur 001 , mais vu les fig. 1, 2, 3, 4 nous concluons, qu'ici deux sphénoïdes se sont combinés d'une manière accidentelle. En se rappelant la fig. 3 nous voyons ici encore une preuve de l'absence des surfaces de symétrie basale.

Fig. 6, 7, 8, 9, 10, 11 et 12 nous prouvent l'asymétrie du prisme,

et d'autre part, par l'inconstance de leur orientation, elles justifient l'inconstance des figures sur 001. J'obtenais ces figures en mettant une goutte d'acide sur la poudre humide; alors il est à supposer que l'inégalité de concentration a joué ici un rôle principal.

Sur le fig. 10 nous voyons les figures de corrosion sur le prisme d'avant et de côté. Surtout le profil de la figure gauche antérieure, comparé avec celui de la figure précédente, nous prouve l'existence de la symétrie composée. De même les fig. 11 et 12. Les parties gauche et droite de ces figures représentent deux faces prismatiques adjacentes d'un même cristal. Sur la fig. 11 les deux moitiés sont photographiées à un même grossissement, et sur la fig. 12 — la moitié gauche est agrandie 625 fois et la droite, comme sur la fig. 11, c'est-à-dire 200 fois.

Ainsi donc la symétrie des cristaux de $\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{CaO}$ peut être représentée dans le diagramme suivant:



Les divers auteurs, par des voies différentes de raisonnement, ont démontré la possibilité de l'existence de 32 genres de symétrie cristallographique. En 1897 M. le prof. Georges Wulff¹⁾ a pro-

¹⁾ Z. f. Kryst. XXVII, page 556.

posé une méthode — la plus simple à mon avis — de la déduction des classes cristallographiques, en partant seulement de la conception du plan de symétrie. La classe dont il s'agit ici résulte de la combinaison de trois surfaces de réflexion, disposées en un triangle sphérique aux angles 90° , 90° , 45° , liées entre elles par la condition de l'action commune et donnant chaque quatrième réflexion réelle. L'auteur cité a désigné cette classe par un symbole: S ($2''$ $2''$ $4''$).

Mes recherches furent exécutées au Laboratoire de Minéralogie de l'Université de Varsovie, dont M. G. Wulff est le directeur et où je suis le conservateur. Je tiens à remercier ici vivement mon très honoré chef, M. le prof. G. Wulff, pour la bienveillance qu'il accorde toujours à mes recherches, de même que pour les conseils de cet éminent cristallographe qui m'ont aidé beaucoup dans les considérations qui font l'objet de la présente note.

Laboratoire de Minéralogie de l'Université de Varsovie.

40. Mme GABRIELLE BALICKA-IWANOWSKA. *Przyczynek do poznania fizyologicznej roli kwasu fosforowego w żywieniu się roślin. (Contribution à l'étude du rôle physiologique de l'acide phosphorique dans la nutrition des plantes)*. Mémoire présenté par M. E. Godlewski m. t.

(Planche XX).

Le phosphore en sa qualité de substance indispensable à la vie des plantes s'y trouve, comme l'on sait, en quantité relativement considérable. Cette indispensabilité du phosphore nous est compréhensible, car cet élément entre dans la composition de certains composés organiques qui sont de première importance pour la vie des plantes. Au nombre de ces composés il faut mentionner en premier lieu les nucléo-protéides, qui constituent un composé intégral de noyaux cellulaires, les nucléo-albumines fournissant la matière de réserve la plus ordinaire des composés albuminoïdes, qui s'accumulent dans les graines, et enfin les composés glycérophosphoriques qui entrent dans la constitution de la lécithine et semblent jouer un rôle important dans les propriétés osmotiques du protoplasma. Outre ces composés organiques contenant du phosphore, de



l'importance desquels on ne peut douter, il se trouve dans les plantes encore de l'acide phosphorique combiné à certains composés organiques et formant avec eux des composés solubles. Ici appartient avant tout un certain composé soluble de l'acide phosphorique, trouvé dans les graines par Palladin et ensuite par Schulze et Winterstein, et qui fournit l'inosite sous l'action de l'acide chlorhydrique. Ce composé est sans aucun doute le même corps, qui fut ensuite isolé à l'état pur des diverses graines par Posternak et défini par lui comme l'acide anhydro-oxy-méthyléno-diphosphorique. Outre ces composés organiques du phosphore on trouve encore dans les plantes une plus ou moins grande quantité de phosphates purement minéraux, dont la distribution dans les divers organes et tissus végétaux fut décrite d'une manière détaillée par Schimper¹⁾ à la suite de ses recherches microchimiques.

Ces phosphates minéraux doivent-ils fournir aux plantes du phosphore pour former des composés organiques mentionnés ci-dessus ou bien jouent-ils, outre cela, dans la vie des plantes encore un autre rôle, nous n'en savons jusqu'à présent rien de précis.

Dans les graines, l'acide phosphorique apparaît surtout sous la forme de composés organiques que nous avons énumérés, les phosphates minéraux se trouvent en petite quantité ou même font complètement défaut (Schulze et Castoro²⁾). Pourtant déjà durant la germination des jeunes plantules, élevées dans l'eau distillée, apparaît l'acide phosphorique minéral, comme l'a démontré pour la première fois Schimper, en employant la méthode microchimique. A ce qu'il paraît, cet acide phosphorique provient ici des composés organiques auxquels il était combiné dans la graine. On serait tenté de supposer que le but de cette dissociation est de faciliter l'extension de l'acide phosphorique au sein de la jeune plantule et de servir ainsi pour la formation de la nucléine, nécessaire à l'édification des noyaux cellulaires qui s'y multiplient constamment.

Si la chose se passe effectivement ainsi, pendant le développement subséquent, en tant que ce dernier s'effectue sans l'afflux de l'extérieur de nouvelles quantités des phosphates, l'acide phosphorique minéral susmentionné, provenant des composés organiques dans la première période de la germination, devrait de nouveau se trans-

¹⁾ Schimper. Flora 1890.

²⁾ Schulze et Castoro. Hoppe-Seylers Zeit. phys. Chem. Bd. XLI. Heft 5.

former en composés nucléaires et par cela même sa quantité devrait diminuer ou même disparaître complètement. Cependant déjà les expériences d'Iwanoff¹⁾ et de Zaleski²⁾ ont démontré qu'il n'en est point ainsi, au moins en tant que le développement des plantules s'effectue dans l'obscurité. Notamment Iwanoff dans les expériences avec *Vicia sativa* a trouvé que pour 100 parties de l'acide phosphorique total il se trouve:

dans les semences	dans les plantes étiolées			
	de 5 jours	de 10 jours	de 20 jours	de 27 jours
11.4%	48.1%	81.6%	80.2%	93.7%

par conséquent, plus longtemps dure le développement des plantes, d'autant plus grande est la quantité de l'acide phosphorique qui se sépare à l'état minéral des composés organiques primitifs, d'où il ressort, que l'acide phosphorique, une fois séparé des composés organiques, ne se transforme plus en ces mêmes composés.

Mais les expériences d'Iwanoff ont été exécutées dans l'obscurité, on peut donc supposer, que les composés organiques ne se sont pas reconstitués à nouveau aux dépens de l'acide phosphorique minéralisé, parce que les composés organiques ont fait défaut. A l'appui de cette supposition on peut invoquer l'analogie avec la régénération des matières albuminoïdes aux dépens de l'asparagine, qui se forme dans les jeunes plantules pendant la germination.

Comme l'on sait, cette régénération s'effectue seulement, lorsque la plante se développe à la lumière, tandis que dans l'obscurité, à défaut de composés organiques nécessaires, cette régénération n'a point lieu. Quelque chose d'analogue pourrait aussi se passer dans le cas de la régénération des composés organiques aux dépens de l'acide phosphorique, séparé pendant la germination de ces derniers. Pour élucider ce problème il était indiqué de faire l'expérience avec les plantes élevées à la lumière, en leur fournissant tous les éléments nutritifs, excepté l'acide phosphorique, afin que ces plantes, en se développant dans les conditions aussi avantageuses que possible et en formant par voie d'assimilation une nouvelle matière organi-

¹⁾ Iwanoff. Ueber die Phosphorverwandl. bei der Keimung der Samen von *Vicia Sativa*. Journal für exper. Landv. 1902. Heft I.

²⁾ Zaleski. Beitr. zur Verwandl. des Eiweissphosph. in den pflanz. Berichte der Deutsch. Bot. Gesel. Bd. XX. 1902.

que, puissent utiliser pleinement l'acide phosphorique qui s'était séparé des composés organiques pendant la germination.

C'est justement ces expériences que j'ai exécuté en premier lieu avec les pois et ensuite avec l'orge.

Méthode.

Les graines du pois, préalablement stérilisées avec du sublimé (1 pour 500), après leur gonflement furent semées dans des vases remplis de sable. Le sable fut lavé à l'acide chlorhydrique, pour lui enlever tous les composés minéraux, et ensuite rincé minutieusement avec de l'eau ordinaire. Chaque vase contenait à peu près la même quantité de sable et la même quantité d'eau distillée avec un liquide nutritif normal, mais privé de phosphore. Dans chaque vase furent plantées 15 graines, d'un poids strictement déterminé. Les plantes développées ont été récoltées dans un temps déterminé, nettoyées et lavées et ensuite séchées dans une étuve à 60°—80°, puis coupées finement. Les matériaux ainsi préparés et déterminés quant au poids des plantes fraîches et sèches, furent utilisés pour les analyses. En prenant pour base la méthode employée par Iwanoff et Zaleski, j'ai déterminé en premier lieu, dans les matériaux obtenus de chaque récolte, l'acide phosphorique de la lécithine, au moyen d'extraction de la substance, séchée auparavant à la température ne dépassant pas 100°, d'abord avec de l'éther, ensuite avec de l'alcool. Pour chaque analyse j'employais approximativement 5 gr. de substance; l'extraction au moyen de l'éther durait 24 heures, au moyen de l'alcool 2 heures, mais après la première heure on jetait l'alcool employé et l'on versait du nouveau. Pour se garer contre les pertes qui pourraient survenir pendant qu'on versait l'éther et l'alcool, le liquide extrait fut recueilli dans une cornue ajustée à l'appareil de Soxhlet, au lieu du flacon employé ordinairement; de cette cornue on distillait premièrement l'éther, ensuite l'alcool, et après leur évaporation jusqu'à sec, le résidu contenant la lécithine fut brûlé avec de l'acide sulfurique, addition faite de l'acide azotique, et dans le résidu on déterminait l'acide phosphorique. La substance qui restait après l'extraction, après une dessiccation préalable dans une température ne dépassant pas 90°, fut placée dans une cornue, infusée avec 15 c. c. d'acide acétique à 1% et maintenue dans un bain-marie pendant une demi-heure à une température de 80°. Quand le liquide devenait froid, on le

filtrait. Dans 50 cc. du liquide filtré, on déterminait immédiatement l'acide phosphorique minéral, en le précipitant par le molybdate d'ammonium. La seconde portion de 50 cc. fut brûlée avec l'acide sulfurique, addition faite vers la fin de l'acide azotique fumant pour activer la réaction; cette portion servait pour déterminer la quantité totale de l'acide phosphorique des composés solubles dans l'acide acétique. Le résidu resté sur le filtre était brûlé ensemble avec ce dernier, ainsi que le reste du liquide, et servait, soustraction faite de l'acide phosphorique qui se trouvait dans le liquide, pour la détermination de l'acide phosphorique des composés nucléo-protéiques insolubles dans l'acide acétique. La détermination quantitative de l'acide phosphorique a eu lieu selon la méthode de Riegler¹⁾ très appropriée à ce genre d'expériences, vu qu'elle permet d'employer une petite quantité de substance, ce qui est très commode pour le procédé avec les vases.

Nous obtenons donc: 1) la détermination de l'acide phosphorique de la lécithine. 2) la détermination de l'acide phosphorique des composés nucléo-protéiques précipités par l'acide acétique et insolubles dans cet acide, 3) la détermination immédiate, sans carbonisation, de l'acide phosphorique total soluble dans le liquide, après la carbonisation des matières organiques qu'il contenait. La différence entre l'acide phosphorique minéral et l'acide phosphorique total, soluble dans le liquide, présentait la quantité de l'acide phosphorique organique soluble. Cet acide phosphorique organique répond sans doute à l'acide anhydro-méthyléno-diphosphorique, mentionné plus haut, qui fut séparé et étudié par Posternak.

Pendant la durée de mes recherches Schulze et Castoro²⁾ ont employé une autre méthode pour déterminer l'acide phosphorique minéral, considérant que selon Hart et Andrews la méthode molybdénique employée jusqu'à présent donnait des résultats trop forts parce que l'acide azotique du molybdate d'ammonium sépare l'acide phosphorique minéral de ses combinaisons avec les matières organiques.

La méthode de Schulze et de Castoro consiste en ce que l'on précipite l'acide phosphorique minéral de l'extrait végétal acide

¹⁾ Zeitschrift für analytische Chemie. Bd. 41. 1902. S. 674.

²⁾ Schulze und Castoro. Findet man in pfl. und keimpf. anorg. phosphale. Hoppe-Seylers Zeit. phys. Chem. Bd. XLI. Heft 5.

au moyen du chlorure de chaux et de l'ammoniaque, on recueille le résidu du phosphate de chaux amassé sur le filtre, on le lave et dissout dans du citrate d'ammonium et précipite au moyen de la mixture magnésienne. Le côté faible de cette méthode, comme le relève Schulze lui-même, consiste en ce que s'il y a dans l'extrait des sels de magnésium, une partie de l'acide phosphorique peut être précipitée immédiatement sous forme de phosphate ammonomagnésique, qui ne se dissout pas ensuite dans le citrate d'ammonium, en vertu de quoi cette méthode donnera dans ce cas des résultats trop faibles. Malgré ce défaut de la méthode Schulze-Castoro, je m'en suis servi, en commençant par la V^e expérience, considérant que les objections de Hart et d'Andrews contre la méthode molybdénique allaient si loin, que ces auteurs ont nié non seulement la présence de l'acide phosphorique minéral dans les graines des plantes, mais aussi sa séparation des composés organiques pendant la germination, en rapportant les observations faites jusqu'à présent à ce sujet à la séparation de l'acide phosphorique de ses composés organiques pendant son chauffage avec l'acide azotique du réactif molybdénique ¹⁾.

J'ai calculé tous les résultats de mes analyses sur le nombre des plantes élevées de 100 grammes de la substance sèche des graines employées pour l'expérience.

¹⁾ Le travail présent était déjà complètement achevé, quand j'ai eu l'occasion de prendre connaissance de la publication plus étendue d'Iwanoff: „Sur les transformations du phosphore dans les plantes“. S. Pb. 1905. L'auteur réfute dans ce travail les objections d'Andrews et de Hart contre sa méthode, en démontrant les défauts des procédés de ces auteurs et cite des expériences qui prouvent que le chauffage des extraits végétaux, dépourvus d'albumine, même avec des quantités considérables d'acide azotique n'entraîne point la séparation de l'acide phosphorique minéral de ses composés organiques. Cependant ces expériences ne me paraissent pas probantes, car dans les extraits chauffés avec de l'acide azotique l'auteur trouvait, pendant la précipitation par le molybdate d'ammonium, non pas les mêmes quantités d'acide phosphorique, mais des quantités plus petites que dans les extraits traités d'une manière immédiate par ce réactif. Cette circonstance prouve, que dans le premier cas la précipitation n'était pas complète, à cause de la quantité trop grande de l'acide azotique dans le liquide, et pour cette raison cette expérience ne peut être considérée comme concluante.

Expériences I, II, III.

Aux mois de juin et de juillet 1904 des pois furent plantés dans trois séries de vases remplis de sable contenant tous les composés nutritifs excepté l'acide phosphorique. Les plantes furent récoltées et analysées en intervalles déterminés. La première analyse fut faite au bout de quinze jours après l'ensemencement, la dernière récolte — au bout de 55 jours, quand les plantes commençaient déjà à jaunir et à dépérir.

Expérience I. Juin.

	Ac. phosph. nucléo-prot. gr.	Ac. phosph. phyt. gr.	Ac. phosph. minéral gr.	Ac. phosph. lecith. gr.	Ac. phosph. total gr.	Poids sec. gr.
Semences	0·5603	0·2301	0·1355	0·1455	1·07	100
35 jours	0·2684	0·1398	0·5422	0·0894	1·00	110·5
40 jours	0·2409	0·0619	0·6198	0·0859	1·00	114·04
50 jours	0·2001	0·0612	0·6287	0·0874	0·97	124·99

Expérience II. Juin.

Semences	0·5603	0·2301	0·1355	0·1455	1·07	100
20 jours	0·2763	0·0459	0·6079	0·0957	1·02	86·14
25 jours	0·2678	0·0506	0·6597	0·0809	1·15	103·8
30 jours	0·2099	0·0649	0·7731	0·1339	1·08	111·62
35 jours	0·2498	0·0709	0·7126	0·1130	1·14	137·50
40 jours	0·2532	0·0667	0·6738	0·0963	1·09	312·77

Expérience III. Juillet.

Semences	0·5603	0·2301	0·1355	0·1455	1·07	100
15 jours	0·1519	0·1247	0·6659	0·1331	1·07	78·39
25 jours	0·2230	0·0587	0·7142	0·1148	1·11	101·02
35 jours	0·2112	0·0812	0·6159	0·0948	1·00	133·37
55 jours	0·2339	0·1494	0·6606	0·0726	1·11	203·58
55 jours	0·2449	0·1454	0·6094	0·1279	1·12	204·64

Comme l'indiquent les nombres mis ci-contre en évidence, il ressort de ces expériences que les plantes déterminent une décomposition très accentuée des composés organiques de phosphore et

qu'il s'en détache de l'acide phosphorique minéral. Cependant durant cette période de 55 jours on n'observe aucune régénération des composés organiques de l'acide phosphorique. Ce dernier une fois détaché de ces composés garde sa forme minérale.

Il importe de signaler que l'absence complète de régénération des composés phosphoriques organiques est tout à fait indépendante de l'assimilation plus ou moins forte, car cette régénération n'a pas eu lieu, même dans le cas où le poids sec des plantes se doublait, comme par exemple dans la récolte de 55 jours. Le fait que l'acide phosphorique minéral, une fois détaché des composés organiques, ne fut plus employé à nouveau par les plantes, ne serait-ce que pour la formation de la nucléine, mais se conserve à l'état minéral, permet de faire la supposition que le rôle des phosphates ne se limite pas seulement à ce qu'ils servent aux plantes en guise de matière pour la formation à leurs dépens des composés organiques nécessaires contenant du phosphore, mais que ces phosphates doivent servir aux plantes dans une plus grande mesure encore pour d'autres processus vitaux.

A. Wróblewski¹⁾ attribue aux phosphates le rôle d'un régulateur du degré de la réaction acide ou alcaline dans la cellule. Il observa notamment dans ses recherches sur la fermentation provoquée par le suc des levures, que l'addition des phosphates à ce suc paralyse l'influence nuisible qu'exercent les petites quantités d'acides ou d'alcalis sur la fermentation produite par ces levures. „Les phosphates, en tant que corps d'une réaction facile, s'unissent plus aisément aux bases ou aux acides présents dans la cellule et de cette manière peuvent la prémunir, ainsi que ses fonctions vitales, contre les influences nuisibles qui pourraient apparaître éventuellement sous l'action d'acides ou d'alcalis“. Les résultats ci-dessus énoncés, tout en confirmant l'importance des phosphates minéraux pour les plantes semblent parler peut-être, indirectement en faveur des suppositions de Wróblewski.

Si l'acide phosphorique minéral après s'être détaché pendant la germination des composés organiques, n'est plus utilisé par la plante pour une nouvelle production des composés organiques de phosphore, il est certain que ces composés vont se former, quand la plante

¹⁾ A. Wróblewski. „O soku wycisniętym z drożdży“. Kraków nakł. Akad. Umiejętn. 1901 r. (str. 25).

aura reçu de l'extérieur une quantité suffisante de phosphates; il nous faut seulement poser la question, où, quand et dans quel ordre se forment ces composés organiques de phosphore. Quelques opinions à ce sujet furent énoncées par Posternak¹⁾. Cet auteur considère comme premier produit de l'assimilation des phosphates dans la plante l'acide anhydro-oxy-méthyléno-diphosphorique, isolé par lui de différentes graines, et qu'il appelle en abrégé *phytine*. Cette phytine se forme, selon Posternak, dans les feuilles à la suite d'une fusion de l'aldéhyde formique, provenant de l'assimilation de l'acide carbonique, au moment de sa formation, avec l'acide phosphorique. Cette fusion est accompagnée d'une certaine déshydratation. La phytine qui se forme de cette manière s'unit bientôt aux matières albuminoïdes et se dirige avec elles vers les organes, servant de réceptacle des matières de réserve, donc, entre autres, vers les graines, d'où justement Posternak l'a extraite la première fois à l'état pur. Cependant à l'appui de cette manière de voir Posternak ne cite aucune preuve concluante, qui parlerait au moins en faveur de ce que sa phytine se forme en effet la première dans la plante parmi les divers composés phosphoro-organiques. Voilà pourquoi les expériences décrites ci-dessous ont été destinées à constater quels sont les composés organiques de phosphore et avec quelle rapidité ils se forment dans la plante privée d'acide phosphorique, quand on l'a arrosée avec une solution de phosphates ou quand on l'a soumise à une culture aqueuse, en la plaçant dans le liquide nutritif de phosphore.

Une partie de ces expériences fut exécutée avec les pois dans des cultures de sable, une autre partie avec de l'orge dans des cultures privé privé aqueuses.

Expériences IV et V.

Pour ces expériences on a planté les pois dans du sable lavé au liquide nutritif dépourvu de phosphore, de la même manière que dans les expériences précédentes. Après un certain laps de temps, quand les plantes trahissaient déjà un épuisement de l'acide phosphorique et commençaient à jaunir, on récolta les plantes de plusieurs vases et l'on procéda à l'analyse. Les autres vases rece-

¹⁾ Posternak. Contr. à l'étude chim. de l'assimilat. chlorophyl. Rev. génér. de Bot. T. XII, 1900, et Compt. rend. de l'Ac. de Sc. T. CXXXVII. T. CXL. 1905.

vaiant du phosphore à l'exception de ceux, qui devaient servir pour les analyses comparatives. Ensuite dans des intervalles de plusieurs jours on analysa les plantes provenant des vases privés de phosphore, ainsi que de ceux qui l'ont reçu. Ces récoltes étaient exécutées tous les trois, les cinq et les huit jours.

Les expériences de ce genre ont été faites au nombre de deux et leur résultats sont mis en évidence dans les tables des expériences IV et V.

Expérience IV.

	Ac. phosph. nucléo-prot. gr.	Ac. phosph. phyt. gr.	Ac. phosph. minéral gr.	Ac. phosph. lécith. gr.	Ac. phosph. total gr.	Poids sec. gr.
Semences	0.5603	0.2301	0.1355	0.1455	1.07	100
Plantes imméd. avant. arros. avec du liq. nutr. (avec P_2O_5)	0.2360	0.1041	0.6435	0.1226	1.106	84.566
Sans phosph. } 3 jours	0.3352	0.0740	0.5005	0.0886	0.996	90.242
Avec phosph. } après	0.4010	0.1653	0.9948	—	1.561	102.05
Avec phosph. } 3 jours	0.4299	0.2866	0.7004	0.1155	1.532	87.285
Sans phosph. } après	0.2231	0.1674	0.5583	0.1022	1.046	92.66
Avec phosph. } 8 jours	0.3641	0.1253	1.3371	1.1552	1.981	101.05
Sans phosph. } après	0.3297	0.1409	0.4228	0.0904	0.983	94.308
Avec phosph. } 8 jours	0.3244	0.1231	1.2358	0.1494	1.832	97.184
Avec phosph. } après	0.3396	0.1710	1.5217	0.1555	2.187	102.99

Expérience V.

Sans phosph. } 8 jours	0.3500	0.1029	0.5765	0.1479	1.177	238.59
Avec phosph. } après	0.3629	0.2564	3.2945	0.2485	4.162	234.66
Sans phosph. } 8 jours	0.2750	0.0986	0.5917	0.1267	1.092	249.24
Avec phosph. } après	0.7353	0.2464	2.9392	0.3616	4.282	269.88

Les résultats numériques mis en évidence permettent de constater que les plantes pourvues de substance nutritive au phosphore ont montré naturellement avant tout une augmentation de la quantité d'acide phosphorique minéral, ensuite un certain surcroît de phosphore des composés nucléo-protéiques et de la lécithine. L'expérience IV a eu lieu pendant les mois de septembre et d'octobre c'est-à-dire dans un temps où l'assimilation s'est effectuée très faiblement, car l'accroissement du poids sec fut très faible; de même

dans cette expérience la transformation de l'acide phosphorique en composés organiques est relativement insignifiante. Par contre, l'expérience V, exécutée au mois de juin, présente des résultats plus marqués, vu le grand accroissement du poids sec, de même et d'une manière encore plus frappante quant, à la transformation des phosphates. Dans l'analyse pour laquelle furent employées les plantes laissées durant huit jours avec du liquide nutritif contenant du phosphore, on remarque un grand accroissement du phosphore des composés nucléo-protéiques et du phosphore de lécithine, de même que de l'acide phosphorique organique. Cependant toutes les analyses de ces deux expériences ne permettent pas de déterminer lequel des composés organiques contenant du phosphore se forme le premier dans la plante.

Expériences VI, VII et VIII.

Les graines d'orge stérilisées dans de l'eau bromée et pesées auparavant furent semées dans des appareils de Schönjähne, employés ordinairement pour la germination, et dans des vases couverts avec du papier noir fut versé le liquide nutritif sans phosphore. Sur les grains on étala une couche de sable, lavé avec de l'acide chlorhydrique et ensuite avec de l'eau. Après la germination, les plantes grandissaient pendant 21 jours et après ce temps commençaient à jaunir. Alors un certain nombre d'appareils fut laissé avec le liquide nutritif privé de phosphore, aux autres on ajouta le liquide nutritif complet. Au bout d'un ou de deux jours, après avoir bien lavé les racines dans de l'eau distillée, les plantes furent transportées du liquide nutritif au phosphore dans le liquide nutritif privé de phosphore, en outre un certain nombre de plantes fut analysé immédiatement. Ensuite on récoltait les plantes dans des intervalles de quelques jours et on les analysait en même temps; en guise de comparaison on récoltait des cultures sans phosphore. Ce procédé avait pour but d'examiner de plus près les transformations que subit une quantité déterminée d'acide phosphorique absorbé de l'extérieur par la plante, quand tout nouvel afflux en est suspendu. On voulait se rendre compte avec quelle rapidité et jusqu'à quelle limite cette transformation s'opère et lesquels des composés organiques de phosphore se forment les premiers. Les résultats des analyses sont présentés dans les tables des expériences VI, VII et VIII.

Expérience VI.

	Ac. phosph. nucléo-prot. gr.	Ac. phosph. phyt. gr.	Ac. phosph. minéral gr.	Ac. phosph. lécih. gr.	Ac. phosph. total gr.	Poids sec. gr.
Semences	0.4154	0.4177	0.1392	0.0394	1.011	100
Plantes imméd. avant leur mise dans le liquide nutritif avec P ₂ O ₅	0.1897	0.1593	0.5235	0.1391	1.011	127.615
Maintenues dans le liquide nutr. 1 jour	0.1585	0.1498	1.9803	0.1840	2.472	137.932
Transportées de nouveau dans le liq. nutrit. et y maintenues 4 jours	0.5172	0.2873	2.2520	0.2471	3.301	183.796
Transportées de nouveau dans le liq. nutritif et y maintenues 8 jours	0.5890 0.3972	0.4440(?) 0.2602	1.7535 2.2051	0.3714 0.3880	3.158 3.250	254.529 258.717

Expérience VII.

Semences	0.4154	0.4177	0.1392	0.0394	1.011	100
Plantes imméd. avant leur mise dans le liquide nutritif. avec P ₂ O ₅	0.1707	0.1202	0.5411	0.1202	0.952	161.363
Maintenues dans le liq. nutr. avec P ₂ O ₅ 1 jour	0.6109	0.2208	2.9044	0.1644	3.900	162.596
Transportées de nouveau dans le liq. sans P ₂ O ₅ et y main- tenues 2 jours	0.9016	0.2997	3.5221	0.1464	4.869	180.340
Transportées de nouveau dans le liq. sans P ₂ O ₅ et y maint. 4 jours	0.7640	0.2808	3.0276	0.1689	4.2413	159.395

Expérience VIII.

Semences	0.4154	0.4177	0.1392	0.0394	1.011	100
Plantes immédiat. avant leur mise dans le liquide nutritif. avec P ₂ O ₅	0.2024	0.0776	0.5507	0.0941	0.924	91.041
Plantes maintenues 2 jours dans liq. nutr. avec P ₂ O ₅	0.5436	0.2575	1.3377	0.1120	2.250	103.116
2 jours dans le liquide nutr. avec P ₂ O ₅ , 2 jours dans le liq. sans P ₂ O ₅	0.4562	0.1296	1.3111	0.1320	2.028	111.371
Analyse simultanée des plan- tes maintenues constamment dans le liq. sans P ₂ O ₅	0.2225	0.0046	0.5535	0.1253	0.907	114.138
2 jours dans le liquide nutr. avec P ₂ O ₅ , 4 jours sans P ₂ O ₅	0.3616	0.0172	1.2287	0.1365	1.744	114.984
Analyse simultanée des plan- tes maintenues constamment dans le liq. nutr. sans P ₂ O ₅	0.1540	0.1640	0.5666	0.1192	1.003	141.900
2 jours dans le liquide nutr. avec P ₂ O ₅ , 8 jours sans P ₂ O ₅	0.2574	0.1603	1.5154	0.1408	2.074	150.17

Les résultats mis ci-dessus en évidence démontrent avant tout que les plantes affamées du phosphore l'absorbent du liquide nutritif phosphorique avec une grande avidité et avec une grande prom-

9*

ptitude. Un séjour des racines pendant 24 heures dans ce liquide, dans l'expérience VI, démontre que la quantité totale de l'acide phosphorique fut doublée, dans l'expérience VII elle est même quadruple. Dans l'expérience VIII l'absorption de l'acide phosphorique fut plus lente, car sa quantité au bout de deux jours augmenta seulement un peu plus de deux fois. Evidemment il faut rapporter ce fait à l'influence d'une température plus basse au cours de l'expérience, exécutée au mois d'octobre.

La transformation partielle des phosphates, absorbés par la plante, en composés phosphoro-organiques commence très tôt. Dans les expériences VII et VIII la transformation la plus accentuée a eu lieu déjà pendant le séjour des plantes dans le liquide nutritif renfermant du phosphore, donc au cours de 24 heures (exp. VII), respectivement de 48 heures (exp. VIII), depuis que la plante a reçu les nouveaux phosphates de l'extérieur. Ce n'est que dans l'expérience VI que pendant la première journée la transformation des phosphates n'avait presque pas eu lieu et elle arriva seulement plus tard. Pour déterminer jusqu'à quelle limite atteint la transformation des phosphates absorbés, les expériences VI et VII se prêtent mal, à cause de ce fait que même après le transfert des plantes dans le liquide nutritif sans phosphore, l'absorption des phosphates a eu lieu, car les nombres ci-dessus mis en évidence démontrent un accroissement de la quantité totale de l'acide phosphorique. Vu que les racines des plantes, après avoir été otées du liquide nutritif renfermant du phosphore furent lavées avec soin, ce fait ne saurait être expliqué autrement que par la circonstance, qu'on n'avait pas pris suffisamment garde à ce que le sable employé pour recouvrir les graines ne soit pas trempé dans le liquide nutritif avec du phosphore. Il suffisait certainement d'une petite quantité de ce liquide absorbé par le sable, pour qu'il fournisse ensuite aux plantes de nouvelles quantités de phosphore, vu la particularité, bien des fois notée chez les plantes, de profiter même des moindres quantités de phosphore qu'elles trouvent dans leur entourage. Malgré cette circonstance peu propice, on peut constater pourtant que quoique dans l'expérience VII la transformation principale se soit opérée déjà dans la première journée du séjour des plantes dans le liquide nutritif avec du phosphore, cependant les phosphates absorbés durant cette journée par les plantes ont subi encore partiellement une transformation pendant les deux, voire même quatre jours sui-

vants après qu'elles furent transportées dans le liquide nutritif sans phosphore. Il est aisé de se convaincre qu'il en fut ainsi en calculant la quantité de l'acide phosphorique organique qui revient pour 100 parties de l'acide phosphorique total.

Nous trouverons alors:	dans les comp.	
dans les plantes ayant séjourné:	organiques :	
1 journée ds. le liquide phosph.	25.6	74.4
1 journée ds. le liquide phosph., 2 jours ds. le liquide sans phosph.	27.7	72.3
1 journée ds. le liquide phosph., 4 jours ds. le liquide sans phosph.	28.6	71.4

Ainsi pendant le séjour dans le liquide nutritif sans phosphore, pour la même quantité de l'acide phosphorique total, il se trouvait encore un certain accroissement constant, quoique peu marqué, de l'acide phosphorique dans les composés organiques, à côté d'une diminution des phosphates minéraux; donc le processus de transformation durait encore toujours. L'expérience VIII exécutée au mois d'octobre fournit un résultat différent, mais très intéressant. Ici l'absorption de l'acide phosphorique était, comme nous l'avons vu, un peu plus lente, mais sa transformation au cours des deux jours, pendant lesquels les racines des plantes ont séjourné dans le liquide nutritif au phosphore, fut si énergique, que malgré la quantité de l'acide phosphorique doublée en ce temps, le rapport de l'acide phosphorique des composés organiques avec l'acide phosphorique minéral ne subit aucun changement. Pour 100 parties de l'acide phosphorique total dans les plantes soumises au jeûne il y avait 41.1 % d'acide phosphorique organique et 59.6 % d'acide phosph. minéral et dans les plantes maintenues ensuite pendant 2 jours dans le liquide nutritif au phosphore 41.6 % d'acide phosphorique organique et 59.4 % d'acide phosph. minéral. Vu que dans cette expérience on avait pris garde à ce que le sable n'absorbe pas du liquide nutritif au phosphore, par conséquent après le transfert des plantes dans le liquide nutritif sans phosphore, où elles ont séjourné pendant plusieurs jours, on n'a constaté aucun accroissement de la quantité de l'acide phosphorique total. Cette expérience par conséquent se prête mieux que les deux précédentes à l'étude des transformations que subissent dans les plantes les phosphates pris du liquide nutritif. Or, un seul coup d'oeil jeté sur les

nombres de l'expérience VIII suffit pour constater, que non seulement les phosphates absorbés durant les deux premiers jours du liquide nutritif (s'ils n'ont pas subi de transformation pendant ce temps) ne se transforment plus ensuite quand les plantes ont séjourné dans le liquide nutritif sans phosphore, mais que par contre une certaine partie de composés phosphoriques organiques formés pendant ces deux jours a subi de nouveau une décomposition et qu'il y a eu un détachement de l'acide phosphorique minéral de ces composés organiques, précisément de la même manière que pendant la période de la germination des graines. Effectivement nous voyons que pour 100 parties de l'acide phosphorique total il y avait:

Dans les plantes qui ont séjourné:	l'acide phosph. des composés org.	l'acide phosph. minéral
2 jours dans le liq. nutr. phosph.	41.6	59.4
2 jours dans le liq. nutr. phosph., 2 j. ds. le liq. nutr. sans phosph.	35.4	64.6
2 jours dans le liq. nutr. phosph., 4 j. ds. le liq. nutr. sans phosph.	29.6	70.4
2 jours dans le liq. nutr. phosph., 8 j. ds. le liq. nutr. sans phosph.	27	73

Quant à la question lequel des composés organiques contenant du phosphore se forme le premier dans la plante aux dépens des phosphates absorbés du dehors, dans ces expériences avec l'orge nous ne trouvons aucune réponse non plus, car partout apparaît presque simultanément une augmentation des combinaisons de l'acide phosphorique avec les matières albuminoïdes, avec celle de l'acide phosphorique organique et de la lécithine.

Expérience IX.

Attendu que dans les expériences décrites plus haut on n'a pas réussi d'obtenir des indications sur la justesse de l'opinion de Posternak au sujet du rôle de l'acide phosphorique organique (appelé par Posternak *phytine*) en tant que premier produit de la transformation des phosphates absorbés par les racines en composés phosphoriques organiques, on a tâché d'obtenir ces indications dans une autre voie. La méthode que nous avons choisi maintenant consistait en ce que l'on étudiait à certains intervalles de temps, durant tout le développement des plantes qui a lieu aux champs dans

des conditions tout à fait normales, la marche de l'absorption de l'acide phosphorique, ainsi que sa transformation dans les plantes en divers composés phosphoriques organiques. Comme matériaux d'études on a employé de nouveau de l'orge, qui fut semé dans le champ d'expériences de l'Institut Agricole et qui a reçu une portion modérée d'engrais complet.

Les plantes, une fois enlevées de la terre, furent coupées près de la racine, qui n'a pas été analysée. Après les avoir lavées et comptées, on procédait à la détermination de leur poids en état frais et ensuite elles furent séchées et coupées finement. La première récolte a eu lieu au bout de quatre semaines après l'ensemencement, la seconde—quinze jours plus tard, les autres enfin tous les huit jours. Toute la période de la végétation durait depuis le 11 mai jusqu'au mois d'août. Pour les trois premières analyses on a employé les plantes entières sauf les racines, pour les suivantes—on détachait les épines des tiges et on les analysait séparément, en calculant ensuite combien d'épines revenait pour 100 plantes. Comme dans ce cas on disposait d'une grande quantité de matériaux d'étude on employait séparément pour la détermination de l'acide phosphorique minéral des portions de 10 à 20 gr. et on les analysait sans extraction préalable par l'éther. Pour vérifier les résultats, la quantité totale de phosphore fut déterminée de même pour chaque récolte par portions séparées. Les tables numériques furent calculées séparément pour 100 plantes et pour 100 parties du phosphore total.

Voir table IX, pag. 632—633.

Dans l'analyse des plantes de quatre semaines nous voyons que, quoique la quantité totale d'acide phosphorique, en comparaison avec celui qui se trouve dans les graines, eût augmenté 6 fois, cependant sa transformation en composés organiques fut très insignifiante. De tous les composés phosphoriques organiques on en trouva ici bien peu en plus, qu'il n'y en avait dans les graines, ce qui prouve que pendant les premières quatre semaines de la végétation, malgré l'absorption libre de l'acide phosphorique tiré du sol, à peu près une même quantité de cet acide fut transformé en composés organiques, que celle qui s'était séparée de ces composés au cours de la germination.

Dans la cinquième et la sixième semaine de la végétation la transformation de l'acide phosphorique était beaucoup plus notable. C'était

E x p é r i e n c e I X.
Différentes formes de P₂O₅ dans 100 plantes.

Age des plantes	Ac. phosph. nucléo-prot. gr.	Ac. phosph. phyt. gr.	Ac. phosph. minéral gr.	Ac. phosph. lécih. gr.	Ac. phosph. total gr.	Poids sec. gr.
Semences	0-0206	0-0269	0-0021	0-0024	0-0520	5 gr.
IV-e semaine	0-0241	0-0274	0-2262	0-0252	0-3029	24-007
VI-e semaine	0-0465	0-1978	0-9155	0-1163	1-2761	174-04
VII-e semaine	0-0710	0-2445	0-8401	0-0513	1-2069	171-631
VIII-e semaine	0-0880	0-2118	1-0112	0-1067	1-4177	237-86
	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	
IX-e semaine	0-0442 0-0438	0-1546 0-0572	0-7730 0-2382	0-0751 0-0316	1-0469 0-3708	310-64
	0-4129	0-3488	0-9387	0-1457	1-8461	
	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	
X-e semaine	0-1528 0-2670	0-2593 0-0918	0-5141 0-4353	0-0833 0-0640	1-0695 0-8586	264-27
	0-7212	0-4023	0-6583	0-1340	1-9158	
	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	
XI-e semaine	0-1334 0-5678	0-1589 0-2434	0-3212 0-3371	0-0723 0-0617	0-6858 1-2300	341-50
	0-6358	0-5046	0-7102	0-1528	2-0384	
	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	
XII-e semaine	0-0941 0-5417	0-1350 0-3696	0-3154 0-3951	0-0859 0-0669	0-6301 1-3733	309-88
	0-5656	0-6264	0-6542	0-1231	1-9693	
	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	T. E.	
	0-1007 0-4649	0-2763 0-3502	0-2799 0-3743	0-0597 0-0634	0-7165 1-26-8	

Pour 100 parties de P₂O₅ total.

Age des plantes	Ac. phosph. nucléo-prot. %		Ac. phosph. phyt. %		Ac. phosph. minéral %		Ac. phosph. lécith. %	
	T.	E.	T.	E.	T.	E.	T.	E.
Semences	39.6		51.7		4.0		4.6	
IV-e semaine	7.86		9.045		74.67		8.26	
VI-e semaine	3.646		15.51		71.79		9.12	
VII-e semaine	5.882		20.257		69.61		4.25	
VIII-e semaine	6.206		14.938		71.32		7.526	
	T.	E.	T.	E.	T.	E.	T.	E.
	4.246	11.812	14.443	15.424	74.200	64.240	7.209	8.522
IX-e semaine	22.366		18.893		50.847		7.892	
	T.	E.	T.	E.	T.	E.	T.	E.
	15.136	31.090	25.685	10.698	50.926	50.753	8.254	7.458
X-e semaine	37.644		20.990		34.361		6.994	
	T.	E.	T.	E.	T.	E.	T.	E.
	19.451	47.788	23.170	19.788	46.835	27.406	10.542	5.016
XI-e semaine	31.736		25.187		35.446		7.627	
	T.	E.	T.	E.	T.	E.	T.	E.
	14.932	39.445	21.425	26.913	50.007	28.770	13.622	4.871
XII-e semaine	28.720		31.808		33.219		6.250	
	T.	E.	T.	E.	T.	E.	T.	E.
	14.054	37.109	38.548	27.933	39.064	29.877	8.332	5.060

la période du développement le plus actif des plantes, de l'assimilation la plus forte et de l'absorption la plus rapide de l'acide phosphorique. Au cours de ces deux semaines les plantes absorbèrent du sol presque autant d'acide phosphorique que pendant tout le reste de leur développement. De pair avec l'absorption des phos-

phates s'était effectuée déjà dans une certaine mesure leur transformation en composés organiques. Cette transformation consistait, durant cette période, principalement dans la formation de l'acide phosphorique organique (phytine), dont la quantité était en ce moment sept fois plus grande que dans les plantes de quatre semaines.

A un degré bien moins considérable s'unissait, durant cette période, l'acide phosphorique avec les composés albuminoïdes, car sa quantité sous cette forme n'était pas même deux fois aussi grande que dans les plantes de quatre semaines. Ces rapports parleraient, jusqu'à une certaine mesure, en faveur de l'hypothèse de Posternak que sa phytine serait effectivement le premier produit de la transformation des phosphates minéraux et que peut-être sa formation est pendant cette période dans une certaine relation avec le processus d'assimilation.

Pendant la septième semaine survint une certaine interruption dans le développement des plantes, certainement à cause de l'abaissement de la température; néanmoins la transformation des phosphates avança encore un peu, surtout il s'était formé un peu plus des composés nucléo-protéiques.

Pendant la huitième semaine quand les plantes avaient déjà épié, malgré une forte assimilation, la transformation de l'acide phosphorique a très peu avancé. Ce n'est qu'au cours de la neuvième semaine, c'est-à-dire depuis que les plantes ont défleuri, que commence une transformation très active des phosphates minéraux en composés organiques. Cette transformation devient alors si énergique que malgré l'accroissement de la quantité totale d'acide phosphorique par suite de son absorption du sol encore de 30%, la quantité de l'acide phosphorique minéral, qui relativement à la quantité totale de l'acide se maintenait jusque-là fixement à une hauteur de 70%, tombe à présent au bout d'une semaine jusqu'à 50% et pendant la suivante, c'est-à-dire dans la dixième semaine, jusqu'à 34% et se maintient à ce niveau jusqu'à la fin.

Cette transformation particulièrement énergique des phosphates pendant la période qui suit immédiatement la défleuraison, c'est-à-dire dans la période de la formation des graines, repose partiellement sur l'accroissement subséquent de l'acide phosphorique organique, mais bien plus encore sur son union avec les matières albuminoïdes, c'est-à-dire sur la formation des composés nucléo-protéiques.

Pendant les deux dernières semaines de la végétation, donc pen-

dant la maturation finale des graines, l'acide phosphorique minéral ne subissait presque plus de transformation, mais, par contre, la quantité de l'acide phosphorique organique s'accroissait encore aux dépens de celui qui était auparavant plus étroitement uni aux matières albuminoïdes. La marche de transformation de l'acide phosphorique et la dépendance de la période du développement des plantes devient encore plus frappante quand nous l'exprimons au moyen des courbes, tracées sur la tabl. X. Pour le tracement de ces courbes on a mis comme abscisses le temps (en nombre de semaines), dans lequel on analysait les plantes et comme ordonnées les dates des analyses. Dans les courbes qui expriment les quantités d'acide phosphorique sous ses diverses formes, chaque millimètre des ordonnées correspond à 10 mgr. d'acide phosphorique, dans la courbe d'assimilation chaque millimètre correspond à 2 gr. de masse sèche (le tout calculé pour 100 plantes). La courbe de l'absorption de l'acide phosphorique a un parcours très ressemblant à la courbe de l'assimilation: en s'élevant comme l'autre très lentement pendant la durée des premières quatre semaines, elle s'élève avec elle très violemment entre la quatrième et la sixième semaine et ensuite, après un court arrêt, elle monte de nouveau, au début assez énergiquement et ensuite de plus en plus doucement, jusqu'à la maturité des graines.

Tout à fait différent et indépendant de la courbe d'assimilation est le parcours de la courbe qui exprime la transformation totale de l'acide phosphorique en composés organiques. Nous observons des ascensions énergiques de cette courbe sur deux points, dont un entre la quatrième et la sixième semaine et l'autre entre la huitième et la dixième semaine. Le premier point, le moins rapide de cette ascension, correspond au soulèvement de la courbe d'assimilation, le second sûrement non, car quand la courbe d'assimilation ne monta plus après la neuvième semaine¹⁾ la courbe de transformation s'élève justement dans le courant de la dixième semaine d'une manière très rapide. L'indépendance de cette courbe de la courbe d'assimilation s'accuse aussi dans son cours pendant la huitième semaine, où elle suit un trajet presque horizontal, malgré le soulèvement très prononcé à ce point-là de la courbe d'assimilation.

¹⁾ Son abaissement dans la neuvième semaine doit être rapporté à une portion de 100 plantes choisie moins heureusement.

Ce manque de transformation de l'acide phosphorique pendant la huitième semaine de la végétation, c'est-à-dire à l'époque où l'orge épie, est-il une manifestation constante, ou bien, ce qui est plus probable, n'est-il que le résultat d'un arrêt accidentel de la végétation dans la septième semaine, il est impossible pour le moment de conclure d'une manière définitive. Si pourtant dans la huitième semaine de la végétation l'assimilation était très forte et la transformation des phosphates très faible, si dans la dixième semaine il n'y avait point d'assimilation et la transformation des phosphates était très énergique, on ne peut plus douter qu'entre ces deux processus physiologiques il n'y a pas de relation immédiate nécessaire. Il en résulte que l'hypothèse de Posternak, prétendant que dans les plantes vertes la première combinaison de l'acide phosphorique s'effectue pendant l'assimilation de CO_2 par l'association de H_3PO_4 avec l'aldéhyde formique au moment de sa formation pour constituer l'acide anhydro-oxy-méthyléno-diphosphorique ($\text{C}_2\text{H}_3\text{P}_2\text{O}_4$), ne peut être soutenue.

Une certaine relation médiate entre l'assimilation et l'entrée en combinaison de l'acide phosphorique avec des composés organiques est un fait tout naturel, car par le fait de l'assimilation se forment les composés organiques auxquels s'unit ensuite l'acide phosphorique.

C'est une chose fort possible que justement le manque de ces composés, occasionné par l'interruption de l'assimilation pendant la septième semaine, fut la cause de ce fait que dans la huitième semaine la transformation de l'acide phosphorique n'a presque pas eu lieu. Par contre il n'y a pas de doute, que quand il se trouve une quantité suffisante de composés organiques qui conviennent à la transformation de l'acide phosphorique, alors cette transformation peut s'opérer, bien que l'aldéhyde formique ne se forme pas dans la plante par voie d'assimilation. Du reste, cette formation des composés organiques indépendamment de toute assimilation est attestée déjà par Iwanoff dans son travail¹⁾ où il démontra que dans un oignon coupé et tenu dans l'obscurité augmente non seulement l'azote des albumines, mais aussi le phosphore des corps albuminoïdes. Que chez les champignons l'entrée en combinaison de l'acide phosphorique avec des composés organiques s'effectue sans que

¹⁾ L. Iwanoff: О превращеніяхъ фосфора въ растеніи въ связи съ превращеніями бѣлковъ. С.-Петербургъ, 1905.

l'assimilation y prenne part, cela se comprend de soi-même. Si le trajet de nos courbes contredit l'hypothèse de Posternak sur la manière dont se forme la phytine en rapport avec le processus d'assimilation, par contre il n'exclut aucunement la seconde supposition de cet auteur, notamment que cette phytine est le premier composé organique de l'acide phosphorique qui entre à peine consécutivement en combinaison avec les substances albuminoïdes. Effectivement la courbe de l'acide phosphorique organique s'élève au commencement jusqu'à ce que les plantes épient, bien plus vivement que la courbe des composés nucléo-protéiques et son ascension continue avec une interruption, probablement accidentelle, pendant la huitième semaine, d'une manière presque égale, jusqu'à la fin de la végétation. La courbe des composés nucléo-protéiques jusqu'à la fin de la huitième semaine, c'est-à-dire jusqu'à la floraison, a un parcours très bas, par contre dans la neuvième et la dixième semaine elle s'élève rapidement et coupe la courbe de la phytine, ensuite dans les dernières deux semaines, c'est-à-dire à l'époque où les graines mûrissent, elle tombe de nouveau et coupe une seconde fois la courbe de la phytine. Tout cela s'accorde avec l'hypothèse de Posternak, que pendant la transformation des phosphates tirés du sol il se forme en premier lieu de la phytine, et c'est elle seulement qui d'abord en petite quantité, puis après la défloraison très rapidement et énergiquement entre en combinaison avec les substances albuminoïdes, en formant probablement des combinaisons diverses et d'une durée diverse aussi, dont elle se sépare de nouveau partiellement pendant les deux dernières semaines, au moment de la maturité des graines. Il est fort possible que cette séparation de la phytine de ses combinaisons avec les substances albuminoïdes est en relation avec la formation des globoïdes dans les graines, qui sont composés comme l'on sait de sels de chaux et de magnésie de l'acide phosphorique organique. Le parcours de la courbe de l'acide phosphorique minéral démontre, que son point culminant tombe sur le moment où les plantes épient, ensuite elle redescend d'une manière constante à cause de la transformation énergétique de l'acide phosphorique en ses composés organiques.

Si nous prenons en considération la répartition des quantités de l'acide phosphorique, séparément dans les tiges et dans les épis, alors nous pouvons constater, que l'acide phosphorique des composés nucléo-protéiques, depuis le moment de la formation des graines,

s'accumule surtout dans les épis; peu après, la même chose a lieu avec l'acide phosphorique organique, dont la qualité prévalait d'abord dans les tiges. L'acide phosphorique minéral s'accumule en premier lieu surtout dans les tiges et depuis la dixième semaine de la végétation il se répartit d'une manière égale entre les tiges et les épis. L'acide phosphorique de la lécithine ne montre aucune régularité dans ses transformations, on peut observer uniquement que sa quantité s'accroît en général au moment que les plantes épie et prévaut dans les tiges.

Pour la critique des résultats de mon travail ci-dessus présentés, en tant qu'ils se rapportent à la relation entre l'acide phosphorique organique (phytine) et l'acide phosphorique des composés albuminoïdes, il est important de constater dans quelle mesure les méthodes analytiques, que j'ai employées, peuvent servir pour établir une distinction exacte entre ces deux groupes de composés phosphoro-organiques. On pourrait nourrir à ce sujet des doutes sérieux déjà à cause de ce fait, que les quantités de l'acide phosphorique organique trouvées dans les graines étaient sans comparaison plus faibles, que celles données par Posternak pour sa phytine.

Posternak trouva que l'acide phosphorique de la phytine dans des diverses graines contient 70 à 90% d'acide phosphorique total de ces graines, chez les pois, par exemple, 70.8%, tandis que dans les analyses mentionnées plus haut j'ai trouvé pour l'acide phosphorique organique soluble dans l'acide acétique seulement 23% d'acide phosphorique total. Si la quantité réelle de phytine dans les graines que j'ai étudiées était la même que dans les graines étudiées par Posternak, on pourrait alors expliquer les nombres relativement faibles d'acide phosphoro-organique, que j'ai trouvés, par le fait que 1% d'acide acétique ne pouvait pas dissoudre toute la quantité de phytine, qui se trouvait dans les graines. Mais la cause d'un pareil résultat pourrait être envisagée de deux manières, à savoir, ou que pour l'extraction complète de la phytine des graines l'action de l'acide acétique à 1% employé une seule fois, comme je l'ai fait, ne suffit pas, mais que cette extraction doit être répétée à plusieurs reprises, ou qu'une seule partie de la phytine se trouvant dans les graines est soluble dans 1% d'acide acétique et la seconde partie, en tant qu'elle est plus fortement combinée avec d'autres composés organiques, notamment avec les substances albuminoïdes, est en général insoluble et on ne peut l'extraire qu'a

l'aide des facteurs plus énergiques, qui dissoudraient ces composés, donc, par exemple, avec de l'acide chlorhydrique dilué, qu'employa en effet Posternak pour l'extraction des graines. Pour résoudre laquelle de ces éventualités a lieu, j'ai traité d'une part 5 gr. de farine de pois avec 100 c. c. d'acide chlorhydrique à 0.5%, de l'autre avec 100 c. c. d'acide acétique à 1%. On filtrait et dans le filtrat on déterminait l'acide phosphorique. On en trouva:

dans 50 c. c. de liquide, extrait par 0.5% d'acide chlorh., 0.0329 gr.
 dans 50 c. c. de liquide, extrait par 1% d'acide acétique, 0.0146 gr.

Réduction faite de l'acide phosphorique minéral, déterminé par la méthode Schulze-Castoro, il revient pour l'acide phosphorique organique:

dans 50 c. c. de liquide, extrait par 0.5% de HCl, 0.0282 gr.
 dans 50 c. c. de liquide, extrait par 1% d'acide acét., 0.0099 gr.

Donc l'acide chlorhydrique dissolvait effectivement beaucoup plus d'acide phosphoro-organique que l'acide acétique. Pour se convaincre a présent si par l'action répétée d'acide acétique ou ne pourrait extraire des graines une même quantité d'acide phosphorique que dissolvait l'acide chlorhydrique, j'ai versé sur le résidu, qui renfermait encore 30 c. c. du liquide de la première extraction, de nouveau 100 cent. cub. d'une solution à 1% d'acide acétique et j'ai répété cette extraction encore quatre fois. Après l'évaporation des liquides filtrés réunis, leur incinération et la détermination de l'acide phosphorique, on trouva: 0.0062 au lieu de 0.0059 gr. qui correspond à 30 c. c. de liquide restés de la première extraction. Donc les extractions réitérées à plusieurs reprises avec l'acide acétique à 1% du résidu n'ont fait que diluer l'acide phosphorique organique déjà dissous pendant la première extraction, mais ne dissolvait plus de nouvelles quantités d'acide phosphorique organique.

L'essai de la méthode d'extraction que j'ai employée ici prouve donc, que l'acide acétique à 1% dissout après une seule extraction des végétaux toute la quantité de l'acide phosphorique organique qui peut être rendue soluble par ce facteur. Puisque l'acide chlorhydrique dissout des quantités beaucoup plus considérables de cet acide, il faut donc conclure, que l'acide phosphoro-organique, c'est-à-dire la phytine de Posternak, se trouve dans les plantes au moins sous deux formes différentes: une portion de cet acide se

présente peut-être sans aucune combinaison subséquente, tout simplement comme des sels de cet acide, et cette portion se dissout dans l'acide acétique à 1%; une autre portion doit être plus étroitement combinée avec d'autres substances organiques, ainsi que Posternak le suppose avec les substances albuminoïdes, et cette portion est insoluble dans l'acide acétique à 1%, par contre elle est, au moins partiellement, soluble dans l'acide chlorhydrique dilué, probablement parce que cet acide décompose les combinaisons de l'acide phosphorique organique et des substances albuminoïdes.

Si nous allons juger à ce point de vue les résultats de nos analyses de l'orge, alors la marche de la transformation de l'acide phosphorique se présentera de la manière qui fut décrite plus haut. En premier lieu, la transformation des phosphates minéraux consiste dans la formation de la phytine; celle-ci, surtout depuis la défloraison des plantes, se combine avec les substances albuminoïdes pour former des composés plus ou moins stables, qui de pair avec la phytine se forment constamment à nouveau, et émigre vers les graines en voie de formation.

Pendant la dernière période de la maturation, une partie de ces composés phytino-albuminoïdes se décompose de nouveau en vertu de quoi la quantité de la phytine soluble dans l'acide acétique s'accroît d'une manière constante jusqu'à la pleine maturité des graines, par conséquent, même lorsque la formation de la phytine aux dépens de l'acide phosphorique minéral a cessé complètement. Il est probable que justement parce que cette séparation de la phytine des substances albuminoïdes, avec lesquelles elle est combinée, ne survient pas toujours dans la même mesure, la quantité de l'acide phosphorique organique, que l'acide acétique à 1% extrait des graines, semble être très variable, même dans les graines d'une même espèce.

Les résultats du présent travail peuvent être résumés de la manière suivante:

1. Pendant le développement des plantes germant dans un liquide nutritif sans phosphore, j'ai constaté, conformément aux résultats des expériences précédentes, un accroissement de la quantité d'acide phosphorique minéral aux dépens des composés phosphoro-organiques accumulés dans les graines, à savoir des composés nucléo-protéiques



G. Balicka-Iwanowska.

DRUKARNIA UNIWERSYTETU JAGIELLOŃSKIEGO W KRAKOWIE.



de l'acide phosphorique organique (phytine) et, dans une certaine mesure aussi, de la lécithine.

2. L'acide phosphorique minéral, une fois séparé des composés phosphoriques organiques, ne sert point à leur régénération, s'il n'y a plus d'afflux des phosphates nouveaux de l'extérieur, même quand la plante se développe à la lumière et assimile fortement.

3. Du point 1 et 2 il résulte que l'acide phosphorique sert à la plante, non seulement pour la formation des composés phosphoro-organiques, mais joue encore un autre rôle important dans la vie des plantes.

4. Dans le cas où l'on fournit à la plante privée de phosphore un liquide nutritif qui en est pourvu, survient une absorption avide des phosphates et, à côté d'elle, une transformation prompte de ces phosphates en composés phosphoro-organiques.

5. Si l'afflux des nouveaux phosphates à la plante est interrompu, alors, après un certain temps, une partie des composés phosphoriques organiques formés auparavant aux dépens du liquide nutritif, subit une décomposition pareille à celle des composés phosphoriques organiques dans les graines à l'état de germination et l'acide phosphorique de ces composés se sépare de nouveau comme acide minéral.

6. Pendant le développement de l'orge dans les conditions tout à fait normales, l'absorption de l'acide phosphorique s'opère parallèlement au développement des plantes, presque jusqu'à la maturité complète des graines. Jusqu'à la floraison, la transformation des phosphates en composés phosphoro-organiques est relativement faible et circonscrite surtout à la formation de l'acide phosphorique organique (phytine). La transformation la plus énergique des phosphates minéraux en composés phosphoro-organiques s'effectue immédiatement après la défloraison, pendant la formation des graines. C'est à cette époque que survient aussi la formation la plus abondante des composés nucléo-protéiques et leur migration vers les graines en voie de formation. Pendant la maturité définitive des graines, une partie de la phytine se sépare des composés protéiques, avec lesquelles elle était auparavant combinée.

7. La transformation des phosphates minéraux en composés phosphoriques organiques, sans exception de la phytine, ne dépend pas de l'assimilation d'une façon immédiate.

8. Il est assez probable, que la phytine, conformément à l'opi-

nion de Posternak, est le premier produit de la transformation de l'acide phosphorique minéral en ses composés organiques et surtout en composés nucléo-protéiques.

J'ai exécuté ce travail dans le laboratoire de l'Institut de Chimie Agricole de l'Université de Cracovie, en profitant des conseils précieux de M. le professeur E. Godlewski, pour lesquels je me fais l'aimable devoir de lui présenter ici mes remerciements.

-
41. M. R. NITSCH. Doświadczenia z jadem laboratoryjnym wścieklizny. Część V. (*Expériences sur la rage de laboratoire (virus fixe), V-ème partie*). Mémoire présenté par M. M. Siedlecki m. c.

XIX.

Expériences sur le virus fixe inoculé sous la dure-mère en quantités variables.

Dans le chapitre XVII (dans la III-e partie de ce travail) j'ai réussi à prouver que la quantité de virus de rues a une influence sur la période d'incubation de la maladie et sur la mort des animaux qui ont servi pour l'expérience. Ceci étant, je me suis décidé à étudier, si un phénomène pareil ne se passerait pas aussi avec le virus fixe. On était obligé de supposer *à priori* que, s'il était possible de démontrer ce phénomène, ce ne fût qu'avec des différences très considérables entre les quantités de virus inoculé. D'un côté, parce que des milliers d'animaux ont été inoculés déjà sous la dure-mère, dans les buts divers, avec le virus fixe sans qu'on fît attention à la quantité de virus inoculé, — et on n'a pas remarqué des différences entre les périodes d'incubation. On est donc autorisé à coup sûr de dire que l'on avait inoculé des quantités très différentes de ce virus, et que malgré cela on n'a pas observé que la période d'incubation fût soit abrégée soit prolongée. De l'autre côté, parce que pour le virus de rues aussi on n'a pu démontrer la différence dans la durée de la période d'incubation de la maladie qu'avec des différences très considérables entre les quantités respectives de virus inoculé: des différences de 10, même parfois de 100 fois, entre les quantités de ce virus n'exer-

gaient pas une influence évidente sur la durée de la période d'incubation de la maladie.

Ainsi donc pour les expériences présentes j'ai résolu de recourir aux différences de 1000 fois au moins. Les résultats de ces expériences sont consignés dans la Table XLIV établie d'après les modèles précédents. J'employais constamment une émulsion de la substance grise des lapins qui venaient de succomber ou qui avaient été sacrifiés dans les dernières heures, probablement, de leur vie après l'inoculation du virus fixe. Je ne filtrais jamais l'émulsion et je faisais toujours les inoculations intracérébrales. Assez souvent apparaissaient les symptômes plus ou moins graves de la compression cérébrale après l'injection de 0.5 à 1-cc d'une émulsion épaisse. Chaque fois on l'a noté dans les remarques. Dans les trois premières expériences j'ai introduit dans le cerveau des quantités variables d'émulsion dans des volumes variables de liquide (solution physiologique de sel marin). Dans les cinq dernières expériences j'ai tâché, en revanche, d'injecter ces quantités variables de virus (différ. de 1000 à 10000 fois) toujours dans le même volume de liquide pour que les conditions des expériences fussent tout à fait égales. Malheureusement, j'étais obligé souvent de sacrifier mes lapins, sans attendre leur mort, car j'avais besoin de leurs moelles pour l'inoculation aux hommes. Cependant, comme ils étaient sacrifiés presque toujours *in extremis* et toujours à la phase de paralysie complète, à une période donc où ils n'auraient pas vécu plus de 24 heures, les résultats des expériences consignées dans la Table XLIV ne perdent pas leur valeur, je crois. Chaque fois deux lapins étaient inoculés, dont le lapin désigné avec la lettre *a* recevait constamment 100 mg. de substance, c'est-à-dire une dose 1000 ou 10000 fois plus forte.

Voir Table XLIV, p. 644—645.

On a donc exécuté 8 expériences, en inoculant chaque fois 2 lapins.

Dans les 4 premières expériences on injectait chaque fois à un lapin 100 mg. de substance grise et à l'autre seulement 0.1 mg., une dose donc 1000 fois plus faible. Chez tous les lapins la maladie a débuté en même temps à peu près et ils ont succombé tous après un laps de temps plus ou moins égal, ou bien ils ont été sacrifiés dans un état plus ou moins semblable. On n'a pas remar-

TABLE XLIV.

Expériences sur le virus fixe inoculé dans le cerveau

Numéro d'ordre	Date de l'inoculation (1905)	Poids des lapins inoculés (en grammes)	Espèce et préparation de l'émulsion de la substance grise du cerveau (virus fixe), non filtrée, inoculée dans le cerveau	Quantité de subst. inocui. (en mg)	Date du début de la maladie	Combien de jours après l'inoculation
1	9/X	2220	diluée 1000 fois, 0.1 cc.	0.10	14/X	5
1 a	"	"	diluée 10 fois, 1 cc.	100.0	"	5
2	22/X	2140	dtto du lapin tué il y a 4 heures, diluée 10000 fois, 1 cc.	0.10	26/X	4
2 a	"	2130	dtto diluée 5 fois, 0.5 cc.	100.0	25/X	3
3	24/X	2180	dtto du lapin mort dans la nuit, diluée 1000 fois, 0.1 cc.	0.10	29/X	5
3 a	"	2080	dtto diluée 5 fois, 0.5 cc.	100.0	"	5
4	26/X	1990	dtto du lapin tué il y a quelques heures, diluée 5000 fois, 0.5 cc.	0.10	30/X	4
4 a	"	"	dtto diluée 5 fois, 0.5 cc.	100.0	"	4
5	17/XI	2130	dtto du lapin tué il y a 4 h., diluée 50000 fois, 0.5 cc.	0.01	22/XI	5
5 a	"	2070	dtto diluée 5 fois, 0.5 cc.	100.0	"	5
6	18/XI	2300	dtto du lapin tué il y a quelques heures, diluée 50000 fois, 0.5 cc.	0.01	23/XI	5
6 a	"	2440	dtto diluée 5 fois, 0.5 cc.	100.0	"	5
7	20/XI	2140	dtto diluée 50000 fois, 0.5 cc.	0.01		
7 a	"	2220	dtto diluée 5 fois, 0.5 cc.	100.0	24/XI	4
8	21/XI	2100	dtto (comme les Nr. 6 et 7).	0.01	26/XI	5
8 a	"	2230	dtto (comme les Nr. 6 a et 7 a).	100.0	26/XI	5

TABLE XLIV.

en doses variables (doses différant de 1000 à 10000 fois).

Poids des animaux au cours de l'expérience (en grammes)		Date de la mort	Combien de jours après l'inoculation	Remarques
12. 2270 13. 2170 14. 2160	15. 2070 16. 1850	nuit du 16 au 17	7 ¹ / ₂	
12. 2380 13. 2230 14. 2160	15. 1930 16. 1900	"	7 ¹ / ₂	Après l'inoculation, des symptômes graves de la compression cérébrale pendant une heure environ.
25. 2200 26. 2270	27. 2220 28. 1980	29/X sacrifié		Dtto chez le Nr. 2, mais avec une intensité moindre.
25. 1850 26. 1830	27. 1780 28. 1660	29/X sacrifié		Autopsie des Nr. 2 et 2a avec résultat négatif.
28. 2160 29. 2030	30. 1820 31. 1710	31/X sacrifié		
28. 2020 29. 2030	30. 1700 31. 1720	31/X sacrifié		Autopsie des Nr. 3 et 3a avec résultat négatif.
29. 2210 30. 2260(!)	31. 2060 1/XI. 1900	nuit du 31/X au 1/XI	5 ¹ / ₂	Autopsie des Nr. 4 et 4a avec résultat négatif. Chez les deux, un peu d'émulsion s'est écoulé par le trou de trépanation.
29. 1970 30. 1870	31. 1720 1/XI. 1650	nuit du 1 au 2/XI	6 ¹ / ₂	
20. 2190 21. 2060	22. 1960 23. 1920	24/X sacrifié		Autopsie des Nr. 5 et 5a avec résultat négatif. Après l'inoculation du Nr. 5a des symptômes graves de la compression cérébrale.
20. 1890 21. 1810	22. 1680 23. 1570	24/X sacrifié		
21. 2410 22. 2370	23. 2260 24. 2180	25/XI sacrifié		Autopsie avec résultat négatif.
21. 2130 22. 2050	23. 1900 24. 1830	nuit du 24 au 25	7 ¹ / ₂	Après l'inocul., des sympt. de la compres. cérébr. Autopsie a démontré des lésions inflammatoires dans les deux poumons.
22. 2160 23. 2260 24. 2270	25. 2300 26. 2320 27. 2320			N'a point succombé.
22. 2150 23. 2200 24. 2050	25. 1930 26. 1830	nuit du 26 au 27/XI	6 ¹ / ₂	Pas des sympt. de la compression cérébr. Autopsie avec résultat négatif.
24. 2200 25. 1970	26. 1910 27. 1820	28/XI	7	Frisson après l'inocul. Autop. a démontré des lésions inflammat. dans les poumons, un liquide sanieux dans les plèvres et dans le médiastin antérieur.
24. 2370 25. 2400	26. 2340 27. 2160	28/XI sacrifié		Autopsie avec résultat négatif.

qué des différences plus apparentes qui auraient permis d'affirmer qu'une dose de virus fixe 1000 fois plus faible agit plus faiblement d'une façon bien nette. On n'observait que des différences peu distinctes et inconstantes dans l'action du virus, notamment: Les premiers symptômes manifestes de la maladie apparaissaient presque toujours en même temps (les lapins étaient examinés tous les jours matin et soir) soit le 4^e soit le 5^e jour après l'inoculation. La perte de poids était notée d'habitude déjà un jour plus tôt! Ce n'est que chez le lapin Nr. 2 *a* que les premiers symptômes absolument semblables aux symptômes de la rage apparurent déjà 3 jours après l'inoculation (peut-être même déjà au bout de 2 jours), tandis que le lapin Nr. 2 était alors tout à fait sain encore et même ne perdait pas du poids. Ainsi donc, dans ce cas, l'influence d'une dose 1000 fois plus forte apparut d'une façon bien évidente. Il est à remarquer encore que le lapin Nr. 2 *a* a supporté très bien l'inoculation, tandis que le lapin Nr. 2 a présenté les symptômes de l'irritation du cerveau manifeste, bien que passagère (il a reçu en effet une dose 1000 plus faible, mais dans un volume de liquide 2 fois plus grand). L'évolution ultérieure de la maladie chez le lapin Nr. 2 *a* mérite l'attention, car les premiers symptômes de la maladie qui avaient apparu si tôt chez lui, se maintenaient au même degré assez longtemps, et pendant ce temps le lapin Nr. 2 est devenu malade à son tour et a atteint le même degré des symptômes que le Nr. 2 *a*. Enfin, on a remarqué même que le lapin Nr. 2 *a* était plus fort encore que le lapin Nr. 2, et que, par ex., celui-là s'efforçait encore de se relever, tandis que le Nr. 2 restait étendu déjà complètement paralysé. A la fin, au bout de 7 jours, on était obligé de les sacrifier tous les deux. — Le lapin Nr. 4, inoculé avec une dose 1000 fois plus faible, succomba 24 heures plus tôt que le lapin Nr. 4 *a*. On n'a rien trouvé à l'autopsie chez l'un ni l'autre. Une seule différence plus constante qui pourrait témoigner de l'action plus prononcée d'une dose 1000 fois plus forte, consiste dans la perte plus précoce de poids chez les lapins auxquels on injecte la dose plus forte. Ainsi par ex., chez les lapins Nr. 2 *a*, 3 *a*, 4 *a* nous voyons que la perte de poids débute d'une façon constante un jour au moins plus tôt que chez les lapins Nr. 2, 3, 4. Ce n'est que le lapin Nr. 1 *a* qui se comporte autrement.

Ainsi donc, comme une dose 1000 fois plus forte de virus fixe

ne déterminait pas des symptômes manifestes d'une action plus forte, on a essayé dans les 4 expériences suivantes de comparer l'influence des doses différant de 10000 fois. Comme il était difficile d'inoculer aux lapins dans le cerveau plus de 100 mg., car même cette dose déjà déterminait souvent des symptômes graves de la compression cérébrale (un lapin même succomba quelques heures après l'inoculation de cette dose), on était obligé d'abaisser la dose minima de 0.1 mg. à 0.01 mg. Ces 4 expériences cependant n'ont pas démontré non plus des différences nettes et constantes dans l'action des doses 10000 fois plus fortes. Les premiers symptômes de la maladie y apparaissaient aussi en même temps. Le lapin Nr. 6 a, à vrai dire, a succombé plus tôt que le lapin Nr. 6 qui a été sacrifié après la mort du lapin Nr. 6 a: mais à l'autopsie on a découvert la cause de cette mort précoce du lapin Nr. 6 a. Par contre, le lapin Nr. 8 a succombé plus tôt que le lapin Nr. 8 a qui a été sacrifié après la mort de celui-là: mais l'autopsie de nouveau a démontré la cause de la mort précoce du lapin Nr. 8. Ce n'est que la perte de poids qui apparaît, d'une façon plus ou moins constante, plus tôt chez les lapins qui ont reçu une dose 10000 fois plus forte. — Le lapin Nr. 7, inoculé avec 0.01 mg. de substance grise de la partie antéro-supérieure des lobes frontaux, n'a point succombé. (Il est à remarquer que les lapins Nr. 5, 6, 7 et 8 étaient inoculés constamment avec la partie antéro-supérieure des lobes frontaux, comme la partie la plus virulente paraît-il du cerveau). Dans le chapitre XV cependant (III-e partie) de ce travail il a été démontré que même 0.001 mg. de substance grise de ces parties du cerveau est une dose à coup sûr mortelle. Pourtant, j'en y ai attiré l'attention sur ce que si l'on veut obtenir ce résultat, les matériaux à inoculer doivent provenir des lapins tués dans les dernières heures de leur vie et être inoculés immédiatement, c'est-à-dire 1 heure après la mort du lapin, autrement les résultats cessent d'être sûrs. C'est à cela que l'on doit attribuer la survie du lapin Nr. 7. On a exécuté notamment toutes les expériences consignées dans la Table XLIV avec les cerveaux apportés d'une autre rue, après qu'on les avait enlevés: de cette façon entre le moment de la mort du lapin et celui de l'inoculation de son cerveau quelques heures du moins se sont écoulées. Et le cerveau encore était exposé à l'action de la lumière et de l'air, ce que l'on doit éviter autant que possible.

Nous dirons donc définitivement: la différence de 1000 et même de 10000 fois entre les quantités de virus fixe n'exerce une influence bien nette ni sur la période d'incubation de la maladie, ni sur l'issue mortelle. C'est-à-dire que le virus fixe se comporte ainsi que son nom indique: il se distingue par son action constante sans égard à la dose, plus ou moins forte. Si la dose inoculée est suffisante pour entraîner la mort, les millièmes de milligramme agissent alors plus ou moins de la même manière (comme il ressort des Tables XXXI et XXXII dans la III-partie) que les doses énormes de 100 mg. (dont on s'est servi dans la Table XLIV). C'est dans cette action qu'apparaît la différence évidente entre le virus fixe et le virus de rues. Encore une fois je déclare nettement qu'il existe quelques différences entre l'action des doses très faibles et celle des doses très fortes de virus fixe. Nous venons d'en parler d'une façon détaillée. Elles sont cependant si insignifiantes, si inconstantes et si rapprochées qu'il est impossible de leur attribuer une importance un peu plus grande et de les considérer comme des différences réelles.

XX.

Comparaison de la virulence de la substance blanche et de la substance grise du cerveau des lapins morts de la rage de rues¹).

Dans le chapitre XI (II-e partie) de ce travail j'ai réussi à prouver que le vrai siège du virus fixe est la substance grise du système nerveux central. Il est évident qu'une question s'est posée alors: la rage de rues se comporte-t-elle de la même façon? La réponse à cette question a demandé un temps assez long, car presque jamais nous n'obtenons des matériaux frais de la rage de rues. Ceci étant, on était obligé d'abord d'inoculer à des lapins dans les muscles ou sous la peau la rage de rues et de les sacrifier lorsque les symptômes manifestes de la rage avaient apparu chez eux. Car il s'agissait de prendre des matériaux à inoculer autant que possible immédiatement après la mort de l'animal pour éviter le passage *post mortem* du virus dans la substance blanche. Les résultats de

¹) Voir le renvoi au chapitre XVII (III-e partie) de ce travail.

deux expériences seulement sont consignés dans la Table XLV dressée d'après les modèles précédents.

Voir Table XLV, p. 650 - 653.

On n'a exécuté que 2 expériences et malgré cela on a obtenu un résultat non équivoque. Dans les deux expériences on a inoculé 8 lapins chaque fois: les 4 premiers avec la substance grise, les 4 derniers avec la substance blanche. Les lapins auxquels on inoculait la substance blanche étaient désignés avec la lettre *a*, s'ils avaient reçu la même dose de cette substance que ceux inoculés avec la substance grise. Dans la première expérience (du 24 novembre 1905) l'émulsion n'a pas été filtrée tandis que dans la deuxième (du 16 février 1906) elle a été filtrée sur papier filtre. La filtration exerce une influence indubitable sur la marche des expériences. Dans la Table XLV cependant cette influence ne devient manifeste que dans un seul cas. Le lapin Nr. 3 *a*, notamment, auquel on avait inoculé 0.05 mg. de substance blanche non filtrée, a succombé à la rage, tandis que le lapin Nr. 9 *a*, auquel on avait inoculé la même dose de substance blanche mais filtrée, a survécu. Et cependant le lapin Nr. 2, auquel on avait inoculé 0.03 mg. de substance grise non filtrée, n'a péri de la rage qu'au bout de 140 jours, tandis que les lapins Nr. 7 et 8 qui avaient reçu respectivement 0.02 et 0.04 mg. de substance grise filtrée ont péri déjà au bout de 30 et quelques jours. Cependant les lapins Nr. 7 et 8 étaient malades, comme l'autopsie l'a montré, et c'est cette maladie sans doute qui a déterminé l'apparition précoce de la rage. Ce n'est qu'après l'inoculation des doses très faibles que je n'ai pas observé l'influence de la filtration sur le résultat des expériences, comme je l'avais signalé déjà dans le chapitre XV de ce travail.

La substance employée dans la première expérience provenait du cerveau d'un lapin auquel on avait inoculé, le 4 novembre, dans les muscles d'une patte de derrière une émulsion du cerveau d'un chien mort de la rage de rues. Ce lapin a commencé à présenter le 22 novembre les premiers symptômes de la rage et le 24 novembre il a été tué, lorsqu'il était atteint de la paralysie complète du train de derrière et d'une parésie bien prononcée du train de devant; immédiatement après sa mort on a enlevé son cerveau et on l'a inoculé aux 8 premiers lapins, comme il est mentionné dans

TABLE XLV.

Comparaison de la virulence de la substance blanche et de

Numéro d'ordre	Date de l'inoculation	Poids des lapins inoculés (en grammes)	Espèce et préparation de l'émulsion inoculée dans le cerveau	Quantité de substance inoculée (en milligr.)	Date du début de la maladie	Combien de jours après l'inoculation
1	24/XI 1905	1880	Substance grise des parties antéro-supérieures des hémisphères, diluée 10000 fois, non filtrée, 0.1 cc.	0.01		
2	"	2200	dtto 0.3 cc.	0.03	7/IV 1906	134
3	"	2210	dtto non filtrée, diluée 2000 fois, 0.1 cc.	0.05	11/XII 1905	17
4	"	2250	dtto 0.2 cc.	0.10	16/XII	22
3 a	"	2010	Subst. blanche, diluée 2000 fois, non filtrée, 0.1 cc.	0.05	10/XII	16
4 a	"	2200	dtto 0.2 cc.	0.10	18/XII	24
5	"	2240	dtto non filtrée, diluée 200 fois, 0.1 cc.	0.50	8/XII	14
6	"	2310	dtto 0.2 cc.	1.00	5/XII	11

TABLE XLV.

la substance grise du cerveau infecté avec la rage de rues.

Poids des lapins au cours de l'expérience (en grammes)	Date de la mort	Combien de jours après l'inoculation	Remarques
3/XII. 1970 29/I. 2130 7. 2000 24/II. 2200 13. 2100 3/III. 2250 20. 2010 7/IV. 2350			Le 4 juillet 1906 ce lapin est toujours sain.
3/XII. 2150 3/III. 2920 16. 2410 7/IV. 2680 29/I. 2580 12. 2320 24/II. 2790	13/IV	140	Au commencement de décembre il présentait une suppuration sur le crâne, comme suite de l'inoculation. Il succomba 4 mois après au milieu des symptômes typiques de la rage. Autopsie avec résultat négatif. Glycosurie très nette.
3/XII. 2260 10. 2200 5. 2280 11. 1950 6. 2180 12. 1810 8. 2120 13. 1780	nuit du 13 au 14/XII	19 ¹ / ₂	
3/XII. 2250 16. 2040 8. 2400 17. 2000 10. 2270 18. 1970 15. 2110 19. 1950	19/XII	25	Autopsie avec résultat négatif. On n'a trouvé que nombreux cysticerques dans le péritoine.
3/XII. 2140 11. 1860 6. 2070 12. 1810 8. 1990 13. 1760 10. 1960 14. 1750	nuit du 13 au 14/XII	19 ¹ / ₂	Autopsie avec résultat négatif.
3/XII. 2330 18. 2100 12. 2470 20. 1980 14. 2450 21. 1840 16. 2280 22. 1800	22/XII	28	dtto
3/XII. 2230 8. 2040 6. 2170 9. 1900 7. 2080 10. 1870	nuit du 9 au 10/XII	15 ¹ / ₂	dtto
2/XII. 1960 5. 1760 3. 1890 6. 1640 4. 1830	nuit du 6 au 7/XII	12 ¹ / ₂	Il était atteint d'un écoulement purulent des narines. Autopsie a démontré des lésions très étendues dans les poumons.

Numéro d'ordre	Date de l'inoculation	Poids des lapins inoculés (en grammes)	Espèce et préparation de l'émulsion inoculée dans le cerveau	Quantité de substance inoculée (en milligr.)	Date du début de la maladie	Combien de jours après l'inoculation
7	16/II 1906	2330	Substance grise de la surface des hémisphères cérébraux, diluée 5000 fois, filtrée, 0.1 cc.	0.02	18/III	30
8	"	2510	dtto diluée 2500 fois, 0.1 cc.	0.04	12/III	24
9	"	2770	dtto diluée 2000 fois, 0.1 cc.	0.05	5/III	17
10	"	3000	dtto diluée 1000 fois, 0.1 cc.	0.10	4/III	16
7 a	"	2310	Substance blanche des hémisphères cérébraux, diluée 5000 fois, filtrée, 0.1 cc.	0.02		
8 a	"	2470	dtto diluée 2500 fois, 0.1 cc.	0.04		
9 a	"	2620	dtto diluée 2000 fois, 0.1 cc.	0.05		
10 a	"	2890	dtto diluée 1000 fois, 0.1 cc.	0.10	5/III	17

Poids des lapins au cours de l'expérience (en grammes)	Date de la mort	Combien de jours après l'inoculation	Remarques
24/II. 2350 16. 2280 3/III. 2370 18. 2080 8. 2350 19. 2030 15. 2300	nu it du 19 au 20/III	31 $\frac{1}{2}$	Autopsie: Dans les deux poumons lésions inflammatoires s'étendant à quelques lobes entiers et à des parties d'autres lobes (aspect marbré). Très peu d'urine; celle-ci étendue de 3 volumes d'eau ne renferme pas de sucre. Méninges très congestionnées. On a fait avec le cerveau des inoculations intracrâniennes à 2 cobayes: l'un a succombé à la rage après 13 jours, et l'autre après 17 jours.
24/II. 2520 15. 2170 3/III. 2570 19. 2000 5. 2490 20. 2170 8. 2400 23. 1920 11. 2280 24. 1750 12. 2270	nu it du 24 au 25/III	36 $\frac{1}{2}$	Autopsie: Dans les poumons de petits tubercules. Dans les deux reins environ 20 nodules, de la grosseur d'un pois, remplis d'une masse caséuse. Le sang du coeur, le cerveau et les foyers des reins — stériles. En revanche, dans les préparations microscopiques des foyers des reins on trouve très nombreux bacilles tuberculeux. La marche complète de la maladie assez longue du lapin Nr. 8 rappelait vivement les symptômes de la rage chez les lapins, décrits dans les tables XLI et XLII.
24/II. 2900 6. 2450 3/III. 2800 7. 2420 5. 2600	nu it du 6 au 7/III	18 $\frac{1}{2}$	Autopsie avec résultat absolument négatif. Glycosurie très nette.
24/II. 3140 6. 2750 3/III. 3090 7. 2720 5. 2850 8. 2740	nu it du 7 au 8/III	19 $\frac{1}{2}$	Autopsie: Lésions inflammatoires dans quelques lobes pulmonaires. Glycosurie très nette.
24/II. 2210 20. 2180 3/III. 2220 13/IV. 2070 7. 2120 26/IV. 1730	nu it du 19 au 20/IV	62 $\frac{1}{2}$	Ce lapin, pendant sa vie, n'a présenté point des symptômes de la rage. Autopsie a démontré des lésions étendues dans les poumons: nombreuses granulations grisâtres des dimensions variables parenchyme compact, non aéré; à la coupe des bronches s'écoule partout un liquide purulent. Les cavités nasales, de même, remplies totalement avec du pus. Oedème aigu de la rate. Pas d'urine.
24/II. 2510 20. 2440 5/III. 2970 6/IV. 2150 8. 2460	nu it du 7 au 8/IV	50 $\frac{1}{2}$	Autopsie: Lésions inflammatoires très étendues dans les poumons. Exsudat fibrineux à la surface interne du péricarde. Pas d'urine. N'a pas présenté des symptômes de la rage.
24/II. 2740 15. 3010 3/III. 2920 20. 2690 6. 2850 24. 2830			Dans la nuit du 19 au 20 mars a mis bas. Le 4 juillet elle est encore saine.
24/II. 2760 3. 2570(!) 26. 2600 5. 2430 28. 2450 6. 2320 1/III. 2400 7. 2230	nu it du 6 au 7/III	18 $\frac{1}{2}$	Autopsie avec résultat négatif. Glycosurie très nette. Symptômes typiques de la rage pendant la vie.

la Table XLV. Il faut y remarquer qu'en décembre 1905 je ne pouvais observer les lapins inoculés, à cause de ma maladie. Ainsi donc toutes les données, concernant le début de la maladie, le poids et la mort des lapins qui ont succombé alors, j'ai rapporté d'après les notes d'un garçon de laboratoire, homme digne de foi. M. le docteur Ph. Eisenberg a bien voulu se charger de l'autopsie de 5 lapins.

La substance employée pour la deuxième expérience provenait du cerveau d'un lapin auquel on avait inoculé le 28 décembre 1905 dans les muscles d'une patte de derrière l'émulsion du cerveau d'une petite fille de 6 ans, morte de la rage il y avait 3 jours. Chez ce lapin les premiers symptômes de la rage n'apparurent que le 14 février 1906. Le soir du 16 février on l'a tué en état de la paralysie complète. On a inoculé son cerveau immédiatement après la préparation de l'émulsion aux 8 lapins de la deuxième expérience.

Il ressort de la première expérience que la substance blanche, inoculée à la dose de 0.05 à 1 mg., a déterminé la mort de tous les lapins, — que les lapins qui avaient reçu 0.05 et 0.10 mg. de substance blanche ont péri après le même laps de temps à peu près que les lapins qui avaient reçu respectivement la même dose de substance grise. Parmi tous ces lapins il n'y avait que le lapin Nr. 6 qui était atteint d'une infection surajoutée; pourtant il avait reçu 1 mg. de substance blanche: c'est pourquoi probablement la mort est arrivée déjà au bout de 12 jours $\frac{1}{2}$. Le lapin Nr. 2 qui avait reçu 0.03 mg. de substance grise n'a succombé qu'au bout de 140 jours au milieu des symptômes manifestes de la rage. C'est la confirmation de la conclusion du chapitre XVII de notre travail que des très petites quantités de virus de rues (au-dessous de 0.05 mg.) prolongent la période d'incubation d'une façon considérable. J'ai mentionné ci-dessus que la mort relativement précoce des lapins Nr. 7 et 8, qui n'ont reçu que 0.02 et 0.04 mg. de virus de rues, ne contredit pas cette conclusion, car ces deux lapins étaient malades. On devrait encore étudier d'une façon systématique l'action de ces doses très faibles de virus de rues.

En présence de ce résultat de la première expérience il fallait supposer que dans la rage de rues il n'existe pas de telles différences entre la substance blanche et la substance grise comme dans la rage de laboratoire, ou qu'il n'y en a pas du tout, peut-être. Pour s'en convaincre on a exécuté la deuxième expérience avec

une autre souche de la rage de rues, en essayant des doses plus faibles de substance blanche. Le résultat de cette deuxième expérience a confirmé la première supposition. Nous voyons que les lapins Nr. 10 et 10 *a* qui avaient reçu chacun 0.10 mg. de substance blanche ou grise ont succombé à la rage après un temps plus ou moins égal; tandis que le lapin Nr. 9 qui avait reçu 0.05 mg. de substance grise a péri aussi de la rage, et la lapine Nr. 9 *a* qui avait reçu la même quantité de substance blanche n'a pas péri: même un mois après l'inoculation elle a fait quelques petits, les a élevés, et elle est tout à fait saine aujourd'hui. Des lapins Nr. 7 et 8 nous avons parlé deux fois déjà. J'ajouterai seulement qu'il n'y a pas de doute que le lapin Nr. 7, bien qu'il n'eût reçu que 0.02 mg. de substance grise, a succombé à la rage: car 2 cobayes auxquels on avait inoculé son cerveau ont péri d'une façon typique. Les lésions étendues dans ses poumons, constatées à l'autopsie expliquent seulement, pourquoi il a succombé si tôt: n'eût été cette infection accidentellement surajoutée, ce lapin aurait vécu, à coup sûr, encore quelques mois. Le lapin Nr. 8 *a* qui avait reçu 0.04 mg. de substance blanche a succombé aussi, à vrai dire, mais il n'a pas présenté des symptômes de la rage, et l'autopsie a élucidé la cause de sa mort d'une façon suffisante. Enfin, le lapin Nr. 7 *a* qui avait reçu 0.02 mg. de substance blanche ne présentait pas pendant sa vie des symptômes de la rage et succomba après 62 jour $\frac{1}{2}$. A l'autopsie on a constaté des lésions étendues dans son appareil respiratoire.

Ainsi donc, de ces expériences on peut conclure que 0.05 mg. de la substance blanche du cerveau, infecté par le virus de rues, filtrée sur papier filtre ne sont plus une dose mortelle pour les lapins, si on les inocule sous la dure-mère. En revanche la même quantité de substance grise tue encore les lapins; ceux-ci périssent même déjà après une dose de 0.03 mg. (émulsion non filtrée) [lapin Nr. 2] et de 0.04 mg. (émulsion non filtrée) [Table XL, 1] de substance grise. Ainsi donc, il y a une différence quant à la virulence entre la substance blanche et la substance grise dans la rage de rues aussi. Cependant cette différence est beaucoup moins nette que dans le virus fixe. On peut conclure des expériences décrites dans ce chapitre que, si l'animal est infecté avec le virus de rues, la substance grise est seulement deux fois en-

viron plus virulente que la substance blanche. Par contre, en employant le virus fixe, nous avons vu dans les expériences décrites dans les chapitres XI et XII (II-e partie) que la substance grise est plus de 10 fois, même quelques dizaines de fois, plus virulente que la substance blanche. Si nous nous rappelons encore le chapitre XV, où il a été démontré qu'une dose de 0.001 mg de substance grise est déjà mortelle pour les lapins, nous dirons que la substance grise, en ce qui concerne le virus fixe, est quelques centaines de fois même plus virulente que la substance blanche.

XXI.

Différences entre le virus fixe et le virus de rues.

Dans le chapitre XVIII de ce travail on a démontré que la différence réelle et principale entre le virus fixe et celui de rues consiste en ce que le virus fixe s'est adapté peu à peu au système nerveux central des mammifères. Je ne veux pas répéter les preuves de cette opinion. On en a parlé déjà dans le chapitre XVIII. Je ne parlerai à présent que de quelques détails qui n'ont pas été encore abordés.

Il paraît que ce renforcement de la virulence du virus fixe doit être rapporté tout spécialement au système nerveux central des mammifères, et non au système nerveux en général. Car pendant l'inoculation du virus fixe dans les divers tissus de l'organisme animal — excepté le système nerveux central — des fibres nerveuses plus ou moins importantes sont lésées sans doute, et malgré cela, comme nous l'avons vu, l'inoculation du virus fixe — en dehors du système nerveux central — est beaucoup moins dangereuse que celle du virus de rues. On a décrit cependant des expériences où l'on avait inoculé le virus fixe dans des troncs nerveux plus ou moins grands et où ces inoculations avaient entraîné la mort déjà après 8 à 10 jours: le virus fixe s'y est montré donc plus virulent que le virus de rues. Des inoculations pareilles ont été faites plus d'une fois par des savants très distingués. Nous ne serions donc pas justifiés, si nous assurions dès à présent que ce renforcement de la virulence du virus fixe ne se rapporte qu'au système nerveux central exclusivement et non au système nerveux en général. Ce problème nécessite encore beaucoup d'expériences.

Dans le chapitre XI de ce travail il a été prouvé que, si l'on

inocule le virus fixe, la substance grise du cerveau est tout au moins 50 fois plus virulente que la substance blanche. En s'appuyant cependant sur les résultats des expériences décrites dans le chapitre XV, on peut dire même que la virulence de la substance grise est environ 100 à 200 fois plus grande que celle de la substance blanche (dans les limites des hémisphères cérébraux).

En ce qui concerne le virus de rues, nous avons vu dans le chapitre XX que la virulence de la substance grise n'est que 2 fois environ plus grande que celle de la substance blanche. Il y apparaît donc une différence quantitative très nette entre le virus fixe et celui de rues.

Ensuite, nous avons vu dans le chapitre XV de notre travail qu'en prenant des précautions y décrites, déjà 0.001 mg de substance grise du cerveau infecté avec le virus fixe devient à coup sûr une dose mortelle pour les lapins et les cobayes. Et l'on voit dans le chapitre XX que 0.01 mg de substance grise du cerveau infecté avec le virus de rues n'est pas encore une dose mortelle. Il paraît même que 0.02 mg de cette substance ne puissent amener la mort des lapins sans une infection surajoutée.

Ici donc aussi se présente une différence quantitative très nette entre le virus fixe et celui de rues.

C'est justement en s'appuyant sur ces deux faits que j'ai exprimé la supposition que la différence fondamentale entre le virus fixe et celui de rues consiste dans l'exaltation de la virulence du virus fixe vis-à-vis du système nerveux central des mammifères et non vis-à-vis du système nerveux en général. En se basant sur ces deux faits, il faudrait même s'avancer plus loin et dire que cette exaltation ne se rapporte pas aux centres nerveux en général, mais seulement à la substance grise de ces centres, et consécutivement aux cellules nerveuses. Notre théorie s'exprimerait alors comme suit: la différence réelle et fondamentale entre le virus fixe et celui de rues consiste dans l'exaltation très forte de la virulence du virus fixe à l'égard des cellules nerveuses et dans l'atténuation simultanée de la virulence du même virus envers tous les autres composants de l'organisme.

Si nous nous rappelons le mode d'action du virus fixe, inoculé dans le cerveau, en ce qui le distingue du virus de rues, c'est-à-dire la grande différence entre les virulences respectives de la sub-

stance grise et de la substance blanche dans la rage de laboratoire et la rage de rues, ensuite la virulence beaucoup plus grande de la substance grise dans la rage de laboratoire que dans celle de rues, enfin l'action mortelle beaucoup plus rapide du virus fixe que de celui de rues, nécessairement nous serons obligés d'admettre que le virus fixe agit sur les cellules nerveuses d'une manière beaucoup plus énergique que le virus de rues. Mais cette action beaucoup plus énergique ne peut être que la suite de ce que les cellules nerveuses se combinent intimement beaucoup plus facilement avec le virus fixe qu'avec le virus de rues. Si l'on nous permet de nous servir de certaines conceptions et expressions chimiques, il est nécessaire d'admettre que le virus fixe a beaucoup plus d'affinité avec les cellules nerveuses que le virus de rues.

Cette affinité cependant n'existe que pendant la vie des cellules. Dans le cas de leur mort le virus rabique les quitte rapidement et se répand plus ou moins uniformément dans tout le système nerveux central.

Que beaucoup de faits plaident en faveur de notre théorie — comme elle vient d'être formulée — cela a été prouvé par les expériences décrites jusqu'à présent. Car, mettons côte à côte encore une fois dans notre pensée les actions de ces deux variétés du virus rabique. En inoculant le virus de rues dans le cerveau des mammifères, nous déterminons leur mort après un laps de temps deux fois plus long en moyenne qu'en inoculant le virus fixe. C'est-à-dire que le virus de rues agit sur le tissu cérébral d'une manière beaucoup plus faible que le virus fixe. Ensuite, nous avons vu que pour amener la mort des mammifères à la suite des inoculations intracérébrales il faut employer en général des doses de virus de rues tout au moins 10 à 20 fois plus fortes que celles de virus fixe. Ici, on peut donc déjà exprimer tout simplement en nombres cette action plus faible du virus de rues sur le cerveau des animaux. Outre cela, nous avons vu encore que les doses au-dessous de 0.05 mg de substance grise du cerveau infecté avec la rage de rues déterminent la mort, il est vrai, mais après une période d'incubation très longue. Cependant la moindre dose même de substance grise du cerveau infecté avec le virus fixe — qu'elle soit capable seulement d'amener la mort — l'amène plus ou moins dans le même temps que les doses les plus fortes, c'est-à-dire après 7 à 10 jours.

Tout cela prouve que le virus de rues, en agissant sur le cerveau des animaux, a une virulence beaucoup plus faible que le virus fixe.

Ensuite, nous avons vu que la différence de la virulence entre la substance grise et la substance blanche est, sans comparaison, beaucoup plus nette dans le cas du virus fixe que dans celui du virus de rues. C'est-à-dire que le virus fixe a une affinité beaucoup plus prononcée avec la substance grise, donc avec les cellules nerveuses, que le virus de rues. Sans doute cette affinité s'est perfectionnée au suprême degré par l'inoculation systématique du virus dans le cerveau des animaux, par cela donc que ce virus avait systématiquement l'occasion d'agir d'une façon immédiate sur les cellules nerveuses. Toutes les expériences décrites ici ont été exécutées avec la 850-e à la 950-e génération du virus fixe. De l'autre côté, on avait toujours soin de faire attention à ce que l'on n'employât pour les expériences avec le virus de rues que le virus qui n'eût pas une fois passé à travers le système nerveux central.

Cependant, inoculé dans un tissu ou organe quelconque des mammifères, excepté le système nerveux central, le virus fixe agit très faiblement ou même il n'exerce aucune action. Car dans ce cas il est inoculé plus ou moins loin des cellules nerveuses sur lesquelles il puisse agir. En contact avec d'autres tissus de l'organisme le virus fixe subit bientôt une atténuation notable, ou même il est détruit. Cela nous donne une impression, comme si le virus fixe eût acquis cette faculté d'agir sur les cellules nerveuses, faculté perfectionnée au suprême degré, aux dépens de ces propriétés que possède le virus de rues, et qui permettent à celui-ci de vaincre souvent l'action nocive des tissus et des organes de l'organisme et de pénétrer après des semaines ou des mois, jusqu'au système nerveux central.

Il me semble que ce n'est pas un exemple isolé. Dans la nature nous rencontrons souvent ce phénomène que simultanément avec la disparition de certaines propriétés (par ex. des sens) d'autres se perfectionnent, ou, *vice versa*, que simultanément avec le développement colossal de certaines propriétés d'autres disparaissent.

Ainsi donc, si, d'un côté, nous ne faisons attention qu'au système nerveux central, en considérant la manière d'agir sur celui-ci du virus fixe et de celui de rues, nous arrivons à la conclusion que le virus fixe a la faculté d'agir d'une façon beaucoup plus énergi-

que sur ce système que le virus de rues, qu'ensuite le virus fixe a une affinité beaucoup plus grande avec les cellules nerveuses que le virus de rues. Il est probable que ces deux propriétés du virus fixe sont liées intimément l'une à l'autre: grâce à l'affinité beaucoup plus grande avec les cellules nerveuses ce virus agit sur elles d'une façon beaucoup plus énergique.

De l'autre côté cependant, si nous faisons attention à tout le reste de l'organisme, excepté le système nerveux, en considérant la manière d'être du virus fixe et de celui de rues, nous arrivons à la conclusion que le virus fixe est presque sans défense à l'égard de cet organisme et qu'il succombe bientôt après avoir entré en contact avec un tissu quelconque de cet organisme. Par contre, le virus de rues est doué des propriétés protectrices manifestes à l'égard de ces tissus.

Pour prouver cette proposition on pourrait en donner beaucoup d'exemples. Une partie de ceux-ci a été décrite et discutée dans le chapitre XVIII de ce travail, où dans 2 tableaux j'ai rapporté une série de mes propres expériences. Jusqu'à présent cependant de tous les auteurs qui me sont connus Marx est le seul qui exprime, en partie, cette proposition et presque dans les mêmes termes: „Dies Verhalten kann nur dadurch erklärt werden, daß das fixe Virus den normalen keimvernichtenden Kräften des lebenden Organismus unter gleichen Bedingungen leichter erliegt, als das der Straße“¹⁾.

Outre les expériences décrites et discutées dans le chapitre XVIII et outre les expériences assez nombreuses des autres auteurs, que je ne mentionne pas ici, je ne connais jusqu'à présent que les expériences de Remlinger où l'auteur a réussi de démontrer en quelque sorte *ad oculos* l'impuissance presque étonnante du virus fixe mis en contact avec quelques-uns des tissus de l'organisme. Je parle du travail de cet auteur „Sur la destruction du virus rabique dans la cavité péritonéale“²⁾. Je ne connais que l'analyse de ce travail³⁾, et l'on n'y parle guère, si les expériences de Remlinger ont été exécutées avec le virus fixe ou celui de rues. C'est encore un nouvel exemple que jusqu'à présent on regarde ces

¹⁾ „Lyssaimunität“ in Handbuch der Mikroorgan. de Kolle et Wassermann (chapitre „Straßenvirus und Virus fixe“).

²⁾ C. R. Société Biol., t. LIX du 23 déc. 1905.

³⁾ Bulletin de l'Institut Pasteur, IV, 1906, p. 221.

deux virus comme identiques presque. J'écrivis donc à M. Remlinger, en lui posant cette question, et voici ce qu'il a bien voulu m'y répondre: „Toutes mes expériences sans exception ont été faites avec du virus fixe. Aucune n'a été faite avec du virus de rue. Le virus fixe en émulsion épaisse était mis dans des sacs de viscoïde et ceux-ci enfermés dans le péritoine. Au bout de quelques heures l'émulsion avait perdu tout pouvoir pathogène pour le lapin par trépanation. Des cerveaux entiers de lapins mis dans le péritoine subissent rapidement le même sort“. Il est impossible d'ajouter quelque chose à cette description, car chaque mot de plus affaiblirait seulement l'impression qu'elle produit. Il n'est pas possible de douter de l'exactitude de ces expériences. La preuve s'en trouve dans les expériences analogues de Marx qui nous a appris à immuniser les lapins au moyen de l'inoculation dans le péritoine en une fois des quantités considérables de virus fixe.

Autant que je sais, personne n'a fait jusqu'à présent des expériences avec le virus de rues, parallèles à celles de Remlinger. En revanche, on a fait des expériences avec le virus de rues parallèlement à celles de Marx, c'est-à-dire que l'on injectait dans le péritoine des quantités considérables de virus de rues et on déterminait alors toujours la mort de l'animal inoculé. Quelques expériences pareilles ont été rapportées dans la Table XLII de ce travail. Des grandes quantités de virus de rues inoculées dans le péritoine amèneront toujours la mort de l'animal. En s'appuyant sur ce fait, il est permis — il me semble — de conclure que le virus de rues n'est pas détruit dans le péritoine des animaux, même après un long espace de temps, mais qu'au contraire, dans sa lutte avec ce tissu, il prend le dessus au bout de certain temps, dont la preuve gît dans l'infection mortelle de l'animal inoculé.

En s'appuyant donc sur ces expériences, il est nécessaire d'admettre que le virus de rues a certaines propriétés qui manquent au virus fixe, ou bien, qui ont dégénéré chez le virus fixe d'une façon notable.

Allons plus loin.

Dans les expériences décrites dans le chapitre XVIII nous avons vu qu'en faisant des inoculations dans des divers tissus de l'organisme, la quantité de virus fixe ne joue presque aucun rôle, tandis que l'action du virus de rue dépend presque toujours de la quantité de ce der-

nier. Dans les chapitres XVII et XIX nous avons vue que cette loi se rapporte aussi au système nerveux central. Réfléchissons un peu sur ce fait, d'abord par rapport aux divers tissus indifférents¹⁾ de l'organisme et ensuite par rapport au système nerveux central.

Si nous inoculons une petite quantité de virus de rues (maximum 10 mg de substance grise des hémisphères cérébraux; dans les muscles encore beaucoup moins!) dans un tissu quelconque de l'organisme, le système nerveux central excepté, nous n'obtiendrons aucun résultat, ou bien la rage n'apparaîtra qu'au bout d'un très long espace de temps. On connaît bien, par ex., les expériences de Konrádi sur l'inoculation d'une très petite quantité de virus rabique dans la peau de plusieurs lapins. Ils n'ont péri de la rage que 186 à 570 jours après l'inoculation²⁾. Konrádi ne dit pas clairement s'il avait inoculé à ces lapins le virus fixe ou le virus de rues. Je lui ai donc écrit et il voulut me répondre que ces inoculations aux lapins avaient été exécutées avec le suc de la parotide de 2 chiens inoculés sous la peau et d'un chien inoculé sous la dure-mère. Ces chiens avaient été inoculés: l'un avec la XXI-e génération et 2 avec la XXV-e génération du virus rabique provenant d'un homme et de 2 chiens morts de la rage de rues. Il est évident que 21 ou 25 générations inoculées sous la dure-mère ne sont pas suffisantes pour transformer le virus de rues en virus fixe. Car même si ses propriétés actives acquéraient un haut degré de perfection (par ex. chez des jeunes lapins, d'après Högyes), ses propriétés passives seraient sûrement trop peu changées³⁾. Il me semble qu'il n'est pas possible de parler du virus fixe avant la 200-e génération au moins. Konrádi donc a fait ses expériences avec un virus de transition qui cependant se rapprochait beaucoup plus du virus de rues que du virus fixe.

¹⁾ Pour abrégé, je vais appeler indifférents tous les tissus et les organes de l'organisme, à l'exception du tissu nerveux. Il est évident que ces tissus ne sont nullement indifférents pour les virus rabiques, mais exercent sur ceux-ci une action plus ou moins nocive. On pourrait dire plutôt que le virus rabique se comporte à l'égard de ces tissus d'une façon indifférente, car il n'agit que sur le système nerveux et, probablement, sur les glandes salivaires.

²⁾ Voir Konrádi: Beitrag z. Kenntniß d. Symptome u. Prophylaxe d. experimentellen Lyssa. C. B. O. 1903, p. 389; „Weitere Untersuchungen zur Kenntniß d. Symptome u. Prophylaxe d. experimentellen Lyssa“ C. B. O. 1905, p. 194.

³⁾ Nous en parlerons bientôt.

Si cependant, dans les mêmes tissus indifférents, nous inoculons des grandes quantités de virus de rues (minimum, peut-être, 100 mg de substance grise), la mort arrivera toujours et dans un temps beaucoup plus court qu'après l'inoculation des doses faibles. Je pense que l'inoculation des doses fortes de virus de rues dans des tissus indifférents de l'organisme déterminera toujours la mort avec une certitude absolue, si la dose inoculée est suffisamment forte, et si nous employons un virus virulent, ce qui doit être vérifié au moyen d'une inoculation sous-dure-mérienne.

Essayons d'examiner ce phénomène d'une façon détaillée. On peut dire qu'il est très général et se rencontre presque chez tous les virus que nous connaissons. Car presque tous les virus, inoculés en petites quantités sont souvent inoffensifs, tandis qu'ils déterminent l'infection, inoculés en grandes quantités. Ce phénomène n'est pas en opposition avec l'opinion que nous avons admise plus haut et que Marx aussi avait exprimée en partie. Énonçons maintenant cette opinion en entier, dans la forme dans laquelle elle se me présente: les virus rabiques ont sans doute certaines propriétés passives, c'est-à-dire protectrices, et actives, c'est-à-dire offensives, envers les tissus de l'organisme. Si donc nous inoculons à un animal une petite quantité de virus de rues, ses propriétés passives, c'est-à-dire protectrices, ne suffiront pas pour protéger ce virus contre les influences nocives de l'organisme, et ses propriétés actives ne pourront agir, car il se trouve plus ou moins loin des cellules nerveuses. Par conséquent, après un temps plus ou moins long peut s'ensuivre une destruction complète du virus introduit et son élimination de l'organisme.

Par contre, si nous introduisons dans l'organisme une grande quantité du même virus, ses propriétés passives le protégeront dans sa lutte contre l'organisme jusqu'au moment où ses propriétés actives pourront agir, une fois le virus pénétré dans le système nerveux central.

Et qu'est-ce qu'il se passe, si nous introduisons le virus fixe dans les organes ou les tissus indifférents de l'organisme? Comme nous avons vu dans le chapitre XVIII, que nous y introduisons une très grande ou une très petite quantité de ce virus, le résultat sera le même. Or, en y admettant aussi — comme nous venons de le faire ci-dessus — les propriétés passives et actives, nous dirons

que les propriétés passives, protectrices, du virus fixe sont considérablement amoindries, ou même complètement détruites. Ce virus possède, à vrai dire, les propriétés actives, offensives, perfectionnées au suprême degré, mais, introduit dans les tissus indifférents, il ne peut en faire usage. De l'autre côté, le défaut, ou l'affaiblissement considérable, de ses propriétés passives laisse ce virus sans défense contre l'action des humeurs et des tissus de l'organisme. C'est pourquoi — que nous introduisons peu ou beaucoup de virus fixe dans les tissus indifférents — le résultat sera le même. C'est justement ce fait qui semble plaider en faveur de ce que ces propriétés protectrices, ou passives, du virus fixe sont disparues tout à fait. Car, si elles n'étaient pas disparues complètement, on devrait supposer qu'en augmentant toujours la quantité d'émulsion à inoculer, nous atteignons finalement une telle dose que ses propriétés protectrices, ou passives, soient suffisantes pour protéger le virus introduit jusqu'à ce que ce virus, après avoir pénétré dans les centres nerveux, puisse enfin faire usage de ses propriétés actives, ou offensives, énormément perfectionnées.

Il est évident que divers tissus indifférents de l'organisme ne se comportent pas de la même façon à l'égard du virus fixe. Les uns le détruisent plus lentement, les autres plus rapidement. Ainsi par ex., il résulterait des expériences de Kraïouchkine que le virus fixe introduit dans le tissu sous-cutané s'y maintient pendant longtemps inaltéré¹⁾.

En revanche, les expériences de Remlinger démontrent qu'après l'introduction du virus fixe dans la cavité péritonéale la destruction complète de ce virus arrive très rapidement.

Je dois rappeler que les expériences de ces deux auteurs s'accordent parfaitement avec mes expériences, décrites dans le chapitre XVIII. Nous y avons vu que les lapins avaient supporté très bien l'inoculation du virus fixe dans la cavité péritonéale et dans les muscles (voir aussi les expériences de Marx), tandis que les inoculations du même virus dans la peau ou sous la peau n'avaient

¹⁾ W. Kraïouchkine: „Sur l'effet des injections sous-cutanées du virus fixe de la rage“ (Arch. des Scienc. Biolog., t. 5, p. 261). Je ne connais que l'analyse de ce travail faite par v. Rätz in „Jahresberichte“ de Baumgarten, 1897, p. 828: „Die Rückenmarksteilchen der an Virus fixe verendeten Kaninchen behalten ihre Virulenz unter der Haut von Kaninchen und Hunden bis zur Resorption“.

pas été indifférentes pour les lapins. Probablement, le tissu musculaire et le péritoine agissent sur le virus fixe d'une manière très énergique et le détruisent complètement. L'action de ces composants de l'organisme produit décidément une telle impression, comme si les propriétés passives du virus fixe étaient complètement disparues. Par contre, la peau et le tissu sous-cutané n'agissent pas d'une manière si énergique. Par conséquent, ce virus inoculé dans la peau ou sous la peau parvient à la fin au système nerveux central, mais avec ses propriétés actives (offensives) très amoindries déjà. Il en résulterait cependant que toutes les propriétés passives du virus fixe ne seraient pas disparues d'une façon complète. De ce fait que, dans le cas des inoculations dans la peau et sous la peau, la quantité de virus fixe ne joue aucun rôle dans le résultat définitif on pourrait conclure que la peau et le tissu sous-cutané n'agissent pas en général sur quelques-unes des propriétés passives du virus fixe, qu'ils sont impuissants à l'égard de celles-ci.

Jusqu'à présent j'ai tâché d'analyser la différence entre l'action du virus de rues et celle du virus fixe sur les tissus indifférents de l'organisme. Réfléchissons maintenant sur la différence entre les manières d'agir de ces deux virus sur le système nerveux central.

Dans le chapitre XVII nous avons vu que la quantité de virus de rues exerce une influence sur le résultat de l'expérience. Des grandes quantités de virus de rues amènent l'accès de la maladie et la mort des lapins souvent beaucoup plus tôt que des faibles ou très faibles doses. Malheureusement les expériences décrites dans le chapitre XVII étaient faites souvent avec des matériaux qui n'étaient pas frais. Les résultats auraient été pour sûr plus nets, s'il avait été possible d'employer des matériaux toujours frais.

Ce phénomène de l'action plus nocive des doses plus fortes que des faibles était décrit déjà lorsque nous discutions l'action du virus de rues sur les tissus indifférents. Il y a cependant une différence notable entre la manière d'agir du virus de rues sur les tissus indifférents et sur le tissu cérébral. Là, c'étaient surtout les propriétés passives du virus de rues qui entraient en jeu, c'étaient elles qui le protégeaient contre l'action nocive des tissus indifférents de l'organisme. Ici, les propriétés passives, protectrices, de ce virus ne jouent probablement qu'un rôle très insignifiant; ici, au premier plan s'avancent-elles les propriétés actives ou offensives du virus de rues. Il est clair que, si la quantité d'émulsion est

grande, ces propriétés actives exerceront plus tôt son influence nocive sur les cellules nerveuses que lorsqu'il n'y en a que très peu.

Passons à présent au virus fixe. Nous avons vu dans le chapitre XIX que la quantité d'émulsion ne joue presque aucun rôle dans l'action immédiate du virus fixe sur le tissu cérébral. Une quantité 10000 fois plus grande était presque sans importance. Ici aussi évidemment les propriétés actives du virus fixe jouent le rôle principal, l'amointrissement notable des propriétés passives de ce virus est sans importance, car dans le cerveau peuvent agir immédiatement les propriétés actives, ou offensives. La preuve que ces propriétés actives sont parvenues au suprême degré de la perfection consiste en ce que la quantité de virus ne joue aucun rôle dans son action. Si l'on pouvait réussir à abrégier la période d'incubation de la maladie et à accélérer l'issue mortelle, comme dans le cas du virus de rues, par gradation des doses, cela signifierait que ce virus puisse agir d'une manière encore plus énergique. Cependant dans le cas du virus fixe, même en introduisant dans le cerveau les doses de celui-ci les plus grandes possibles, on ne peut parvenir à abrégier la période d'incubation ni à accélérer la mort des animaux. C'est-à-dire que le virus fixe ne peut agir en général d'une façon plus énergique, qu'il est parvenu déjà au suprême degré de la virulence.

Il faut encore prendre en considération un autre fait non moins intéressant. Dans les expériences décrites dans le chapitre XV on a rapporté dans les tables beaucoup de cas où l'inoculation dans le cerveau des lapins ou des cobayes d'une quantité très petite de virus fixe (par ex. 0.001 mg ou même 0.0002 mg de substance grise) entraînait la mort des animaux au bout de 7 à 10 jours. De l'autre côté, dans d'autres cas l'inoculation d'une quantité un peu plus petite ou bien de la même quantité de substance grise n'amenait pas la mort de ces animaux. Il n'existe donc pas de passage lent et graduel de l'action habituelle du virus fixe jusqu'à la cessation de toute action, par les périodes d'incubation de plus en plus longues, comme on peut l'observer dans le cas du virus de rues inoculé en très petites quantités (au-dessous de 0.05 mg de substance grise). Je suis obligé de déclarer nettement ici que je n'observais que d'une façon exceptionnelle les périodes d'incubation prolongées (jusqu'à une quinzaine de jours, par ex.) chez les lapins ou les cobayes inoculés avec le virus fixe provenant de la substance grise du cerveau

diluée jusqu'à quelques centaines de mille de fois (v. les tables concernant les expériences précédentes). J'observais cependant les périodes d'incubation prolongées de cette façon, même avec le virus fixe, si pour préparer l'émulsion on avait employé la moelle. Même toutes les expériences décrites dans ce travail ont pris leur origine en ce que cette prolongation de la période d'incubation avait attiré mon attention (v. les chapitres I et II dans la première partie de ce travail). Je ne tâcherai pas ici d'expliquer pourquoi le virus fixe de la moelle peut tuer les animaux beaucoup plus tard que le virus fixe de la substance grise des hémisphères cérébraux, même le plus dilué. Je n'ai voulu ici qu'attirer l'attention sur ce fait que, si nous employons le virus fixe de la substance grise du cerveau, il n'y a aucun passage de l'action habituelle à l'inaction complète. Ce fait me donne l'impression, comme si, pour déterminer l'infection mortelle chez les lapins et les cobayes inoculés sous la dure-mère, la présence d'un seul individu du virus fixe était suffisante. Si nous introduisons cet individu unique dans le cerveau de l'animal; la maladie va se développer d'une façon typique et la mort arrivera. Si dans la quantité donnée d'émulsion ne se trouve pas un individu spécifique, dans ce cas cette émulsion sera tout à fait indifférente pour l'organisme animal. C'est qui prouverait que cette exaltation de la virulence du virus fixe aurait atteint les dernières limites: un seul individu, dans son action, ne différerait de 10.000 et même de 100.000 individus semblables. Il est évident que je ne me propose nullement d'affirmer avec certitude qu'il se passe en réalité de cette façon, que déjà un seul individu du virus fixe soit suffisant pour déterminer l'infection, ou que la cause de la non existence du passage de l'action typique à la cessation de toute action consiste en ce que dans le premier cas il y a un individu du virus au moins et dans le second — il n'y a pas du tout de virus. Mais tout le monde doit avouer que cette supposition est licite, si l'on se rappelle les dilutions énormes qui ont été employées dans les expériences du chapitre XV. On y a employé les dilutions de 100.000 et même de 500.000 fois qui parfois déterminaient l'infection typique et d'autres fois étaient inoffensives. Ce qui veut dire que, par ex., 10 mg de substance grise du cerveau étaient dilués dans 1 à 5 litres d'eau stérilisée et que de ces solutions n'était inoculé jamais plus que 0.1 cc, c'est-à-dire 2 gouttes. Tout le monde, je crois, va avouer que dans une quantité pareille d'émulsion telle-

ment diluée n'a pu se trouver beaucoup de virus: peut-être il y en avait quelques individus, peut-être -- un seul. Il pouvait bien arriver que dans d'autres 2 gouttes d'une émulsion tellement diluée il n'y avait pas un seul individu, c'est pourquoi cette autre inoculation était complètement indifférente pour l'animal. Évidemment, tout cela ne se rapporte qu'aux lapins et aux cobayes; chez les chiens, des quantités au moins 10 fois plus grandes ne déterminent, paraît-il, aucun changement (Table XXXIII).

Ainsi donc, dans nos réflexions sur l'action du virus rabique nous avons admis que sa manière d'agir dans l'organisme infecté est la suite de certaines propriétés passives, ou protectrices, et actives, ou offensives de ce virus. Les propriétés passives de ce virus servent à le protéger contre l'action des influences extérieures en général, contre l'action donc aussi des tissus et des humeurs de l'organisme animal. Dans leur nombre on pourrait mettre la propriété de former les spores, par ex., ou les formes résistantes.

Les propriétés actives du virus rabique exercent une influence nocive sur le système nerveux, ou plutôt sur les cellules nerveuses des mammifères, si le virus parvient jusqu'à elles. Dans leur nombre on pourrait mettre la propriété de produire, par ex., une toxine meurtrière pour les cellules nerveuses. La différence entre le virus fixe et celui de rues consisterait en ce que le virus de rues a ses propriétés passives et actives développées et exercées d'une façon plus ou moins uniforme, tandis que le virus fixe a les propriétés actives perfectionnées au suprême degré, mais, en revanche, ses propriétés passives sont extrêmement affaiblies. Par conséquent, le virus de rues est très dangereux pour l'organisme animal, quelle que soit la porte d'entrée par où il a pénétré dans cet organisme. Car ses propriétés passives le protègent souvent contre l'influence nocive de l'organisme jusqu'au moment où il pénètre dans le système nerveux central, où, à leur tour, ses propriétés actives puissent agir sur les cellules nerveuses.

Par contre, le virus fixe n'est pas dangereux en général, s'il pénètre dans les organes ou les tissus indifférents de l'organisme. Car l'amointrissement énorme de ses propriétés passives le laisse presque sans défense contre l'action des humeurs et des tissus de l'organisme. Si cependant ce virus pénètre dans le système nerveux central, il est alors beaucoup plus terrible que le virus de rues, car

alors peuvent agir immédiatement ses propriétés actives, ou offensives, extrêmement perfectionnées.

Jusqu'à présent, une question est restée sans réponse, question posée par tous les savants, je crois, qui s'occupaient d'études sur la rage: en quoi consiste-t-elle, lorsqu'on pratique l'inoculation sous la dure-mère, l'action plus forte du virus fixe que du virus de rues? Consiste-t-elle dans la multiplication plus rapide du virus fixe, ou bien dans la sécrétion par celui-ci d'une toxine plus active? Il n'y a pas encore de réponse à ces questions. Et des expériences décrites plus haut on ne peut aussi conclure, si le virus fixe se multiplie plus rapidement, ou s'il produit une toxine plus active. Mais elles ont attiré l'attention sur une troisième éventualité: elles ont notamment démontré que le virus fixe a une affinité avec les cellules nerveuses environ 50 à 100 fois plus forte que le virus de rues. Et sans doute c'est, si non la seule, en tout cas une des causes de l'action plus énergique du virus fixe après l'inoculation sous la dure-mère. A cause de l'affinité beaucoup plus grande avec les cellules nerveuses le virus fixe peut beaucoup plus vite exercer son action pernicieuse sur l'organisme que le virus de rues, quand même la toxine supposée, produite par le virus fixe, ne serait plus forte que celle du virus de rues. Ainsi donc il me semble que les expériences décrites plus haut nous donnent la réponse, si non complète, du moins partielle à cette question importante qui a été posée dès les temps de Pasteur.

Essayons de présenter dans un tableau synoptique les différences entre le virus fixe et le virus de rues.

Voir Table XLVI, p. 670-671.

Ainsi donc, le virus de rues nous présente un type parfait, développé dans tous les sens d'une façon plus ou moins normale, ayant toutes les propriétés plus ou moins équilibrées; tandis que le virus fixe nous présente un type imparfait et déséquilibré considérablement. Ce perfectionnement énorme de ses propriétés actives et l'affaiblissement extrême des passives, en autres mots, sa faculté formidable de détruire le tissu nerveux et l'impuissance énorme à l'égard des autres tissus, nous donne décidément une impression de quelque chose de pathologique, et même, dirais-je, de quelque chose de monstrueux.

Pour comprendre ces propriétés du virus fixe nous avons admis

TABLE XLVI.

Différences entre le virus de rues et le virus fixe.

Le virus de rues est doué:	Le virus fixe est doué:
<p>1. Des propriétés actives, ou offensives, développées plus ou moins normalement,</p> <p>par conséquent:</p> <p><i>a</i>) inoculé sous la dure-mère il n'amène la mort des mammifères qu'au bout de 15 à 20 jours en moyenne;</p> <p><i>b</i>) la rapidité de son action après l'inoculation sous la dure-mère dépend de la dose;</p> <p><i>c</i>) son affinité avec les cellules nerveuses est plus ou moins normale, que l'on pourrait désigner avec le nombre 2, d'où il résulte que</p> <p><i>d</i>) la différence entre les virulences respectives de la substance blanche et de la substance grise du cerveau pendant la vie de l'organisme et immédiatement après sa mort n'est pas grande aussi (2 fois);</p> <p><i>e</i>) la dose mortelle minima de ce virus inoculé dans le cerveau est environ 0.02 à 0.04 mg de substance grise des hémisphères cérébraux.</p> <p>2. Des propriétés passives, ou protectrices, développées plus ou moins normalement,</p> <p>par conséquent:</p> <p><i>a</i>) inoculé dans un tissu indifférent quelconque de l'organisme des mammifères il peut devenir très dangereux pour cet organisme;</p> <p><i>b</i>) le danger qui menace l'organisme après l'inoculation de ce virus dans des tissus indifférents dépend de la dose;</p>	<p>1. Des propriétés actives, ou offensives, développées au suprême degré de la perfection,</p> <p>par conséquent:</p> <p><i>a</i>) inoculé sous la dure-mère il amène la mort des mammifères déjà au bout de 7 à 10 jours en moyenne;</p> <p><i>b</i>) la rapidité de son action après l'inoculation sous la dure-mère est indépendante de la dose;</p> <p><i>c</i>) son affinité avec les cellules nerveuses est énormément développée, que l'on pourrait désigner avec le nombre 100 à 200, d'où il résulte que</p> <p><i>d</i>) la différence entre les virulences respectives de la substance blanche et de la substance grise du cerveau pendant la vie de l'organisme et immédiatement après sa mort est très grande aussi (100 à 200 fois);</p> <p><i>e</i>) la dose mortelle minima de ce virus inoculé dans le cerveau est environ 0.0002 à 0.001 mg de substance grise des hémisphères cérébraux.</p> <p>2. Des propriétés passives, ou protectrices, amoindries considérablement, ou peut-être même détruites partiellement,</p> <p>par conséquent:</p> <p><i>a</i>) inoculé dans un tissu indifférent quelconque de l'organisme des mammifères il est beaucoup moins dangereux et souvent même tout à fait indifférent pour cet organisme;</p> <p><i>b</i>) le danger qui menace l'organisme après l'inoculation de ce virus dans des tissus indifférents est indépendant de la dose;</p>

(virus de rues)	(virus fixe)
<p>c) même les doses minimales de ce virus inoculées dans des tissus indifférents peuvent devenir dangereuses pour l'organisme (voir, par ex., les expériences de Konrádi);</p>	<p>c) les doses minimales de ce virus inoculées dans des tissus indifférents sont sans action sur l'organisme (par ex., les doses jusqu'à 1 mg de substance grise des hémisphères cérébraux inoculées sous la peau);</p>
<p>d) inoculé dans un tissu indifférent quelconque des animaux sains (le sang excepté, peut-être) en doses fortes (à partir de 200 mg de substance grise) il détermine une infection mortelle avec une certitude absolue.</p>	<p>d) inoculé même en quantités colossales dans un tissu indifférent quelconque des animaux sains il reste inoffensif (les muscles, le péritoine), ou bien il n'exerce qu'une action non typique et retardée (la peau), par contre, il immunise souvent l'animal ainsi inoculé (Marx, Remlinger).</p>

plus haut cette éventualité que, grâce à ce qu'il acquerrait dans toute la série de générations une énergie de plus en plus grande dans son action sur le système nerveux, le virus fixe perdait peu à peu ses propriétés passives à l'égard des tissus dits indifférents. Il faut déclarer ici nettement que, quoique ce développement énorme de certaines fonctions de ce virus doive entraîner probablement l'amoinissement plus ou moins manifeste d'autres fonctions, ce n'est pas la seule explication des faits observés chez le virus fixe. Car grâce à ce que le virus rabique était introduit dans une longue suite de générations exclusivement sous la mère des animaux, ce virus pouvait agir immédiatement au moyen de ses propriétés actives sur les cellules nerveuses. Par conséquent, il se servait sans interruption et sans cesse de ses propriétés actives et, grâce à cet exercice continu, les a perfectionnées d'une façon inouïe. En revanche, ses propriétés passives lui étaient presque inutiles, car, grâce à son inoculation toujours dans le cerveau, ses propriétés actives pouvaient agir immédiatement. Par conséquent, les propriétés passives pouvaient disparaître peu à peu par défaut d'usage pendant des centaines de générations. Ainsi donc cet affaiblissement énorme des propriétés passives du virus fixe peut être expliqué aussi par défaut d'usage. Il est probable que ces propriétés ne sont pas complètement disparues, mais seu-

lement affaiblies énormément. Car il est impossible d'admettre que l'organisme animal ne se défende guère après l'inoculation du virus rabique dans le cerveau. Il est probable que l'organisme s'efforce de détruire ici aussi ce virus, mais ses moyens pour le faire doivent être très insuffisants (chez la plupart des mammifères tout au moins; ils seraient plus efficaces, peut-être, chez les chiens et chez les singes). C'est pourquoi, probablement, les propriétés passives du virus fixe s'y sont maintenues à un degré insignifiant. Ce sont ces propriétés peut-être, qui pendant longtemps protègent à un certain degré la virulence du virus fixe et le font souvent dangereux, lorsqu'on l'inocule dans la peau ou sous la peau.

Il faudrait réfléchir encore sur un fait très important. Dans les études qui ont été faites jusqu'à présent sur l'immunité on ne considérait — autant que je sais — que presque exclusivement l'organisme infecté. On étudie quelles sont les causes et les forces dans les tissus et les humeurs de l'organisme qui déterminent une fois le retour à la santé, une autre fois la mort de cet organisme dans sa lutte contre les microorganismes. La théorie de Metchnikoff de même que celle d'Ehrlich s'occupent presque exclusivement de l'organisme infecté.

Et cependant dans ces études sur la rage un autre facteur très important de l'infection nous force à le prendre en considération. Ce sont les microorganismes pathogènes. Le virus de rues de même que le virus fixe sont des virus rabiques. Tout le monde est d'accord sur ce point. Nous voyons cependant que, quel que soit l'état de l'organisme infecté, le virus de rues, une fois introduit dans un tissu indifférent quelconque de cet organisme, est très dangereux pour lui et même, introduit en grande quantité, devient pour l'organisme absolument pernicieux; tandis que le virus fixe, introduit dans des tissus indifférents, est presque inoffensif et, s'il y est introduit en très grande quantité, détermine souvent l'immunisation de cet organisme. Ainsi donc le virus rabique devient la cause soit de la mort soit du rétablissement de l'organisme, ce qui dépend des changements qu'il a subis lui-même, sans égard à la manière dont se comporte l'organisme infecté.

Aussi il me semble que l'immunité n'a été envisagée jusqu'à présent que d'un seul côté trop exclusivement, que l'issue de l'infection ne dépend pas toujours de l'état de l'organisme seulement,

mais aussi très souvent de l'état des virus quel que soit l'organisme infecté.

Dans ces dernières années les savants commencent peu à peu à prendre en considération cet autre facteur important de l'infection, c'est-à-dire l'état des virus. Autant que je sais, nous en avons les indices évidents dans les études sur l'infection typhique (Eisenberg, Stern, et d'autres). Il faut aussi mentionner la théorie des agressines de Bail.

Je dois noter, en finissant, que pour faire comprendre plus facilement ces propriétés si différentes du virus de rues et du virus fixe il m'a semblé le plus simple d'admettre dans le virus rabique l'existence des propriétés actives et passives. Je ne considère pas cependant cette explication comme achevée: je sens très bien moi-même quelques-uns de ses défauts. Je sens avant tout qu'il faut encore beaucoup d'expériences pour pouvoir élucider plusieurs questions obscures.

Je ne peux cependant me contenir de faire une remarque encore. Mes expériences se rapportent exclusivement à la rage, mais la pensée se tourne malgré elle vers d'autres virus aussi. Et il s'y présente une analogie très curieuse. Revenons de nouveau à Pasteur. On sait qu'un des premiers il a obtenu le vaccin contre le charbon. Il a cultivé pendant longtemps les bactériidies charbonneuses à la température de 42° C. et a obtenu de cette manière une race asporogène qui s'est montrée un bon vaccin contre le charbon. Or, les spores, ou les formes résistantes, sont sans doute des représentants typiques des propriétés passives ou protectrices des virus. Ainsi donc les bactériidies charbonneuses, cultivées à 42° C., ont perdu quelques-unes de leurs propriétés passives, de même que le virus rabique cultivé exclusivement dans le système nerveux central les a perdu aussi. En même temps, les unes et l'autre sont devenus des bons vaccins.

C'est, d'après moi, une analogie très curieuse. On se demande, malgré lui, est-ce que ce n'est pas une règle générale? Est-ce que l'obtention des vaccins en général ne consiste pas dans un affaiblissement notable des propriétés passives des virus donnés et dans la conservation des propriétés actives? Le mécanisme intime de l'immunisation en serait un peu élucidé.

Mouvements propres du virus rabique.

Je vais rappeler ici les expériences décrites dans le chapitre XVI de ce travail. Nous y avons vu que le virus de la rage de laboratoire passe d'un cerveau infecté dans un cerveau sain en dehors de l'organisme animal dans l'obscurité et à la température de la chambre, mais seulement lorsque les deux cerveaux, mis en contact, sont placés dans l'atmosphère d'hydrogène. Si ces cerveaux sont laissés à l'air libre, on ne peut constater la présence du virus rabique dans le cerveau sain. Dans le même chapitre il a été démontré que le virus rabique passe aussi du cerveau infecté dans l'eau distillée. En s'appuyant sur ces expériences, j'ai posé alors la question, si le virus rabique n'est pas un microorganisme anaérobie, en supposant que la présence de l'oxygène soit si pernicieuse pour lui qu'elle rende impossible le passage de ce virus dans un cerveau sain, tandis que l'absence de l'oxygène ne l'empêche pas.

Cette question a été laissée sans réponse. Plus tard, en s'appuyant sur les mêmes expériences, M. le prof. M. Siedlecki dans un entretien particulier a exprimé l'opinion que le virus rabique peut être au contraire un aérobie strict. Il est possible notamment que, si les deux cerveaux (infecté et sain) sont entourés de l'air atmosphérique, dans le cerveau infecté il se trouve assez d'air nécessaire à la vie de ce virus; c'est pourquoi il reste dans le cerveau infecté. Si cependant les deux cerveaux sont placés dans l'atmosphère d'hydrogène, la réserve d'oxygène qui se trouve dans le cerveau infecté va s'épuiser bientôt: alors le virus, en recherchant l'oxygène, passe dans le cerveau sain. La même hypothèse peut expliquer aussi le passage du virus rabique du cerveau infecté dans l'eau distillée.

Ainsi donc, le même phénomène peut être expliqué à l'aide de deux opinions diamétralement opposées. Quoi qu'il en soit cependant en réalité, de ces expériences il résulte indubitablement tout au moins ce qui suit. Notamment, si le virus rabique, dans le cas où les cerveaux sont laissés à l'air libre, ne passe pas d'un cerveau dans l'autre, mais ce passage s'effectue dans le cas où les cerveaux sont enfermés dans l'atmosphère d'hydrogène, il est impossible d'admettre qu'il s'agisse ici de diffusion ou d'osmose, car ces phénomènes physiques ne dépendent pas de l'absence ou de la présence de

l'air. Nécessairement la supposition se présente que dans ces conditions le virus lui-même passe, ou bien ne passe pas, d'un substratum dans l'autre sans égard à la diffusion ou à l'osmose. Il en résulte la nécessité d'admettre l'existence des mouvements propres chez le virus rabique. Les expériences que nous avons décrites ont été faites avec le virus fixe exclusivement. Il n'est pas douteux que l'existence des mouvements propres chez ce virus contribue à nous rendre plus facile la compréhension de son passage d'une cellule nerveuse à une autre dans le cerveau de l'animal. Mais les mouvements propres une fois démontrés chez le virus fixe, nous sommes obligés absolument de les admettre aussi chez le virus de rues. Car nous n'ignorons pas que le virus de rues, pour passer du point mordu au cerveau, suit la voie des troncs nerveux et rarement seulement la voie des vaisseaux sanguins et lymphatiques. S'il suit surtout des nerfs, pour comprendre ce passage il est presque nécessaire d'admettre l'existence des mouvements propres chez ce virus. Il paraît même bizarre que, tout en connaissant le passage du virus rabique par la voie des nerfs, on n'admettait pas en même temps que ce virus possède probablement et les mouvements propres.

A son tour la question se présenterait, dans quelle catégorie des propriétés du virus il faut ranger ces mouvements propres, suivant l'hypothèse émise dans le chapitre précédent. Il est bien difficile à supposer que les mouvements propres du virus rabique lui servent de moyen de défense contre les influences nocives de l'organisme; s'ils peuvent servir à cela, ce n'est, je crois, que dans une mesure très limitée. Par contre, il est bien aisé à s'imaginer que ces mouvements propres doivent avoir une importance sérieuse pour l'action nocive de ce virus sur les cellules nerveuses. Pour sûr ils facilitent beaucoup à ce virus la pénétration dans les cellules nerveuses et le passage d'une cellule à une autre. Ils ont donc les caractères manifestes des propriétés actives ou offensives. Il n'est pas douteux qu'ils font partie de ces propriétés. Ainsi donc, ils sont, probablement, beaucoup plus développés chez le virus fixe que chez le virus de rues. Cependant cette migration depuis des points éloignés de l'organisme jusqu'au cerveau — comme il se passe toujours chez le virus de rues — devrait nécessiter à coup sûr des mouvements propres beaucoup mieux développés, que le passage d'une cellule nerveuse à une autre, comme il se passe probablement chez le virus

fixe qui est inoculé toujours directement dans le cerveau. Le virus fixe donc n'a pas besoin de cheminer le long des nerfs pour attendre le cerveau, comme le virus de rues. Mais il ne s'ensuit pas du tout que ces mouvements soient mieux développées en réalité chez le virus de rues que chez le virus fixe. Je vais rappeler ici, par ex., les expériences de quelques auteurs que nous avons déjà mentionnées dans le chapitre XXI (Pasteur, di Vestea et Zagarì), et où le virus fixe avait été inoculé dans des divers troncs nerveux. Or, souvent dans ces expériences les animaux périssaient de la rage déjà au bout de 8 à 10 jours, ce qui n'arrivait pas après l'inoculation du virus de rues dans des troncs nerveux. Ces expériences plaideraient en faveur de ce que le virus fixe a en réalité les mouvements propres beaucoup mieux développés que le virus de rues.

Institut d'Hygiène de l'Université de Cracovie.

Table des matières

	page
XIX. Expériences sur le virus fixe inoculé sous la dure-mère en quantités variables	642
XX. Comparaison de la virulence de la substance blanche et de la substance grise du cerveau des lapins morts de la rage de rues . . .	648
XXI. Différences entre le virus fixe et le virus de rues	656
XXII. Mouvements propres du virus rabique	674

42. M. BOLESŁAS NAMYSŁOWSKI. *Rhizopus nigricans* i warunki wytwarzania się jego zygospor. (*Rhizopus nigricans* et les conditions de la formation de ses zygosporés). Mémoire présenté par M. E. Janczewski m. t. à la séance du 11 Juin 1906.

(Planche XXI).

I.

Il est bien connu, que *Rhizopus nigricans* (Ehrb) de Bary, une Mucorinée très commune, produit quelquefois des zygosporés en abondance, mais que ces organes, n'apparaissent pas du tout d'une manière sûre et régulière. Ayant trouvé des zygosporés de ce champignon dans une culture de l'*Aspergillus giganteus* Wehm. sur des tranches de pommes, j'ai semé ses spores dans des milieux variés et obtenu des zygosporés, dans toute une série de générations. Pour

être certain de la détermination de l'espèce, je l'ai comparée au *Rhizopus nigricans* cultivé au laboratoire botanique d'Utrecht et n'y produisant, d'après M. Jonge, jamais des zygospores. Cette comparaison donna un résultat imprévu et montra, que ces deux Mucorinées représentent deux espèces parfaitement différentes, la mienne étant *Rh. nigricans* d'Ehrenberg, celle d'Utrecht une nouvelle espèce. Je l'appelle *Rh. nodosus*. Pour cette raison, il m'a paru nécessaire de caractériser d'une manière plus approfondie les deux espèces en question avant de discuter les conditions dans lesquelles *Rh. nigricans* produit ou s'abstient de produire des zygospores.

Rhizopus nigricans (Ehb) de Bary.

Le mycélium est compact cotonneux ou lâche, ce qui dépend du milieu et des conditions de culture; jeune — il est blanc comme neige, plus âgé — il devient brun, presque noir, composé des filaments lisses. Il se développe à la surface du milieu de culture et pénètre dans son intérieur, en formant des nombreux stolons ramifiés ou non, qui dans les cultures pendantes sont longs de 12 cm. et s'attachent au substratum par une touffe des rhizoïdes richement ramifiés (apressorium), lisses, devenant avec l'âge noirs de fumée, larges de 16 μ au plus, de 3 à 4 μ aux bouts; la longueur moyenne d'une touffe, qui se développe plus ou moins fortement, atteint 1 mm. Des stolons munis de rhizoïdes et du mycélium poussent des tiges droites (fig. 1), terminées par des sporanges au nombre de 2 à 6, parfois plus rarement simples, non ramifiées ou se ramifiant comme une grappe ou une ombelle de grappe, hautes de 1 $\frac{1}{4}$ à 2 mm., plus rarement de 3 $\frac{1}{4}$ à 4 mm., épaisses de 28 à 46 μ , pourvues des membranes lisses de couleur brune foncée, qui avec le temps devient noire de fumée. En s'élargissant vers la cime, elles passent graduellement en columelle, un peu globuleuse, haut cintrée, lisse, d'une grandeur variable, large de 120 à 220 μ en moyenne, haute de 140 à 180 μ , plus rarement de 200 μ , d'une couleur claire, brunâtre de fumée jusqu'à l'apophyse, au-dessous de celle-ci plus foncée, de là le point d'attache à la columelle est bien distinct. Lorsqu'elle perd l'eau, elle s'aplatit et prend la forme d'un chapeau de champignon. Les sporanges sont hémisphériques d'un diamètre de 180 à 260 μ ; jeunes ils sont blancs, mûrs — noirs à surface cassante et à gros grains, couverte des cristaux d'oxalate de chaux; ils éclatent facilement

en disséminant les spores. Celles-ci (fig. 2) sont grisâtres, un peu globuleuses avec quelques bouts émoussés, d'un diamètre de 12 à 20 μ , plus longues que larges, à l'exosporium gros, dont la sur-

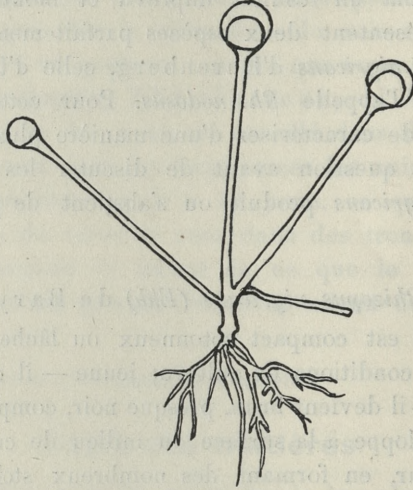


Fig. 1. Tiges sporangéophores avec la columelle, les sporanges et les rhizoïdes. Grossissem. 25.

face est partagée en champs rayés, séparés l'un de l'autre par des bandes unies. Outre les spores ordinaires il y en a toujours de temps en temps d'autres, que j'appelle géantes (fig. 2) et qui pro-

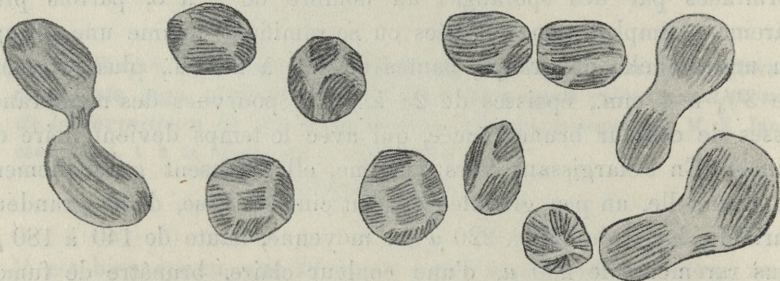


Fig. 2. Spores ordinaires et géantes. Gross. 800.

viennent de la fusion des plusieurs spores de formes variées. Elles rappellent les spores semblables de *Mucor Cambodja* (4). Semées, les spores gonflent fortement et alors le mode de rayures devient plus apparent; elles germent déjà au bout de 3 heures, en émettant un

ou deux tubes de germination qui se ramifient, dans une solution de sucre de canne, sur la gélatine et la gélose: un abondant mycélium se forme, qui le troisième ou le quatrième jour produit les premiers sporanges. A. de Bary (1) n'a jamais obtenu la germination des spores dans une solution de sucre de canne; chez moi c'était un phénomène constant. Elles se développent sur le pain bis trempé de l'eau pure ou d'une solution à 3% de sucre de raisin,

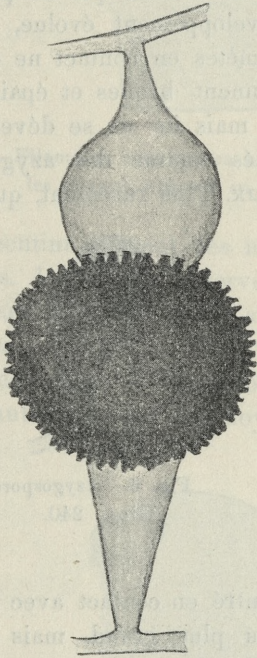


Fig. 3. Zygospore mûre avec ses suspenseurs.

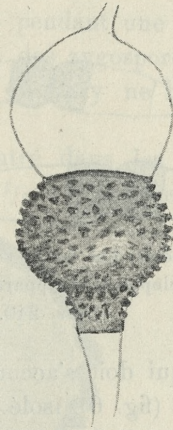


Fig. 4. Zygospore déformée à cause de faible développement d'un gamète.

Gross. 240.

sur les poires, les pommes de terre, la viande, la gélose et la gélatine au bouillon, sur le bouillon, l'eau peptonisée etc. Les zygospores (fig. 3) sont rondes ou ovales, diversement aplaties du côté des suspenseurs, d'autres irrégulières (fig. 4), quand un des gamètes s'est développé faiblement ou pas du tout. Elles sont hautes de 160 à 240 μ , d'habitude de 160 à 220 μ , larges de 140 à 220 μ , d'habitude de 120 à 180 μ , à l'exosporium épais, dur, opaque, de couleur brun-noirâtre, couvert des verrues coniques, à sommet aplati

et dont la base est d'une largeur moyenne. Au sommet des verrues on trouve les restes d'une tendre membrane à laquelle Vuillemin (16) donne le nom de „cuticelle externe“. Les suspenseurs sont tous pareils de grandeur et de forme, ou bien ils diffèrent entre eux; ils sont coniques ou renflés en globes, lisses, incolores au début, de couleur brune claire plus tard. Les gamètes sont aussi d'une grandeur égale ou d'une grandeur différente, leur protoplasme se fond après la résorption de la cloison qui ne part pas toujours du centre; d'ailleurs leur développement évolue, comme de Bary l'a décrit (1). Lorsque les gamètes en contact ne se sont pas accouplés, leurs membranes deviennent brunes et épaisses, et les verrues commencent à y paraître; mais ils ne se développent pas davantage et peuvent être regardés comme des azygospores rudimentaires (fig. 5) réunies deux à deux. Plus rarement, quand le

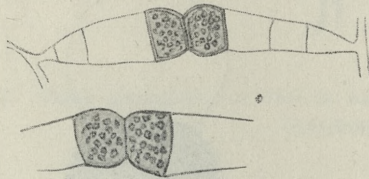


Fig. 5. Gamètes, qui ne se sont pas accouplés; avec le développement apparaissent les verrues.
Gross. 240.

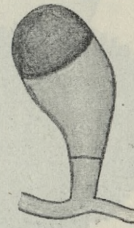


Fig. 6. Azygospore.
Gross. 240.

filament, qui doit s'accoupler, n'a pas entré en contact avec l'autre, le gamète (fig. 6) isolé devient un peu plus grand, mais bientôt il commence à brunir et cesse de se développer, en restant lisse.

Le mycélium de ce champignon produit des zygospores à la température de chambre à toute époque de l'année (de Bary (1) les a obtenues seulement au mois de mai, de juin, et de juillet, Eidam (6) en hiver); elles poussent isolées ou très nombreuses une à côté de l'autre sur les poires, mais surtout sur la mie de pain bis imbibée de l'eau pure ou d'une solution à 3% de sucre de raisin. Elles ne se formaient que rarement et en petite quantité sur la gélose acide (10 grm. de gélose, 500 cc. H_2O , 1 grm. NH_4NO_3 , 1 grm. KH_2PO_4 , 0.5 grm. $MgSO_4$, 15 grm. $C_{12}H_{22}O_{11} \cdot H_2O$), jamais sur la viande, sur le sucre de canne, l'eau peptonisée, sur la gélose et la gélatine au bouillon ni sur le moût de bière gélosé. Elles

s'étalent à la surface du milieu de culture, en comblant les espaces entre les morceaux de pain et les parois du vase, ou elles restent suspendues librement en air, surtout dans les cultures sur la gélose. Elles ne se forment qu'au bout de 3 à 4 jours après l'ensemencement simultanément avec les sporanges, parfois un peu plus tard; il se

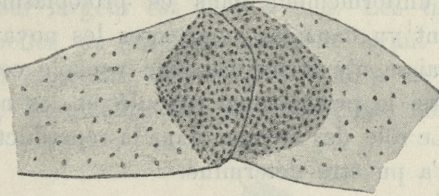


Fig. 7. Filaments copulateurs avant la séparation des gamètes dans lesquels les noyaux affluent en masse vers l'extrémité. Gross. 425.

forme continuellement des nouvelles, même pendant une quinzaine de jours. Je n'ai pas observé la germination des zygosporés semés dans l'eau stérilisée même après six mois; de Bary ne l'a pas vu non plus.

La coloration à l'hématoxyline a démontré dans les filaments une quantité énorme des noyaux ovales de $\frac{1}{2}$ à 1μ ; quelques-uns

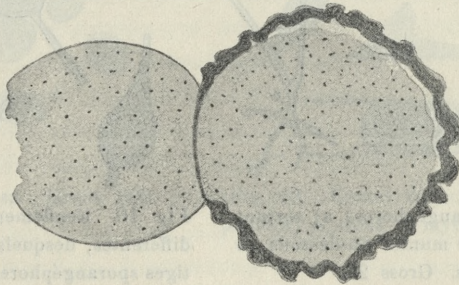


Fig. 8. Coupe transversale d'une zygosporé mûre avec le suspenseur. Le protoplasme réticulé contient des nombreux noyaux plus petits et plus grands. Gross. 250.

de ceux-ci sont comme allongés dans le sens de la croissance. Dans les filaments de copulation les noyaux sont répandus uniformément sauf le sommet, où il s'assemblent en quantité énorme (fig. 7). On n'a observé ni la copulation ni la division des noyaux après la résorption de la paroi de séparation et après le fusionnement du protoplasme des gamètes. Les zygosporés bien développées sont remplies

de protoplasme grasseux, qui pénètre aussi dans l'intérieur des verrues. Ce protoplasme a une structure nettement réticulée (fig. 8), dans les pièces fixées dans l'alcool: les mailles du réseau deviennent de plus en plus petites vers la périphérie. Les noyaux plus ou moins ovales, plus petits et plus grands, sont en grande quantité disséminés uniformément dans ce protoplasme (Dangeard et Leger (5) ont vu dans les zygosporés les noyaux de grandeur variable). La graisse n'y forme pas une vacuole centrale. Les suspenseurs ont aussi le protoplasme réticulé et les noyaux de grandeur variable. Le rôle des noyaux dans la reproduction sexuelle, vu leur petitesse, n'a pu être déterminé.

Rhizopus nodosus spec. nov.?

Le mycélium de ce champignon cotonneux, jeune, est blanc, ensuite d'une teinte ocre jaune ou brune; il couvre la surface du

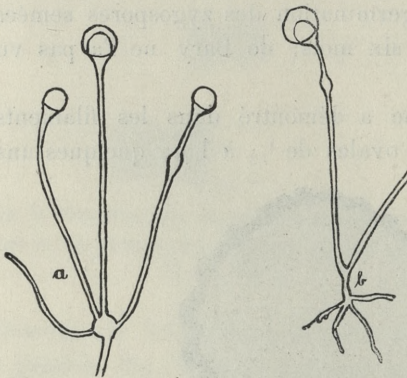


Fig. 9. Tiges sporangéphores: a) sortant d'un renflement, b) munies au-dessous de rhizoïdes. Gross 25.

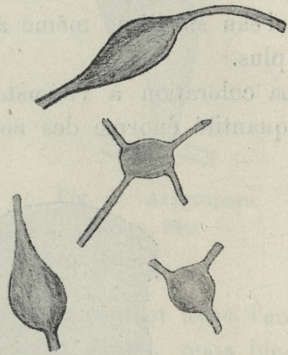


Fig. 10. Renflements de formes différentes, desquels poussent des tiges sporangéphores, ou qui sont sur des tiges. Gross. 85.

milieu de culture et pénètre dans son intérieur, en formant des stolons faiblement développés. Au milieu du mycélium et sur les stolons il y a des tiges terminées par des sporanges (fig. 9) hautes de 1 à 2 mm, plus rarement de 4 à 5 mm, épaisses de 12 à 28 μ , lisses, avec des membranes épaisses, incolores au début, ensuite d'une couleur ocre pâle ou brune, simples ou se ramifiant, leurs ramifications sont terminées par des sporanges. Les tiges sont souvent renflées dans un point quelconque ou elles poussent d'un renflement

(fig. 9 a) sur le mycélium, de même que *Mucor Cambodja* (4) et *Spinellus fusiger* (15). Les renflements (fig. 10) sont ovales ou arrondis, allongés d'un seul ou de deux côtés, larges de 28 à 50 μ , hauts de 50 à 100 μ . A la base des tiges sporangéphores les rhizoïdes, s'il y en a, sont faiblement développés (fig. 9 b), ne se ramifiant pas toujours; leur largeur est de 6 à 8 μ . Les tiges passent peu à peu en columelles de grandeur variable, ayant la même forme, que celle de *Rh. nigricans*, larges de 60 à 80 μ en moyenne, hautes de 60 à 120 μ ; lorsqu'elles ont perdu leur eau elles se renversent

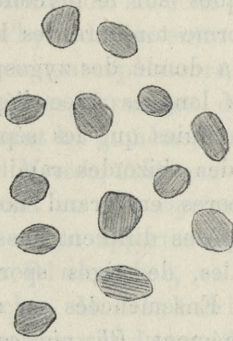


Fig. 11. Spores. Gross. 800.

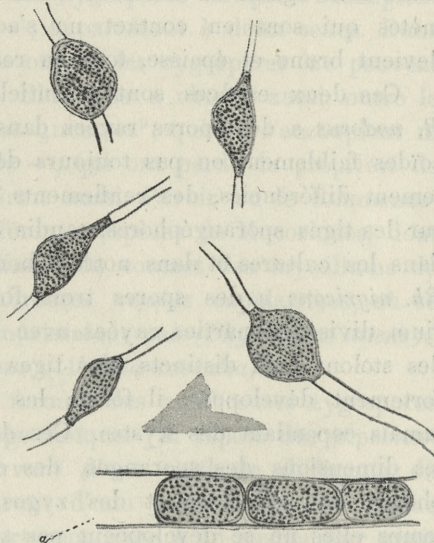


Fig. 12. Kystes dans la tige sporangé-
phore(a) et dans le mycélium Gross. 425.

comme un chapeau de champignon, d'une teinte ocre pâle. Les sporanges hémisphériques d'un diamètre de 110 à 200 μ , couverts d'aiguilles d'oxalate de chaux, contiennent un grand nombre de spores (fig. 11) arrondies, ayant quelques bouts émoussés, plus longues que larges, à l'exosporium épais, rayé dans le sens du méridien; les spores sont d'une teinte grise pâle, longues de 6 à 9 μ , larges de 4 à 6 μ . Semées dans une goutte de sucre de canne elles forment déjà après 24 heures ou le 3-ième jour des kystes (fig. 12) avec une membrane incolore, épaisse et un protoplasme granuleux, d'un diamètre de 16 à 32 μ , arrondis, disposés loin l'un de l'autre.

Les mêmes kystes, seulement plus grands; apparaissent dans des vieilles cultures sur le pain et la gélose; ils se forment même au milieu des tiges sporangéphores (fig. 12 a), par quoi ils diffèrent de *Mucor Cambodja*. M. le Prof. E. de Janczewski a trouvé sur le pain doux des zygosporos, d'un diamètre de 120 à 140 μ en moyenne, de 180 μ au maximum. Elles sont rondes, ovales ou même sans une forme définie, si un des gamètes ne se développe pas ou presque. d'une teinte brune foncée avec un épisporium épais couvert des verrues coniques, comme chez *Rh. nigricans*. Les suspenseurs sont égaux ou différent de forme et de grandeur; si les gamètes qui sont en contact ne s'accouplent pas, leur membrane devient brune et épaisse, tout en restant lisse.

Ces deux espèces sont essentiellement différentes. Tandis que *R. nodosus* a des spores rayées dans le sens du méridien, des rhizoïdes faiblement ou pas toujours développés, des stolons incomplètement différenciés, des renflements sphériques sur le mycélium et sur les tiges sporangéphores, tandis qu'il forme toujours des kystes dans les cultures et dans notre laboratoire a donné des zygosporos; *Rh. nigricans* a des spores trois fois plus longues avec l'épisporium divisé en parties rayées avec bandes unies qui les séparent, des stolons bien distincts, des tiges avec des rhizoïdes ramifiés et fortement développés, il forme les zygosporos en grand nombre, jamais cependant des kystes. Ces deux espèces diffèrent aussi par les dimensions des sporanges, des columelles, des tiges sporangéphores, des rhizoïdes et des zygosporos. Ensemencées en même temps elles ne se développent pas simultanément: *Rh. nigricans* se développe le premier, quelques heures plus tard germe et croît *Rh. nodosus*. Dans une goutte d'une faible solution de sucre de canne *R. nigricans* donne des sporanges à quelques spores seulement, à une columelle atrophiée, tandis que *Rh. nodosus* forme des kystes, mais jamais de sporanges. Cette courte caractéristique suffit pour différencier ces deux espèces.

II.

La reproduction sexuelle des Mucorinées était depuis longtemps l'objet de beaucoup d'expériences, qui la comparaient avec la reproduction asexuelle. Jusqu'à ce temps tous les savants tantôt admettaient, que les conditions de la reproduction sexuelle nous sont inconnues (Brefeld (3)), tantôt les cherchaient dans le milieu ex-

térieur (de Bary (1), van Tieghem (13 et 14), Klebs (8 et 9), Falck (7)); A. Blakeslee (2) les attribue à l'organisation interne, en affirmant qu'il y a deux Mucorinées: les unes hermaphrodites et monoïques, „homothalliques“ (p. ex. *Sporodinia grandis*, *Spinellus fusiger*, *Zygorhynchus Moelleri*, *Dicranophora* sp.) qui après l'ensemencement d'une seule spore donnent des zygospores, la copulation donc des filaments se produit dans les limites d'un seul individu hermaphrodite; les autres dioïques, au mycélium unisexué, „hétérothalliques“ (p. ex. *Rhizopus nigricans*, *Mucor Mucedo*, *Phycomyces nitens*, *Absidia caerulea*) donnent des zygospores lorsque s'accouplent deux individus, l'un + l'autre —, appartenant à deux sexes. Dans ce groupe d'une spore, étant + ou —, les zygospores ne peuvent se former sur le mycélium. M. Blakeslee a obtenu aussi, outre le mycélium + ou —, des individus „neutres“, qui ne s'accouplent ni avec la culture +, ni avec celle —, qui ont perdu la propriété de la reproduction sexuelle. Il affirme aussi d'avoir vu le commencement d'hybridation entre des différentes espèces de Mucorinées, dont les filaments copulateurs, à la limite du contact des mycéliums de deux sortes, formaient des nombreuses vessies copulatrices, où se séparaient les gamètes, mais ne mûrissaient pas (*Phycomyces nitens* × *Mucor Mucedo*, *Rhizopus nigricans* × *Absidia caerulea*).

Ayant un *Rh. nigricans* qui formait des nombreuses zygospores et qui aurait appartenu au groupe dioïque, j'ai répété des expériences de Blakeslee, en me servant d'une méthode différente de recherches. M. Blakeslee parlait d'une jeune zygospore fendue dont une partie de mycélium correspondante à un suspenseur avait un signe, tandis que l'autre partie avait un signe contraire; quant à moi, je parlais soit d'un sporange, qui d'après M. Blakeslee devait contenir des spores du même signe, soit d'une spore unique, et c'est de la manière suivante. Je broyais les sporanges dans un tube à essai plein d'eau; le mélange bien fait, j'en jetais les $\frac{2}{3}$ et je remplissais de nouveau le tube avec de l'eau pure; quelques gouttes de ce mélange étaient agitées avec la gélose ou la gélatine et coulées dans les boîtes de Petri. Une fois le mycélium paru des spores, je les enlevais une à une sous le microscope (avec la gélose ou la gélatine qui les entourait) et les transportais sur des milieux de culture préalablement préparés. Quelques cultures, désignées comme provenant d'une spore, ont été faites d'un court rameau coupé du mycélium (qui était donc + ou —), lequel se cicatrisait

facilement et d'habitude se développait bien ensuite. Les résultats des cultures je donne d'après les notes, que j'ai faites.

A. Cultures d'un sporange sur la mie de pain imbibée d'eau, dans des vases fermés, d'un diamètre de 6 cm, hauts de 2 cm., qui étaient garnis du papier buvard humide et mis sous une cloche.

Nombre de cultures	Le résultat	Nombre de cultures	Le résultat
1	Sporanges et zygosporos	11	Sporanges et zygosporos
2	" " "	12	" " "
3	" " "	13	" " "
4	" " "	14	" " "
5	" " "	15	" " "
6	" " "	16	" " "
7	" " "	17	" " "
8	" " "	18	" " "
9	" " "	19	" " "
10	" " "		

B. Cultures provenant d'une spore, c'est-à-dire qu'une seule spore a étéensemencée dans chaque culture.

Voir table p. 687.

Les résultats de mes cultures sont contraires à ceux, qu'a obtenu M. Blakeslee. Conformément au principe que sur le mycélium + se forment seulement les sporanges +, et sur le mycélium — les sporanges — seulement, principe qui découle logiquement des recherches de M. Blakeslee, on a fait 19 cultures d'un seul sporange et on a obtenu, contrairement à la théorie dioïque, des zygosporos dans toutes ces cultures. Puisque est possible la supposition de la présence des spores + et — dans le sporange, qui pousse sur le mycélium d'un signe, on a fait une série de cultures d'une spore; dans chacune donc était un individu. Sur 40 cultures on a obtenu 14 fois des zygosporos, 13 fois des nombreux sporanges, et 13 fois le mycélium seul. Ces 13 cultures, dans lesquelles le mycélium n'a pas fructifié à cause de son développement maladif, je ne prend pas en considération; il ne reste donc qu'à définir les causes pourquoi 13 cultures n'ont donné que des sporanges. Comme M. Klebs a démontré pour *Sporodinia grandis* et M. Blakeslee pour *R. nigricans* des sporanges se forment dans l'air sec, et les zygosporos

Nombre de cultures	Les résultats	Nombre de cultures	Les résultats
1. Sur la poire	Sporanges et zygosporos	25. Pain bis dans un verre	Sporanges Mycélium faiblement développé
2. " "	" "	26. " " " "	" "
3. Pain enfermé	" "	27. " " " "	" "
4. Pain dans un tube à essai	Sporanges	28. " " " "	" "
5. Pain bis enfermé	Sporanges et zygosporos	29. Pain doux	" "
6. " " "	" "	30. " " "	Sporanges et zygosporos
7. " " "	" "	31. " " "	Mycélium faiblement développé
8. " " "	Sporanges	32. " " "	Culture détruite par des bactéries
9. Pain bis dans un verre	" "	33. " " "	" "
10. " " "	" "	34. Pain bis enfermé	Sporanges et zygosporos
11. " " "	" "	35. " " "	" "
12. " " "	" "	36. " " "	" "
13. " " "	Mycélium faiblement développé	37. " " "	Culture détruite par des bactéries
14. " " "	" "	38. " " "	" "
15. " " "	" "	39. " " "	" "
16. " " "	" "	40. Pain imbibé d'une sol, à 4% de sucre de raisin	" "
17. " " "	" "	41. detto	Sporanges et zygosporos
18. " " "	" "	42. detto	" "
19. " " "	Sporanges	43. detto	" "
20. " " "	Mycélium faiblement développé	44. detto	" "
21. " " "	" "	45. Pain imbibé d'extrait de prunes	" "
22. " " "	" "	46. detto	Sporanges
23. " " "	" "		" "
24. " " "	Sporanges		" "

dans l'humidité, c'est pourquoi dans l'atmosphère saturée de vapeur d'eau de dessous le couvercle sortent les sporanges et se dirigent vers l'air sec, tandis que dans l'intérieur des vases se forment les zygospores. Les expériences ont confirmé que dans ces 13 cas négatifs la cause de l'absence de zygospores et de la présence de nombreux sporanges était la sécheresse de l'air. Le tube à essai (cult. Nr. 4) était bouché avec un tampon de ouate; la culture Nr. 8 n'était pas hermétiquement close, et le vase n'était pas garni du papier buvard; toutes les deux donc perdaient l'eau, et l'air sec suffisait seulement à former des sporanges. On a fait des nouvelles cultures de la masse de spores de chacune de ces deux relativement négatives, mais dans l'atmosphère humide, contrairement à l'opinion de M. Blakeslee, on a obtenu alors de zygospores, bien que ce fût la deuxième génération d'une spore; mais elles ne représentaient qu'un sexe, c'est pourquoi elles ne devaient pas s'accoupler. Les cultures Nr. 9—28 ont été faites dans des hauts vases fermés d'un bouchon, avec une couche du pain mouillé au fond; il était impossible d'y maintenir l'air saturé de l'humidité contenue dans le pain recouvrant le fond des vases, vu leur capacité relativement grande. Dans les cultures Nr. 45 et 46, sur la mie de pain imbibée d'un peu d'extrait de prunes et d'une solution à 3% de sucre de raisin, on n'a pas obtenu de zygospores, à cause de la sécheresse relative du milieu de culture et, paraît-il, de la réaction fortement acide de l'extrait.

L'obtention des zygospores dans les cultures provenant d'un sporange ou d'une spore parle contre les découvertes de M. Blakeslee. Si même l'existence du groupe „hétérothallique“ de Mucorinées allait être maintenue. *R. nigricans* devrait en être exclu. La cause de l'absence de zygospores ne se trouvait pas dans l'organisation interne, dioïque, du champignon, mais dans les conditions extérieures défavorables qui ne pouvaient suffire qu'à la formation des sporanges. Sur les cultures faites d'une manière et sur un milieu qui ne convient pas, on ne peut obtenir rien, sauf les sporanges, même d'une masse de spores prises dans plusieurs cultures qui donnent des zygospores. Pour constater l'hybridation des Mucorinées, qui a été observée pour la première fois par M. Blakeslee, on ensemençait ensemble côte à côte *Rh. nigricans*, *Rh. nodosus*, *Pilaira anomala* Schröt., *Mucor racemosus* Fres., *Phycomyces nitens* Kunze. La copulation des espèces n'a point eu lieu, mais pour les Mucori-

nées elle paraît superflue parce que la facilité de reproduction asexuelle leur suffit pour conservation de l'espèce et elles n'ont pas besoin de recourir à une hybridation sans résultats.

III.

D'après mes observations le mode de reproduction de *Rh. nigricans* semble dépendre de la qualité du milieu de culture et de la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air. Les sporanges se développent sur chaque milieu fluide ou solide, si seulement celui-ci rend possible le développement, quelle que soit sa composition chimique. J'obtenais les zygosporos sur la mie de pain imbibée d'une solution à 3%—4% de sucre de raisin, sur des tranches de poire, rarement sur la gélose (dont la composition j'ai donné plus haut). Jamais il n'y avait de zygosporos sur le bouillon, l'eau peptonisée, la viande, les pommes de terre, sur la solution de sucre de canne, la gélatine et la gélose au bouillon ou au moût de bière. Lorsque l'air dans la culture est saturé d'humidité, les zygosporos se forment au milieu du vase et les sporanges à la périphérie, se dirigeant vers l'air sec. Lorsque l'air dans la culture est sec, les sporanges couvrent uniformément tout le substratum; si la quantité de l'eau contenue dans le milieu de culture forme au-dessus de la surface du substratum une couche humide, qui suffit pour former des zygosporos, dans ce cas elles se forment sur la surface et au fond du substratum où il y a le plus d'humidité. L'air saturé de vapeur d'eau n'est favorable pourtant que dans certaines limites à la formation des zygosporos; quand l'air devient sursaturé, tout le développement cesse. Dans deux boîtes de Petri après l'apparition du mycélium on a mis sous le couvercle une feuille humide de papier buvard dont les bords étaient immergés dans l'eau; tout cela a été recouvert d'une cloche garnie du papier buvard mouillé. Pendant 10 jours dans cette atmosphère ni sporanges ni zygosporos n'ont poussé; après le transport de la culture dans l'air sec, au bout de 2 jours une masse de sporanges s'est développée. En réglant donc la saturation de l'air et en employant un milieu convenable de culture, nous pouvons obtenir des sporanges ou des zygosporos à volonté. On n'a pas exécuté ces expériences sur la limite supérieure et inférieure de cette saturation dont dépend le mode de reproduction.

Communément on considère les zygospores comme une forme de fructification qui termine la période de développement des *Mucorinées*. Schröter (12) exprima l'opinion courante en différenciant des spores „welche den Entwicklungsgang eines Pilzes abschliessen (Teleutosporen). Der besonderen Weise ihrer Entstehung nach, werden manche Teleutosporen als Oosporen, beziehungsweise Zygosporen benannt“. Or, on ne peut considérer les zygospores de *Rh. nigricans* comme une sorte des teleutospores, car elles se forment en même temps que les sporanges ou plus tôt et non à la fin de la végétation. Les conclusions générales de mon travail expliquent pour quelle raison on n'apercevait que si rarement les zygospores de *Rhizopus*, parce qu'on ne le cultivait ni dans des conditions ni sur des milieux convenables; la prise en considération d'un seul facteur ne suffisait que pour la formation des sporanges. La dioécie découverte par M. Blakeslee n'existe pas dans le *Rh. nigricans*, qui apparaît comme une preuve négative de l'hétérothallisme; d'autres espèces considérées par lui comme „hétérothalliques“, étant dioïques, se conserveront-elles longtemps, voilà la question. Dans les cultures „neutres“ et marquées d'un signe, il n'y avait pas de zygospores et ce n'était pas à cause de disparition de la sexualité, mais en conséquence des conditions défavorables. Les cultures neutres malgré le mélange avec les cultures + et —, n'ont pas entré en copulation, si les conditions du milieu ne suffisaient que pour former des sporanges; là où M. Blakeslee après le mélange des cultures + et — a obtenu des zygospores, elles se formaient parce que les conditions de leur développement étaient favorables, mais non à cause de la présence des deux sexes. La découverte de l'hybridation des Mucorinées ne s'est pas confirmée non plus. Les conditions dans lesquelles *Rh. nigricans* forme des zygospores ou des sporanges ressemblent à celles qui sont nécessaires à *Sporodinia grandis*, selon M. Klebs. L'influence de la concentration de substratum, ce qui a été étudié par M. Falck, n'est pas exclue, mais elle n'était pas le sujet des expériences spéciales.

J'ai exécuté ce travail au laboratoire botanique de M. le Prof. E. de Janczewski; je profitais aussi des ressources de l'Institut de Chimie Agricole et de l'Institut bactériologique. Je tiens pour un aimable devoir d'adresser les plus vifs remerciements à M. le Prof. E. de Janczewski pour ses conseils éclairés, qu'il ne m'a pas ménagés pendant mes expériences et à MM. les Prof. E. Godlewski

et J. Nowak pour la permission de profiter des riches ressources scientifiques de leurs laboratoires.

Après avoir terminé ce travail j'ai reçu l'ouvrage de M. Swingle (11) „Formation of the Spores in the Sporangia of *Rhizopus nigricans* and of *Phycomyces nitens*“. La comparaison des dessins se rapportant à *Rh. nigricans*, qui a été étudié par M. Swingle, avec les dessins et les mesures, qui ont été indiqués par moi comme caractéristiques, en a démontré certaines différences. Les spores qu'il a représentées comme appartenant à *Rhizopus nigricans* sont de deux grandeurs: les unes ont de 12μ à 14μ , parmi celles-ci une spore géante de 23μ à 34μ , les autres très petites de 3.08μ à 4.07μ de diamètre. Les premières se rapportent à *R. nigricans*, comme leur grandeur et partiellement le mode des rayures le témoignent, les autres sont tout à fait une autre chose. M. Swingle avait donc une culture impure, c'est pourquoi il y a de telles différences de grandeur des spores; probablement à côté de *Rh. nigricans* poussait une autre espèce de ce genre, avec des spores petites, mais M. Swingle ne l'a pas aperçue. Le fait, que Swingle avait une culture de plusieurs *Rhizopus*, où à côté de *Rh. nigricans* poussait un autre, et qu' à Utrecht *Rh. nodosus* nov. a été identifié avec l'espèce de A. de Bary, nous suggère une hypothèse, qui peut expliquer en partie les résultats des recherches de M. Blakeslee. Probablement il pouvait avoir, lui aussi, dans ses cultures plusieurs espèces de *Rhizopus*, l'une donnant des zygospores, et l'autre qui ne les forme pas. En les isolant il obtenait, si cela a eu lieu en réalité, des cultures pures non de sexes, mais des espèces, les unes, *Rh. nigricans*, donnaient des zygospores, tandis que les autres *Rhizopus*, d'une espèce inconnue, ne formaient pas des zygospores, mais des sporanges.

Institut de Botanique de l'Université Jagellonne à Cracovie.

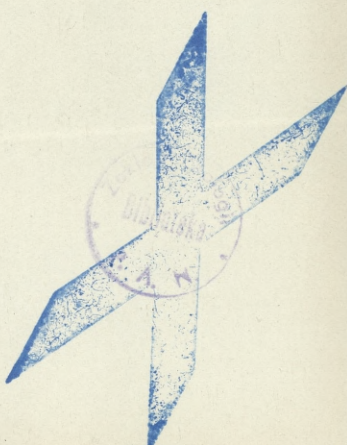
Bibliographie.

- 1) A. de Bary u. M. Woronin: Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Pilze. Frankfurt 1864—1870.
- 2) A. F. Blakeslee: Sexual reproduction in the Mucorineae. Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences. Vol. XL. 1904. Contributions from the Cryptogamie Laboratory of Harvard University.
- 3) O. Brefeld: Ueber copulirende Pilze. Sitzbeh. d. Gslft. Berlin 1875.

- 4) Tadeusz Chrząszcz: Die „chinesische Hefe“. Centralblatt für Bakteriologie. Zweite Abteilung. Bd. VII. 1901.
- 5) A. Dangeard et M. Leger: La reproduction sexuelle des Mucorinées. Compt. rend. de l'Académ. des sciences de Paris. 1894.
- 6) E. Eidam: Ueber *Rhizopus nigricans* und *Rhizopus elegans*. Jbcht. schles. Gsclft. f. vat. Kult. 1883.
- 7) Falck Rich: Die Bedingungen und die Bedeutung der Zygotenbildung bei *Sporodinia grandis*. Cohns Beiträge zur Biologie der Pflanzen. VIII. Breslau. 1901.
8. G. Klebs: Zur Physiologie der Fortpflanzung einiger Pilze. Jahrbücher für wissenschaft. Botanik. Bd. XXIII. 1898.
- 9) G. Klebs: Ueber *Sporodinia grandis*. Botanische Zeitung. Nr. 12. 13. 1902.
- 10) M. Raciborski: Studya mykologiczne. Rozpr. Akad. Umiej. Kraków. 1899. T. XIV.
- 11) D. B. Swingle: Formation of the spores in the Sporangia of *Rhizopus nigricans* and of *Phycomyces nitens*: U. S. Department of Agriculture. Washington. 1903.
- 12) J. Schröter in Engler u. Prantls natürlichen Pflanzenfamilien. Leipzig. 1897. I. Teil. Abt. 1.
- 13) Ph. Van Tieghem: Sur les *Absidia*, genre nouveau de la famille des Mucorinées. Bulletin de la Société botan. de France. 1876.
- 14) Ph. Van Tieghem: Observations au sujet d'un travail de M. Brefeld sur les Mucorinées et en particulier sur les *Pilobolus*. Bulletin de la Société botan. de France.
- 15) Ph. Van Tieghem: Nouvelles recherches sur les Mucorinées. Annales des Sciences nat. VI. 1875.
- 16) P. Vuillemin: Recherches morphologiques et morphogéniques sur la membrane des zygosporos. Nancy. 1904. Extrait du Bulletin mensuel des séances de la Société des Sciences de Nancy.

Explication de la planche.

- I a) Mode de réunion des filaments copulateurs; b) la séparation des gamètes. Gross. 75.
- II a) Zygospore nouvellement formée; b) zygospore déformée à cause d'un faible développement d'un gamète; c) azygospore. Gross. 110.
- III. Vue d'un groupe de zygosporos. Gross. 25.
- IV a₁) a₂) Gamètes, qui ne se sont pas accouplés; b) zygospore déformée; c) zygospore. Gross. 71.



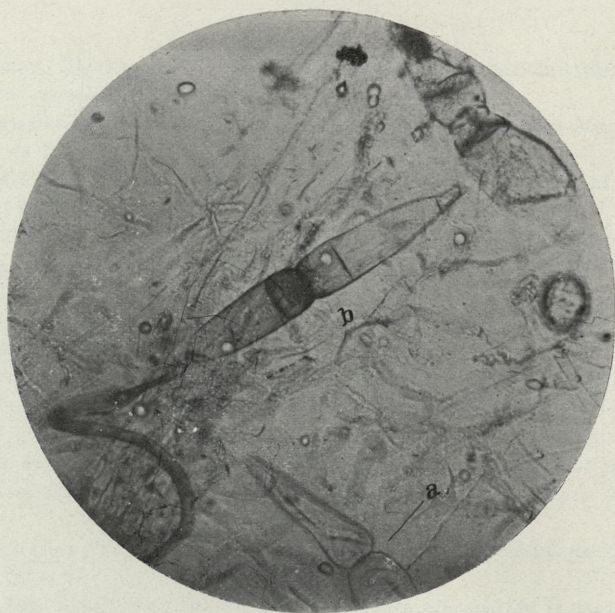


Fig. 1.

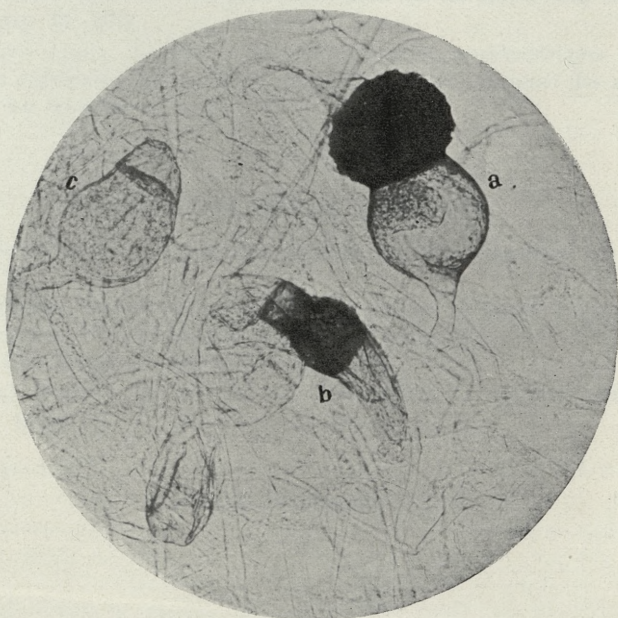


Fig. 2.

B. Namysłowski.

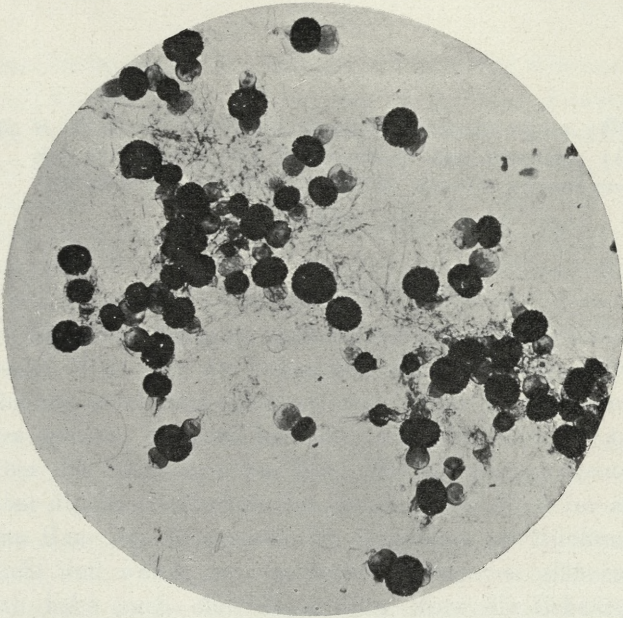


Fig. 3.

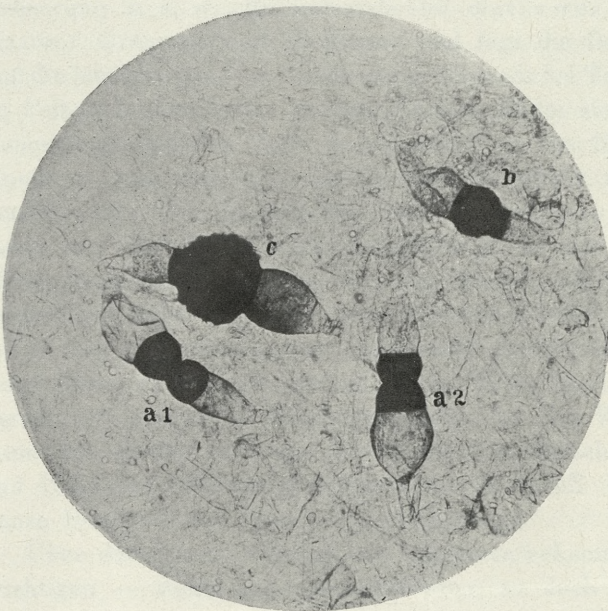


Fig. 4.

DRUKARNIA UNIWERSYTETU JAGIELLOŃSKIEGO W KRAKOWIE.



43. M. JEAN ROSTAFIŃSKI. *Rasa a owłosienie bydła. (Über den Einfluß der Rasse auf die Behaarung des Rindes). (De l'influence de la race sur le système pileux du bétail).* Mémoire présenté par M. H. Hoyer m. c.

(Planches XXII, XXIII, XXIV, XXV).

Einleitung.

Die Menschenhaare sind heutzutage allseitig und gründlich bearbeitet. Was aber die Behaarung des Rindes anbetrifft, ist auf diesem Gebiete noch fast alles zu tun, wenn es sich um die Behaarung des ganzen Körpers handelt. So gibt es z. B. spezielle Studien über die Spürhaare des Mauls, ferner nur zerstreute Bemerkungen über die Beschaffenheit des Haares beim Rind im allgemeinen, daß das Haar bei Mastrassen im Gegensatz zu Milchrassen matt, nicht dicht und weich, bei den letzteren dagegen glänzend und steif ist. Ich habe auch eine Bemerkung über die Behaarung des ganzen Körpers beim Rind in Waldeyer's Atlas gefunden (55. S. 128, 143, 177; Tafel V. Fig. 51, 52). Der Verfasser gibt Abbildungen von zwei Mark-Haarstücken in der Mitte der Haarläufe und handelt dabei von der Verschiedenartigkeit der Rinderrassen, von der Farbe ihrer Behaarung u. s. w. Er unterscheidet dort zwei Gattungen von Haaren: Grannen- und Wollhaare und fügt die Bemerkung hinzu, daß die letzteren bei dem Rinde steifer seien als bei Tieren, deren Felle zu Pelzwerk verarbeitet werden. Endlich findet sich hier noch die Bemerkung, daß das Mark den dritten Teil des Haardurchmessers einnimmt, und daß „... das feinere Unterhaar mancher Rassen marklos ist. Die Querschnitte von Rinderhaaren sind nahe der Basis und der Spitze mehr kreisförmig, in der Mitte, wo der Markzylinder am stärksten ist, abgeplattet“. Daraus erhellt, daß seine Untersuchungen, oder was wahrscheinlicher ist, die Studien, auf die er sich stützte, nur gelegentlich durchgeführt wurden, da seine letzte, auf die Abplattung in der Mitte der Länge „des Rinderhaares“ bezügliche Behauptung nur für die Wollhaare gelten kann. Ich glaube auch aus dem Texte klar entnehmen zu können, daß Waldeyer hier nur die Grannenhaare meint. Übrigens ist die ganze Beschreibung kaum einige Sätze lang.

Über das Klima, welches wie allgemein bekannt, einen überaus wichtigen — wenn nicht unmittelbaren, so doch gewiß mittelba-

ren — Einfluß auf die Dicke der Haut und auf die Beschaffenheit und Dichtigkeit der Haare hat, handelt vielleicht am ausführlichsten G. Schwalbe in seinem monumentalen Werke „Über den Farbenwechsel winterweißer Tiere“ (Putorius erminea), in welchem er — der allgemeinen Annahme entgegen — nachgewiesen hat, daß das Winterhaar in der Tat nicht dichter als das Sommerkleid ist, sondern daß das im Herbst nachwachsende Haar dicker ist, und daß auf diese Eigenschaft die irrümliche Meinung von einer größeren Dichtigkeit des Witterhaars zurückzuführen ist (47. S. 511, 552). Bonnet (4. S. 424) erwähnt zwar, daß beim Pferd im Herbst viel Wollhaar nachwächst, er fügt aber gleichzeitig hinzu, daß dabei auch „eine Menge alter Haare ausfällt und durch neue ersetzt wird“. Daraus ist ersichtlich, daß die größte Dichtigkeit des Pelzes in die Übergangsperiode d. h. von der ausfallenden Sommerbehaarung mit der von neuem anwachsenden Witterbehaarung zusammenfällt, also z. B. in den Herbst.

Wenn jemand also die Behaarung des Rindes ausführlich bearbeiten wollte, so müßte er sie in den vier Jahreszeiten untersuchen, was indessen mit verschiedenen Schwierigkeiten verbunden ist. Zur Untersuchung der Haut und der Haare muß man selber das Vieh vor der Schlachtung sehen, denn um sich von der Reinheit der Rasse, dem Geschlecht und dem Alter zu überzeugen, ist man gerade gezwungen, — wie ich es getan habe — selbst nach dem Schlachtorte zu fahren. Eine weitere Schwierigkeit liegt darin, daß es sehr schwer fällt, Untersuchungsmaterial von einem Individuum reiner Rasse zu bekommen, da Zuchtvieh sehr selten geschlachtet wird und doch nur solches sich zu Untersuchungen eignet. Auch die damit verbundenen Kosten sind beträchtlich, denn durch Ausschneiden kleiner Hautstücke verlieren die Häute ihren Handelswert, so daß der Käufer fast für die ganze Haut zahlen muß. Deswegen habe ich mich entschlossen, in dieser Arbeit das Winterhaar, also nur eine Generation der Rindshaare zu untersuchen.

Dabei handelte es sich auch um die Auswahl der Rassen, welche die größten Unterschiede in ihrer Abstammung bieten könnten, um die wichtigsten Unterschiede in Bau und Gattung der Haare finden zu können. Gleichzeitig mit der Auswahl der Rassen mußte ich das Klima berücksichtigen, welches einen so großen Einfluß auf die Haut und die Haare ausübt. Es finden sich in vielen Studien und Arbeiten über die Haare Erwähnungen und zum Teil auch

ganze Abhandlungen über den Einfluß des Klimas auf die Haare. Aber meistens handelt es sich um Farbe (Anwesenheit, Gattung und Stärke des Pigmentes) z. B. bei Pfaff (40. S. 23, 41), Reissner (41. S. 5), Schwalbe (47. S. 547, 551, 552) u. v. a., oder mittelbar um Stärke der Behaarung.

In der Auswahl der Rassen richtete ich mich nach den größten Unterschieden der Abstammung und deshalb erschienen mir zwei Rassen als besonders geeignetes Vergleichungsmaterial und zwar: das polnische Rotvieh und das ungarische Steppenvieh. Das letztgenannte stammt vom Urochs, *Bos taurus primigenius* v. *priscus* ab; hingegen soll das polnische Rotvieh, welches der *Brachyceros*-rasse zugezählt wird, von dem Vieh der schweizerischen Pfahlbauten abstammen, und als Urstamm bezeichnet Adametz das Exemplar, dessen Schädel in Krzeszowice bei Krakau beim Brunnengraben gefunden und von ihm als *Bos taurus europaeus* (Adametz) benannt wurde. Also nach der allgemein angenommenen Klassifikation ist die Abstammung dieser zwei Rassen sehr entfernt. Ferner konnte man erwarten, daß der große Unterschied des Klimas, in welchem diese Rassen leben, in der Behaarung besonders auffällig zum Ausdruck kommen wird. Endlich ist die Haarfärbung dieser beiden Rassen ganz verschieden.

Bei dem polnischen Rotvieh findet man besonders häufig rotbraune Haarfärbung, die in verschiedenen Tonarten von Sommerfarbe bis Dunkel- oder Schwärzlichbraun vorkommt¹⁾; der Aalstrich dieses Viehes und die Schwanzspitze sind meistens dunkel, ferner auch die Füße, die Innenfläche der Ohren und die Augenbrauen. Das Rehmaul ist verschieden: teils hell, teils dunkel gefärbt, und damit hängt auch die helle oder dunkle Färbung des Aalstriches und der Schwanzspitze zusammen. Hingegen ist das ungarische Steppenvieh grauweiß, d. h. das Haar dieser Rasse scheint nicht pigmentiert zu sein; indessen ist das nicht der Fall, da das Pigment nur in den Albinohaaren fehlt. Der Aalstrich, die Schwanzspitze, die Füße und das Rehmaul finden wir bei diesem Vieh stark schwarz pigmentiert.

Hautstücke des polnischen Rotviehs habe ich selbst von Kęty (Westgalizien), wohin ich einigemal gefahren war, mitgebracht; von dem ungarischen Steppenvieh sind mir Stücke aus Südungarn

¹⁾ Adametz: Studien über das polnische Rotvieh. S. 21.

(Peterwardein) in 2% Formalin von Oberleutnant Stanislaus von Starzewski zugesandt worden, wofür ich Ihm meinen besten Dank hier ausspreche. Von den beiden Rassen hatte ich je 3 Exemplare, und die Hautstücke stammten nur von 4—7 Jahre alten Kühen.

Die Haaruntersuchungen in der ersten Hälfte des XIX. Jahrh. können am kürzesten folgenderweise zusammengefaßt werden: Heusinger 1822 (die Haare der Neger), Weber 1826 (gewelltes Haar hat elliptischen Querschnitt), Henle 1843 (ungefähr dasselbe), Brown 1853 (beschreibt in den Arbeiten Schoolefart's die Querschnitte der Menschenhaare aller Rassen), Kölliker 1855 (die Haare drehen sich immer nach der Flachseite), Pruner-Bey 1863/4 gibt Zeichnungen der Querschnitte der menschlichen Haare und fügt hinzu: „wenn ein Haar für eine Rasse typisch ist, so genügt es, um sie zu charakterisieren“.

Bevor ich jetzt zur Beschreibung der Haare an verschiedenen Körperteilen des Rindes übergehe, muß ich in wenigen Worten eine allgemeine, nicht histologische, sondern nur morphologische Beschreibung vorausschicken. So unterscheiden wir das gewöhnlich so genannte „eigentliche Haar“ d. h. dasjenige, welches man immer vor Augen hat und welches die Farbe des Pelzes bestimmt, das Grannenhaar, ferner das dichte und (nicht immer) weiche Unterhaar, welches keinen Einfluß auf die allgemeine Farbe hat, da es von Grannenhaaren bedeckt ist: das Flaum- oder Wollhaar, lanugo. Wo diese Haare noch Mark besitzen, werde ich die Grannen- oder Wollhaare als Mark-Grannen- und Mark-Wollhaare bezeichnen.

Diese beiden Haararten kommen als wachsende, Papillenhaare, oder als ausfallende, Kolbenhaare vor.

Zu speziell modifizierten Haaren gehören die Sinus-Spür-Tasthaare, die sich nur am Maul vorfinden, die dunklen inneren Ohrhaare, die Haare des Aalstriches, der Schwanzspitze und der Augenbrauen.

Nach dieser Einleitung gehe ich zur speziellen Beschreibung der Haare über, mit Angabe der Technik, deren ich mich in dieser Arbeit bedient habe.

Technik.

Die Technik, deren ich mich bediente, war zweifach: Mazeration und Anfertigung von Zelloidin-Präparaten. Mazeration nach G. Schwalbe (l. c. S. 512) verwendete ich beim Absondern einzelner Haare und zwar auf diese Weise, daß durch Einlegen einzelner behaarter Hautstücke (deren Gefläche beinahe 0·5 cm betrug) in Glycerin mit 25% Kohlensäure (Schwalbe empfiehlt für die feinere Haut des Putorius nur 2—15%) nach 24 Stunden in der Temperatur von 57° C das Hautgewebe ganz gelockert wurde. Das mazerierte Material übertrug ich in reines Glycerin; hierauf wurden die einzelnen Haare mit Hilfe von zwei Nadeln und des Vergrößerungsglases gesondert und in einem Tropfen Glycerin untersucht. Zum Zeichnen bediente ich mich des Reichert'schen Zeichenapparates, welcher mir von Prof. Dr. Maziarski gütigst geliehen wurde.

Die Querschnitte für die Untersuchung der Gruppenbildung der Haare wurden horizontal geführt, die zur Bestimmung der Dicke der Hautschichten vertikal. Dazu fertigte ich nach der allgemein bekannten Methode Zelloidinpräparate an, welche mit van Gissons Methode gefärbt wurden. Die Dicke der Schnitte betrug 8—10 μ .

A. Maul.

(Tafel XXII, Fig. 1—15).

Ich untersuchte hier speziell nur das s. g. Rehmaul. Die Spürhaare des polnischen Rotviehs wie auch des ungarischen Steppenviehs sind alle ohne Ausnahme wachsende, im Übergangsstadium zu Kolbenhaaren begriffene Papillenhaare. Während aber das ungarische Steppenvieh ein so stark pigmentiertes Haar besitzt, daß man außer den äußeren Rändern des Haares bei der mikroskopischen Untersuchung nichts sieht (Fig. 9, 10), so können wir bei dem polnischen Rotvieh ganz deutlich in der Haarmitte die Papille und den Blutkanal mit geronnenem Blute unterscheiden; dies ist möglich wegen der Anwesenheit der Papille, die in das Haar eindringt (Fig. 2). Die Spitze dieser Haare ist bei den zwei Rassen stumpf, abgerundet. Der Lauf der Haare ist ganz gerade; sie sind steif und stehen senkrecht gegen die Haut. Über diese Haare handelt Garzia (17), Kölliker (26. S. 224) und Schwalbe (47. S. 527, 537), und der letztgenannte Forscher schreibt ihnen wegen ihrer komplizierten Funktion eine längere Lebensdauer als anderen Haaren zu.

Die Mark-Grannenhaare haben einen sich bis an das Ende normal

verschmälenden Verlauf, aber bei dem polnischen Rotvieh sind es Kolben- (Fig. 4, 5), und bei dem ungarischen Steppenvieh Papillenhaare mit stark schwarz pigmentierter Papille (Fig. 11).

Die Wollhaare sind sehr charakteristisch und müssen als spindelförmig bezeichnet werden. Bei beiden Rassen sind es Kolbenwurzelhaare mit Marksubstanz; gleich über der Haut werden sie breiter und gleichzeitig beginnt an dieser Stelle auch das Mark, welches fast bis zu der Haarspitze reicht, jedoch schon gegen die Spitze nur in kleine Stücke durchbrochen und ungleichmäßig ist. Diese Verbreiterung ist bei dem polnischen Rotvieh gleichsam unvermittelt und größer als bei dem ungarischen Steppenvieh, dessen im allgemeinen schwach pigmentiertes Haar auch farblos ist (Tafel XXII. Fig. 6, 7, 8, 13, 14, 15). Wie sich daraus klar ergibt, habe ich hier keine prinzipiellen Unterscheidungsmerkmale zwischen diesen beiden Rassen gefunden.

B. Stirn.

(Tafel XXII. Fig. 16—29).

Die Mark-Grannenhaare sind hier bei beiden Rassen für die Stirnregion so typisch, daß man meiner Meinung nach seine Herkunft sofort erkennt. Es sind Papillenhaare, deren Papille bei dem ungarischen Steppenvieh stark schwarz pigmentiert und dessen Mark in dem unter der Haut befindlichen Teil bei beiden Rassen ebenfalls sehr stark pigmentiert ist, so daß es das Aussehen eines fast schwarzen Stieles hat; das beginnt und endet plötzlich. Dagegen ist der weitere Verlauf und die Pigmentierung des Markes normal, d. h. das Mark ist dunkler als die anliegenden Schichten und endet gegen die Haarspitze ungleichmäßig durchbrochen.

Außerdem fand ich bei beiden Rassen Kolbenaare, die ich wegen ihrer Größe auch als Grannenhaare betrachten muß (Fig. 21, 22, 25, 26). Diese Haare haben normales Mark: es beginnt bei der Haarpapille und endet erst an der Haarspitze in ähnlicher Weise, wie oben beschrieben wurde.

An dieser Körperstelle habe ich bei beiden Rassen viele wachsende Haare gefunden, die noch in der Haut stecken wie dies auf Fig. 25, 26 zu sehen ist.

Die Wollhaare sind bei dem polnischen Rotvieh sehr fein, mark- und kolbenartig und verschmälern sich allmählich gegen das Haarende; sie sind schwach bogenartig gekrümmt. Bei dem ungarischen

Steppenvieh finden wir diese Wollhaare ein wenig steifer und stärker gekrümmt, sonst aber denen des polnischen Rotviehs gleich.

C. Rücken mit dem Aalstrich.

(Tafel XXIII. Fig. 30—45).

Vor allem müssen wir hier noch eine Haargattung unterscheiden, und zwar die Haare des Aalstriches. Wir finden sie bei den beiden Rassen ganz verschieden und zwar sind sie bei dem polnischen Rotvieh sehr dünn, wellenartig gedreht aber nicht in einer Fläche, sondern um die Achse; es sind Mark-Kolbenhaare und diese verschmälern sich bis gegen die Spitze normal. Bei dem ungarischen Steppenvieh sind diese Haare viel steifer aber auch nur stark bogenartig gekrümmt mit tief-schwarzer Pigmentierung ungefähr bis zur Hälfte des Verlaufes, mit heller, scheinbar geknickter Spitze (Fig. 41). Das Mark ist bei ihnen von der Papille an bis zu der Haarspitze sichtbar.

In der Beschaffenheit der Grannenhaare finden wir folgende Unterschiede: bei dem polnischen Rotvieh finden wir Mark-Papillenhaare, die den Grannenhaaren des polnischen Rotviehs von der Stirne sehr ähnlich sind, sich aber von ihnen stark durch ihre Ausmessungen unterscheiden, wie es am deutlichsten aus der Tabelle auf S. 704 zu ersehen ist. Dieses Haar ist beim ungarischen Steppenvieh Kolbenhaar, mit dunklem, aber nicht stark hervortretendem Mark (Fig. 34, 35, 36, 42).

Die Mark-Wollhaare sind bei beiden Rassen sehr fein, sichelartig gekrümmt, aber bei dem polnischen Rotvieh ist die Krümmung noch stärker und dazu gesellt sich noch die spindelförmige Ausdehnung.

Wir finden also hier spezielle Unterscheidungsmerkmale sowohl in den Haaren des Aalstriches wie auch in den Grannen- und Wollhaaren.

D. Bauch.

(Tafel XXIII. Fig. 46—63).

Bei beiden Rassen finden wir an dieser Körperstelle Grannenhaare von gleicher Beschaffenheit: teils sind es wachsende Papillen- und teils ausfallende Kolbenhaare. Bei dem polnischen Rotvieh ist die Pigmentierung deutlich, bei dem ungarischen Steppenvieh sind diese Haare grauweiß (farblos) und stark bogenartig gekrümmt.

Das Mark ist, was den Haardurchmesser anbetrifft, sehr schmal, wie wir es bisjetzt nirgends gefunden haben. Die Wollhaare sind bei dem polnischen Rotvieh nur Kolben-, dagegen bei dem ungarischen Steppenvieh nur Papillenhaare, d. h. wachsende Haare; es gibt hier aber auch noch mehr grundsätzliche Unterschiede. Denn während sie sich bei dem polnischen Rotvieh allmählich gegen die Spitze verschmälern, dabei auch ein sehr schmales Mark haben und bogenartig gekrümmt sind, so sind sie bei dem ungarischen Steppenvieh spindelförmig (also im Gegensatz zu den Wollhaaren des Rumpfes) und zwar auf diese Weise, daß sie unmittelbar über der Hautoberfläche flach werden und zur größten Ausdehnung gelangen und erst dann normal verlaufen, d. h. sich gegen das Haarende allmählich verschmälern. Das Mark ist an der spindelförmigen Ausdehnungsstelle verhältnismäßig sehr breit.

Zur Veranschaulichung der Beschreibung dient Fig. 58. Spezielle Ziffern finden wir in der Tabelle auf S. 704—705.

Die Wollhaare des ungarischen Steppenviehs sind farblos, weiß.

E. Schwanz.

(Tafel XXIV, Fig. 64—80).

Außer den Grannen- und Wollhaaren ist hier noch eine dritte Haargattung vertreten und zwar die der Schwanzspitze. Diese langen Haare sind bei beiden Rassen stark pigmentiert (braun bei dem polnischen Rot- und schwarz bei dem ungarischen Steppenvieh) mit relativ genommen ziemlich breitem Mark, welches nahe an der Haarbasis sehr dunkel wie eine zusammengeballte, massiv dunkle Masse aussieht, die aber weiter immer heller und durchsichtiger wird (Fig. 64, 65, 71—74).

Die Grannenhaare, welche den ganzen Schwanz bedecken, sind dagegen keine wachsenden, sondern Kolbenhaare und haben bei dem polnischen Rotvieh kompakt dunkel pigmentiertes Mark, während dieses bei dem ungarischen Steppenvieh ungleichmäßig zusammengeballt ist, so daß es aussieht, als wäre es abwechselnd aus helleren und dunkleren Schichten zusammengesetzt (Fig. 76).

Die an der Bauchpartie befindlichen Wollhaare sind, wie schon oben erwähnt wurde, bei beiden Rassen verschieden. Bei dem polnischen Rotvieh finden wir es als Papillen- und Kolbenhaare mit kaum merklichem Mark (— sie könnten fast als marklos bezeichnet werden! —) und verschmälern sich gegen die Spitze gleichmäßig. Da-

gegen besitzt das ungarische Steppenvieh deutliche Mark-Wollhaare, deren kolbenartige Ausdehnung gegen die Mitte des Laufes stattfindet, so daß diese Wollhaare eben dadurch sich von den Bauchwollhaaren des ungarischen Steppenviehs unterscheiden (Fig. 58, 78).

Wie bei dem polnischen Rotvieh, sind auch hier diese Wollhaare Papillen- und Kolbenhaare aber diese letzteren sind viel zahlreicher.

Das Untersuchungsmaterial habe ich, wie schon in der Einleitung erwähnt wurde, teilweise (ungarisches Steppenvieh) auf dem Postwege zugesendet bekommen und teilweise (polnisches Rotvieh) selbst in der Gegend von Kęty (West-Galizien) gesammelt. So kommt es, daß ich von dem polnischen Rotvieh noch außerdem Ohrhaare und von dem ungarischen Steppenvieh Achselhaare besitze und mir analoges Material von der anderen Rasse fehlt. Deshalb lasse ich hier eine nur einseitige Beschreibung folgen, zu deren Illustration zwei Tafeln und die Zahlen in der Tabelle auf S. 704—705 dienen mögen.

F. Achselhöhle des ungarischen Steppenviehs.

(Tafel XXIV. Fig. 81—85).

Die Mark-Grannenhaare sind hier größtenteils kolbenartig mit charakteristisch breitem und sichtbarem Mark und verschmälern sich normal gegen die Haarspitze.

Die Kolben-Wollhaare sind typisch spindelförmig und identisch mit denen, welche früher als Bauch-Wollhaare bezeichnet wurden. Sowohl die Grannen wie auch die Wollhaare sind hier pigmentfrei.

G. Ohrmuschel des polnischen Rotviehs.

(Tafel XXIV. Fig. 86—92).

Wir finden an der inneren Fläche der Ohrmuschel drei Haargattungen und zwar: lange, steife, hier speziell vorkommende Ohrhaare, ferner Grannen- und Wollhaare.

Die charakteristischen Haare der inneren Ohrmuschel sind gerade Kolbenhaare, haben deutlich sichtbares Mark und verschmälern sich normal bis zu der Haarspitze. Die Mark-Grannenhaare sind nur schmaler als die eben genannten und kolbenartig; die Wollhaare endlich besitzen ein kaum merkbares Mark, sind sehr fein und ein wenig pigmentiert.

Um die Resultate der Unterschiede zwischen den Haaren der verschiedenen Regionen des Rindskörpers zusammenzustellen, lasse

ich auf der nächsten Seite eine die Maßverhältnisse illustrierende Tabelle und dann eine Zusammenfassung der Unterschiede in Bau und Abriß der Haare folgen.

(Siehe Tabelle Seite 704—705).

Wir finden am Maul und an der Stirne keine wesentlichen Unterschiede. Am Rücken sind die Haare des Aalstriches bei dem polnischen Rotvieh lang, flau und wellenartig (Fig. 30.), und bei dem ungarischen Steppenvieh steifer, bogenartig gekrümmt bis zur Hälfte des Laufes tief pigmentiert, mit heller und gleichsam geknickter Spitze. Die Grannenhaare des Rückens sind bei dem polnischen Rotvieh sehr charakteristisch, haben tief-dunkel pigmentiertes Mark, was wir bei dem ungarischen Steppenvieh nicht finden. Die Wollhaare sind hier bei dem polnischen Rotvieh ein wenig spindelförmig, verschmälern sich dagegen bei dem ungarischen Steppenvieh allmählich gegen die Haarspitze.

An der Bauchpartie finden wir in den Wollhaaren große Unterschiede, denn während sie sich bei dem polnischen Rotvieh allmählich gegen die Haarspitze verschmälern, so sind sie bei dem ungarischen Steppenvieh typisch spindelförmig und zwar so, daß diese Ausdehnung gleich an der Basis stattfindet. Dieselben Unterschiede finden wir in den Wollhaaren der Schwanzspitze aber nur mit diesem Unterschiede, daß hier bei dem ungarischen Steppenvieh diese spindelförmige Ausdehnung in der Mitte des Haarlaufes und nicht gleich über der Haarwurzel beginnt.

Das sind die wichtigsten Unterschiede, zu welchen wir auf Grund des noch bis jetzt besprochenen Materials gelangt sind.

Ergänzung der Tabelle auf S. 704 u. 705.

Unter „Mittellauf“ verstehe ich (wenn sich das Haar von der Basis an normal gegen seine Spitze verschmälert) den Mittelteil seiner Länge, d. h. die Stelle, wo das Haar am breitesten ist, und von da allmählich schmaler wird. Als „die größte Ausdehnung des Haarlaufes“ bezeichne ich bei spindelförmigen Haaren die größte Breite der Ausdehnung; z. B. wenn die Wollhaare über der Haut sich plötzlich verbreitern und sich erst in ihrem weiteren Laufe gegen die Spitze allmählich verschmälern, so verstehe ich unter dem Mitteldurchmesser dieser Ausdehnung die oben erwähnte „größte Ausdehnung des Haarlaufes“.

Andere Abkürzungen, deren ich mich bedient habe, sind:

Spürh.=Spürhaar der Oberlippe. Grannh.=Grannenhaar. Wollh.=Wollhaar. Aalstr.=Aalstrich. Schwanz.=Schwanzspitze.

Hier mögen noch die in der Tabelle übergangenen Ziffern folgen.

Ohrhaare des polnischen Rotviehs.

	Basis	Mittellauf	Mark	Spitze	Länge
Grannh.	0.226	0.106	0.026	0.013	13.5
Wollh.	0.039	0.026	—	0.013	5.0—6.0

Achselhaare des ungarischen Steppenviehs.

	Basis	Mittellauf	Mark	größte Breite	Mark	Spitze	Länge
Grannh.	0.106	0.066	0.053	—	—	0.006	8.0—9.0
Wollh.	0.026	—	—	0.046	0.033	0.006	4.0—6.0

Alle diese Ziffern sind Durchschnittsziffern von je 15 Messungen für jede Ziffer und in m/m Skala angegeben.

Gruppenbildung der Haare.

Ich gehe jetzt zu einer wichtigen Frage über, nämlich zur Gruppenbildung der Haare in der Haut in bezug auf deren Dichtigkeit, auf Gestalt und Dimensionen der Querschnitte und auf die in innigem Zusammenhange hiermit stehende Anzahl der Talgdrüsen.

Die Dichtigkeit d. h. die Anzahl der Haare auf der Oberfläche eines cm² ist auf den früher besprochenen Partien ganz verschieden und das hängt von der Breite der Verteilung der Haare, wie auch von der Dimension des Querschnittes ab. Was den letzten Punkt anbelangt, so muß hervorgehoben werden, daß mit der Dicke der Haare sich deren Anzahl auf einem cm² verringert, obwohl der Pelz dichter erscheint. Das ergibt sich klar aus meinen Untersuchungen, und übrigens hat es schon früher G. Schwalbe nachgewiesen (47. S. 552).

Durchschnittliche Anzahl der Haare auf einem cm².

	Stirn	Bauch	Maul	Rücken	Schwanz
polnisches Rotvieh	243.7	181.3	112.0	101.1	128.4
ungarisches Steppenvieh	260.4	223.8	119.4	93.6	41.4

Augenfällig ist vor allem die größere Anzahl der Haare bei dem ungarischen Steppenvieh als bei dem polnischen Rotvieh und wir können diese Erscheinung auf den Einfluß des Klimas zurückführen. Nur an der Schwanzspitze ist die Zahl der Haare bei dem Steppenvieh viel kleiner; die Erklärung für diese Erscheinung ergibt sich klar aus den Tabellen, wo die Haar-Querschnitte bei dem

Die Dimensionen des Laufes der Haare und deren Länge¹⁾.

	M a u l						S t i r n				R ü c k e n		
	poln. Rotv.			ung. Steppenv.			poln. Rotv.		ung. Steppenv.		poln. Rotv.		
	Spürh.	Grannh.	Wollh.	Spürh.	Grannh.	Wollh.	Grannh.	Wollh.	Grannh.	Wollh.	Alstr.	Grannh.	Wollh.
Basis: Kolben oder Papille	0.405	0.106	0.039	0.379	0.079	0.053	0.146	0.039	0.093	0.046	0.066	0.146	0.026
Mittel-Lauf	0.213	0.073	—	0.179	0.099	—	0.093	0.039	0.066	0.053	0.059	0.106	—
Mark	0.066	0.026	—	—	0.046	—	0.032	0.013	0.046	0.019	0.019	0.046	—
Spitze	0.133	0.013	0.006	0.093	0.032	0.06	0.013	0.006	0.013	0.013	0.013	0.013	0.009
Größte Ausdehnung	—	—	0.041	—	—	0.006	—	—	—	—	—	—	0.029
Mark	—	—	0.026	—	—	0.026	—	—	—	—	—	—	0.013
Mittelzahl	16.5	10.0	7.0	16.25	9.5	6.0	16.0	6.25	15.0	6.0	28.0	8.0	4.0
Maximum	18.0	12.0	—	19.0	12.0	—	19.0	7.0	—	7.5	—	—	—
Minimum	15.0	8.0	—	13.5	7.0	—	13.0	5.5	—	4.5	—	—	—

¹⁾ Alle Ziffern sind in mm angegeben und sind Durchschnittsziffern von ungefähr 15 Abmessungen.

	R ü c k e n			B a u c h			S c h w a n z						
	ung. Steppenv.			poln. Rotv.		ung. Steppenv.		poln. Rotv.		ung. Steppenv.			
	Aalstr.	Granh.	Wollh.	Granh.	Wollh.	Granh.	Wollh.	Schwanz.	Granh.	Wollh.			
Basis: Kolben oder Pille	0.226	0.126	0.026	0.159	0.046	0.146	0.039	0.412	0.119	0.073	0.412	0.226	0.053
Mittel. Lauf.	0.093	0.053	0.039	0.086	0.026	0.073	0.033	0.146	0.079	0.053	0.133	0.104	—
Mark	0.046	0.039	0.019	0.019	0.006	0.039	0.013	0.066	0.026	—	0.079	0.039	—
Spitze	0.013	0.006	0.009	0.013	0.006	0.006	0.006	—	0.013	0.013	—	0.013	0.013
Größte Ausdehnung	—	—	—	—	—	—	0.033	—	—	—	—	—	0.066
Mark	—	—	—	—	—	—	0.026	—	—	—	—	—	0.039
Mittelzahl	22.25	6.25	2.25	13.0	5.0	16.0	6.0	—	7.25	3.5	—	8.0	5.0
Maximum	1)	7.0	2.5	16.0	7.0	18.0	7.0	—	8.5	5.0	—	9.0	6.0
Minimum	1)	6.0	2.0	10.0	4.0	14.0	5.0	—	6.0	2.0	—	7.0	4.0

1) Der untere schwarz-pigmentierte Teil 9.0—11.5
 Der obere grauweiße Teil 11.0—13.0
 Die ganze Haarlänge 22.25.

polnischen und dem ungarischen Vieh zusammengestellt sind. Weiter unter (S. 707.) lasse ich eine Tabelle der Dimensionen der Querschnitte folgen, da die ziffermäßige Zusammenstellung die Vergleichung erleichtert.

Die Zahl der Rückenhaare ist bei beiden Rassen fast gleich, denn die Differenz von kaum 7·5 Haaren liegt bei einem solchen Material wie das Haar schon innerhalb der Fehlergrenze.

Das dichteste Haar findet sich bei beiden Rassen an der Stirn und am Bauche, dann folgen erst: das Maul, der Rücken und zuletzt der Schwanz. In dieser Folge habe ich auch die Ziffern zusammengestellt. Die Dichtigkeit der Haare am Bauche illustrieren uns am besten die Querschnittstabellen.

A. Anordnung der Haargruppen.

Eigentliche Gruppenbildung der Haare finden wir hier an dem Maul und an der Stirne nicht, denn sowohl die Grannen- wie auch die Wollhaare sind nicht gruppenweise angeordnet, sondern gleichmäßig auf der Hautoberfläche verteilt. Die Anordnung der Haare am Bauche möchte ich am besten als ein Übergangsstadium zwischen der Gruppenbildung an den zwei oben erwähnten Stellen und den typischen Haargruppen, bezeichnen. Das illustriert Fig. 93 und 94; aus diesen ersieht man, daß bei dem polnischen Rotvieh die Haare zu 2—3 und bei dem ungarischen Steppenvieh noch zu mehr angeordnet sind, um welche sich Wollhaare ohne jede bestimmte Ordnung gruppieren. Etwas ähnliches sehen wir am Rücken des ungarischen Steppenviehs aber mit dem Unterschied, daß um ein Grannenhaar etwa 2—5 Wollhaare herumstehen. Dagegen ist die Verteilung der Haare am Rücken des polnischen Rotviehs ganz ordnungslos.

Eine regelmäßige Verteilung ist am Schwanz zu finden, wo alle Haare reihenweise quer zur Länge des Schwanzes stehen. Hier überwiegen vor allem die Haare der Schwanzspitze von typisch ovalem Querschnitt zwischen welchen die Grannen- und Wollhaare in Reihen angeordnet liegen. Bei dem ungarischen Steppenvieh ist das Haar viel schütterer (vide Tabelle S. 703.).

Die Querschnitte.

Trotzdem ich keine Unterschiede in den Haardurchschnitten an analogen Körperstellen bei den zwei Rassen gefunden habe, so

muß ich doch: a) bei den Unterschieden in der Form der Querschnitte an verschiedenen Körperstellen eines Individuums, b) bei den Unterschieden in den Abmessungen dieser Querschnitte ein wenig verweilen.

Die nachstehende Tabelle gestattet eine klare Übersicht der Querschnitte, deren Beschreibung auch unten folgt.

Der Durchmesser der Haardurchschnitte.

	M a u l			S t i r n			R ü c k e n		
	Spürh.	Grannh.	Wollh.	Grannenh.		Wollh.	Grannenh.		Wollh.
	o v a l			a/a	b/b	oval	a/a	b/b	oval
polnisches Rotvieh	0·175	0·099	0·036	0·066	0·086	0·026	0·081	0·126	0·024
ungarisches Steppenvieh	0·152	0·093	0·037	0·066	0·079	0·026	0·079	0·099	0·026
Differenz	0·023	0·006	0·001	—	0·007	—	0·002	0·027	0·002

	B a u c h			S c h w a n z		
	Grannenh.		Wollh.	Grannenh.		Wollh.
	a/a	b/b	oval	a/a	b/b	oval
polnisches Rotvieh	0·066	0·115	0·033	0·066	0·086	0·026
ungarisches Steppenvieh	0·053	0·077	0·021	0·066	0·079	0·026
Differenz	0·013	0·038	0·012	—	0·007	—

Unter a/a verstehe ich den kürzeren und unter b/b den längeren Durchmesser der Ellipse.

Maul. Sowohl die Spür- wie auch die Grannen- und Wollhaare müssen wir bei beiden Rassen im Querschnitt als oval ansehen. Dagegen ergeben sich Unterschiede zwischen den Haargruppen und den Rassen aus den Ziffern-Differenzen. In den Spürhaaren

des polnischen Rotviehs beträgt der Durchmesser des Querschnittes 0·175 mm, bei dem ungarischen Steppenvieh 0·152 mm, die Differenz also 0·023 mm. Berücksichtigt man, wie klein die Dimensionen sind, so wird die scheinbar geringe Differenz als ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal gelten müssen. In den Dimensionen der Grannen- und Wollhaare (jedes für sich genommen) finden wir keinen nennenswerten Unterschied.

Ich mache aber schon jetzt auf die größere Haardicke beim polnischen Rotvieh im Gegensatz zu dem ungarischen Steppenvieh aufmerksam, was übrigens später alle Ziffern stets beweisen werden und was ich bereits früher bei der Besprechung der Spürhaare erwähnt habe. Als Illustration mögen spezielle Ziffern in der Tabelle S. 707 dienen.

Stirn. Die Grannenhaare haben hier sehr schwach elliptischen, bei dem ungarischen Steppenvieh fast ovalen Querschnitt, da die Differenz der beiden Durchmesser kaum 0·0·3 mm und bei dem polnischen Rotvieh 0·02 mm beträgt. Die Prävalenz spricht wieder zugunsten der letzten Rasse. Die Wollhaare sind hier sehr fein und deren Querschnitte bei beiden Rassen gleich. Dieselbe Größe des Querschnittes (0·026) findet sich überall in den Wollhaaren außer am Maul und am Schwanz.

Rücken. Die Grannenhaare des polnischen Rotviehs sind hier im Querschnitte stark elliptisch, so daß die Differenz der beiden Durchmesser 0·045 und bei dem ungarischen Steppenvieh nur die Hälfte, d. i. 0·02 beträgt. Die Wollhaare sind fast oval, 0·024—0·026 mm im Durchmesser.

Bauch. Dasselbe charakteristische Merkmal wie für die Grannenhaare am Rücken finden wir auch hier, sowohl in den Dimensionen, wie auch in den Unterschieden bei beiden Rassen. Nur sind die Wollhaare des polnischen Rotviehs dicker, da ihr Durchmesser 0·033 mm beträgt. Wenn wir jetzt Fig. 93, 94. betrachten, so fällt uns vor allem die Dichtigkeit der gruppenweisen Anordnung der Haare auf, was übrigens am bestem die Tabelle S. 703. illustriert.

Schwanz. Die Haare der Schwanzspitze sind bei dem polnischen Rotvieh größtenteils elliptisch (Fig. 95.), aber es finden sich auch oft solche Haare die im Querschnitte fast oval erscheinen, deshalb beträgt auch die Differenz der beiden Durchmesser nur 0·019, d. i. fast 0·01 mm. Dagegen ist bei dem ungarischen Steppenvieh das Haar an dieser Stelle typisch elliptisch, die Differenz

beträgt 0·084. Im Vergleich mit dem polnischen Rotvieh haben wir hier einen Unterschied von 0·064 mm (Fig. 96).

Die Wollhaare sind bei dem polnischen Rotvieh um 0·02 mm dicker als die des ungarischen Steppenviehs und müssen bei den zwei Rassen als oval bezeichnet werden.

Das Klima.

Trotzdem wir bereit sind, den Einfluß des Klimas als unwiderlegliche Tatsache anzunehmen, so ist es doch nicht leicht, den Zusammenhang zwischen Wirkung und Folge zu zeigen. Deshalb werde ich auch bei der Besprechung der Folgeerscheinungen des Klimas für diese streng wissenschaftliche Begründung suchen, oder wo dies nicht angeht, die Schlüsse als wahrscheinlich und nicht als zwingend hinstellen. Jedenfalls können wir als sicher annehmen, daß das Klima ebenfalls mittelbar, wenn schon nicht unmittelbar, auf die Haut und die Haare einen Einfluß ausübt.

Schwalbe stellt in seinen Ausführungen über den Einfluß des Klimas die Behauptung auf, „... daß man dem Winterkleid der nordischen Säugetiere eine größere Dichte des Pelzes zuschreibt“. Zur Begründung dieser Behauptung führt er seine eigenen Beobachtungen an und (l. c. S. 547.) schreibt, daß das Hermelin (an dem er seine Untersuchungen durchgeführt hat) im Winter und gegen das Ende des Aprils (d. h. nach der Frühlingshaarwechsel) die gleiche Anzahl von Haaren hat, daß aber das Haar „in den eigentlichen Haarwechsel-Perioden“ dichter ist, weil in dieser Jahreszeit „zwei Generationen, also eine doppelte Anzahl von Haaren“ nebeneinander bestehen. Ich will hier nur noch bemerken, daß das Material, dessen ich mich bediente, aus den Wintermonaten und nicht aus der Haarwechselperiode stammte, also nur eine Haargeneration hatte.

Ferner finden wir bei Schwalbe folgende Bemerkung (l. c. S. 552): „... wenn nun diese größere Dichtigkeit nicht durch eine größere Zahl von Haaren bedingt ist, so kann sie durch größere Länge und Dicke der einzelnen Haare erreicht werden“. Ich zitiere dies deshalb, da ich nach meinen Untersuchungen nicht nur eine volle Bestätigung für G. Schwalbes Behauptung gefunden habe, sondern sie auch dahin verallgemeinern kann, daß die „Dichtigkeit“ des Pelzes bei einem und demselben Tiere im Winter sich von dem Sommerkleid nur durch Dicke und Länge der einzelnen Haare und nicht durch Dichtigkeit unterscheidet, ferner daß diese Er-

scheinung nicht nur bei einem und demselben Exemplar in verschiedenen Jahreszeiten, sondern auch bei Tieren einer und derselben Gattung, die in verschiedenen Klimaten leben, zutage tritt. Dies geht auch aus den früher angeführten Ziffern und Tabellen (S. 707) klar hervor.

Zur besseren Begründung meiner Behauptung über die klimatischen Unterschiede gebe ich eine Tabelle von zwei meteorologischen Stationen (Mitrovica und Pancsova) aus Süd-Ungarn, die im Bezirke von Peterwarde liegen und von wo mein Untersuchungsmaterial stammt, und in Anschluß daran auch noch die klimatischen Ziffern von Wadowice und Żywiec. (Die Stadt Kęty liegt in der Mitte zwischen diesen zwei Stationen).

Aus der Tabelle (S. 710) ersieht man, daß die Temperatur in Ungarn viel wärmer ist und daß nur die Wasserniederschläge in Süd-Galizien (Kęty) um 220·3 m/m höher sind.

Petrovaradin-Kęty ¹⁾.

	Mitteltemperatur °C		Mittlere Menge Wasserniederschläge in m/m	
	im Winter (Dezemb. Jan. Febr.)	Jährlich	im Winter (Dezemb. Jan. Febr.)	Jährlich
Mitrovica	+ 0·2	+ 11·7	46·3	697·5
Pancsova	+ 0·52	+ 11·5	42·2	554·0
Wadowice	— 0·38	+ 9·1	26·2	578·8
Żywiec	— 0·05	+ 8·6	34·9	1112·2
Mitteltemp. für Süd-Ungarn	+ 0·36	+ 11·6	44·2	625·2
Mitteltemp. für Süd-Galizien	— 0·21	+ 8·8	30·5	845·5
Differenz	+ 0·15	+ 2·8	13·7	220·3

¹⁾ 1. A. M. Kor. Országó. Metereológiai és földmágnességí intézet Évkönyvei. Budapest.

2. Materyały do klimatografii Galicyi. Komisya fizyograficzna Akademii Umiej. Kraków.

Bezüglich des klimatischen Einflusses auf die Dicke der Haut habe ich folgende Maße in den Querschnitten in mm erhalten: (E = epidermis; C = Stratum corneum; M = Stratum Malpighii).

	M a u l			S t i r n			R ü c k e n		
	E.	C.	M.	E.	C.	M.	E.	C.	M.
polnisches Rotvieh	0·11	0·0199	0·088	0·06	0·023	0·039	0·051	0·0199	0·031
ungarisches Steppenvieh	0·16	0·026	0·134	0·1	0·023	0·077	0·065	0·0166	0·049

	B a u c h			S c h w a n z		
	E.	C.	M.	E.	C.	M.
polnisches Rotvieh	0·065	0·013	0·051	0·098	0·022	0·076
ungarisches Steppenvieh	0·072	0·011	0·061	0·138	0·053	0·085

Wir sehen also, daß bei dem ungarischen, in einem wärmeren Klima lebenden Steppenvieh sich eine dickere Epidermis mit Prävalenz des Stratum Malpighii findet. Dieselbe Tatsache hat Schwalbe bei dem Hermelin im Winter und Sommer gefunden. Er sagt (l. c. S. 562/3.) „... eine größere Dicke der Epidermis beim Sommerhermelin kommt auf Rechnung des Stratum Malpighii“.

Zum Schluß seien mir noch einige Worte über die Talgdrüsen (gland. seb.) gestattet. Charakteristisch ist deren Anzahl, welche bei dem ungarischen Steppenvieh im Vergleich mit dem polnischen Rotvieh weitaus größer ist, d. h. daß das Haar der Südrassen mehr fettig ist. Auffallend ist endlich die verhältnismäßig sehr geringe Zahl der Talgdrüsen, oder besser gesagt, deren Mangel in der Schwanzpartie, und nur hier finden wir — was die Anzahl anbelangt — eine Prävalenz bei dem polnischen Rotvieh.

Wenn spezielle Studien über die Behaarung des Rindes befriedigend behandelt werden sollen, so müßte das Haar in den vier Jahreszeiten untersucht werden, denn nur in diesem Falle wäre das Studium erschöpfend. Meiner Meinung nach dürfte man sich nicht

nur auf die von mir bearbeiteten Körperpartieen beschränken, denn wenn jemand sich einmal für Untersuchungen über Wachstum und Entwicklung der Haare bei dem Rinde von der embryonalen Entwicklung angefangen interessiert, so ist er gezwungen auch die Behaarung der Füße zu untersuchen. Ich will hier nur kurz bemerken, daß das Wachstum der Haare, so viel ich es an geworfenen Kälbern gesehen habe, zentrifugal ist. Es steht hier aber wieder der Kostenpunkt im Wege.

Und im allgemeinen muß es befremden, daß bis jetzt niemand spezielle Studien über Wachstum, Bau, Art der Haare u. s. w. beim Rind am ganzen Körper überhaupt in Angriff genommen hat, da doch über Viehzucht so viel gesprochen und geschrieben wird.

Resultate meiner Untersuchungen.

An verschiedenen Körperteilen des Rindes (— untersucht wurden hier nur zwei Rassen: das polnische Rotvieh und das ungarische Steppenvieh —) ist das Haar an einem und demselben Individuum verschieden. Zwischen den beiden Rassen finden wir die wichtigsten Unterschiede in den Wollhaaren des Rückens, des Bauches und des Schwanzes, ferner in den Haaren des Aalstriches, der Schwanzspitze und in den Grannenhaaren des Rückens.

Der Querschnitt der Haare ist beim polnischen Rotvieh — unabhängig von der Stelle — größer als bei dem ungarischen Steppenvieh, was ich als Folgeerscheinung des Klimas hinstellen geneigt bin. Die Differenzen in der Form der Haarquerschnitte sind zwischen den beiden Rassen verschwindend gering.

Die Haargruppenbildung oder unregelmäßige Verteilung aller Haare an einer Körperpartie finden wir bei beiden Rassen gleich, mit Ausnahme des Rückens; bei dem ungarischen Steppenvieh nämlich sehen wir, daß um ein Grannenhaar etwa 2—5 Wollhaare herumstehen. Dagegen ist beim polnischen Rotvieh die Verteilung der Haare am Rücken ganz ordnunglos.

Die Epidermis-Schicht ist dicker bei dem ungarischen Steppenvieh infolge der Prävalenz des Stratum Malpighii.

Talgdrüsen (gland. sebac.) finden wir in größerer Anzahl bei dem ungarischen Steppenvieh, d. h. daß das Haar des polnischen Rotviehs weniger fett ist. Nur am Schwanz, wo überhaupt die Talgdrüsen in sehr geringer Anzahl vorhanden sind, finden wir sie in größerer Anzahl beim polnischen Rotvieh.

Die Anzahl der Haare auf der Oberfläche eines cm^2 ist bei dem ungarischen Steppenvieh viel größer, als bei dem polnischen Rotvieh, d. h. daß dieses letztere eine weniger dichte Behaarung trägt.

Diese Arbeit habe ich in dem Veterinär- und Mikrobiologischen Institute des Herrn Prof. Dr. J. Nowak in Krakau ausgeführt, dem ich für die mir freundlich gegebene Erlaubnis, in seiner Anstalt zu arbeiten, an dieser Stelle meinen besten Dank ausspreche. Ich fühle mich auch zur Dankbarkeit gegen Herrn Dr. Kania verpflichtet, der mich in diesem Institute mit größter Bereitwilligkeit genauer in die Technik der Histologie eingeführt und während dieser Arbeit nicht selten mit seinen geschätzten Ratschlägen in zuvorkommender Weise beigestanden hat.

Erklärung der Tafeln ¹⁾.

- Tafel XXII. *Polnisches Rotvieh* — Maul. Fig. 1—3. Spürhaare; Fig. 4, 5. Grannenhaare; Fig. 6—8. Wollhaare.
- Tafel XXII. *Ungarisches Steppenvieh* — Maul. Fig. 9, 10. Spürhaare; Fig. 11, 12. Grannenhaare; Fig. 13—15. Wollhaare.
- Tafel XXII. *Polnisches Rotvieh* — Stirn. Fig. 16, 17, 21, 22. Grannenhaare; Fig. 20. ein wachsendes Haar in der Haut steckend; Fig. 18, 19. Wollhaar.
- Tafel XXII. *Ungarisches Steppenvieh* — Stirn. Fig. 23—26. Grannenhaare; Fig. 27—29. Wollhaare.
- Tafel XXIII. *Polnisches Rotvieh* — Rücken. Fig. 30. die wellenartige Drehung der Haare des Aalstriches (nat. Größe); Fig. 31—33. das Haar des Aalstriches; Fig. 42. Grannenhaare; Fig. 37—38. Wollhaare.
- Tafel XXIII. *Ungarisches Steppenvieh* — Rücken. Fig. 39—41. das Haar des Aalstriches; Fig. 42. Grannenhaar; Fig. 43—45. Wollhaare.
- Tafel XXIII. *Polnisches Rotvieh* — Bauch. Fig. 46—49. Grannenhaare; Fig. 50—55. Wollhaare.
- Tafel XXIII. *Ungarisches Steppenvieh* — Bauch. Fig. 56, 57. Grannenhaare; Fig. 58—63. Wollhaare.
- Tafel XXIV. *Polnisches Rotvieh* — Schwanz. Fig. 64—65. Haare der Schwanzspitze; Fig. 66, 67. Grannenhaare; Fig. 68—70. Wollhaare.
- Tafel XXIV. *Ungarisches Steppenvieh* — Schwanz. Fig. 71—74. Haare der Schwanzspitze; Fig. 75, 76. Grannenhaare; Fig. 77—80. Wollhaare.

¹⁾ Alle Tafeln von XXII—XXIV. Fig. 1—92 (inkl.) sind von Mazerations-Präparaten mit 87·5 facher Vergrößerung gezeichnet. Reicherts Okular und Objektiv Nr. 3.

Die Tafeln XXV. Fig. 93—96 sind von Zelloidin-Präparaten mit 30 facher Vergrößerung gezeichnet. Reicherts Okular Nr. 3. und Lupe.

- Tafel XXIV. *Ungarisches Steppenvieh* — Achsel. Fig. 81, 82. Grannenhaare; Fig. 83—85. Wollhaare.
- Tafel XXIV. *Polnisches Rotvieh* — Ohr. Fig. 86—88. das Haar der inneren Ohrmuschel; Fig. 89. Grannenhaare; Fig. 90—92. Wollhaare.
- Tafel XXV. *Polnisches Rotvieh* — Bauch. Fig. 93. Haargruppenbildung.
- Tafel XXV. *Ungarisches Steppenvieh* — Bauch. Fig. 94. Haargruppenbildung.
- Tafel XXV. *Polnisches Rotvieh* — Schwanz. Fig. 95. Haargruppenbildung.
- Tafel XXV. *Ungarisches Steppenvieh* — Schwanz. Fig. 96. Haargruppenbildung.

Literatur.

1. Aeby Chr. Die Herkunft des Pigments im Epithel. Mediz. Zentralbl. Nr. 16. 1885.
2. Bachmann I. Observations on the changes of colour in birds and quadrupeds. Transactions of the American philosophical society. Vol. VI. Philadelphia 1839. Article IV. p. 197—239.
3. Boccardi G. ed Arena A. Contribuzione all'istologia e fisiologia dello stelo dei peli umani. Rendiconto dell'Accademia delle scienze fisiche e matematiche. Anno XVI. Napoli 1877. p. 99—105.
4. Bonnet R. Haut und Anhänge. Ellenberger, Vergleichende Histologie der Haussäugetiere. Berlin 1887.
5. Brehm. Tierleben, 2. Aufl. Säugetiere. Bd. I, II.
6. von Brunn A. Haut (Integumentum commune), Sinnesorgane, bearbeitet von Brunn, Schwalbe G., Siebenmann, Kuhnt; Jena, Gust. Fischer 1897.
7. Caspary J. Über den Ort der Bildung des Hautpigmentes. Archiv für Dermatol u. Syphilis. Bd. 23. S. 3—8, 1891.
8. Darwin Ch. The Expression of the Emotions in Man and Animals. London 1872. Capit. III.
9. Darwin Ch. Über die Entstehung der Arten. Stuttgart 1870. S. 19.
10. Dietl. Untersuchungen über Tasthaare. I. Sitzungsber. der Wien. Akad. 64. Bd. 1871.; II. ebenda 66. Bd. 1872; III. ebenda 68. Bd. 1875.
11. Eble B. Die Lehre von den Haaren. 2 Bd. Wien. 1831.
12. Ebner V. v. Mikroskopische Studien über Wachstum und Wechsel der Haare. Sitzungsber. d. K. Akad. d. Wissensch. im Wien. Bd. 74., III. Abt. Oktober-Heft 1876.
13. Ecker M. Du système pileux et des ses anomalies. Analyse dans la Revue d'Anthr. 1880. S. 170.
14. Ehrmann S. Über das Ergrauen der Haare und verwandte Prozesse Allgemeine Wiener mediz. Zeitung. 29. Jahrgang. Nr. 29. 15. Juli 1884. Seite 331—332.
15. Emery. Les poils des mammifères et leurs rapports morphologiques avec d'autres organes cutanés. Arch. sc. phys. et nat. de Genève. T. 30. P. 3. 1894.
16. Feiertag Isaac. Über die Bildung der Haare. Diss. Dorpat, 1875.
17. Garzia S. A. Beiträge zur Kenntnis des Haarwechsels bei menschlichen Embryonen und Neugeborenen. Morphologische Arbeiten Bd. I, S. 136—206. 1891.
18. Gaultier. Über die Tasthaare. Journal de physique. Vol. 90. Avril. 1820.

19. Giebel C. G. Die Säugetiere, Leipzig, 1859.
20. Haacke W. Über die systematische und morphologische Bedeutung bisher unbeachtet gebliebener Borsten am Säugetierkopfe. Bericht über die Senckenbergische naturforschende Gesellschaft in Frankfurt a. M. 1890.
21. Hammer Fr. Über den Einfluß des Lichtes auf die Haut. Stuttgart, 1891.
22. Hertwig R. Lehrbuch der Zoologie. Gustav Fischer in Jena, 1905.
23. Hutchinson. Notes on the distribution of hair on the human body. Arch. Surg. London, 1893/94.
24. Keller C. Naturgeschichte der Haustiere, Berlin, Verlag v. P. Paray, 1905. S. 21, 38.
25. Kohlrausch O. Über innere Wurzelscheide und Epithelium des Haares. Müller's Archiv. 1846. S. 312.
26. Kölliker A. Gewebelehre. 6. Auflage, 1. Bd. Leipzig, 1889.
27. Langer C. Über den Haarwechsel bei Tieren und Menschen. Denkschriften der Wiener Akademie. Bd. I., 1849.
28. Latteux. Technique microscopique, 1883. Paris. p. 239.
29. Leydig F. Über die äußeren Bedeckungen der Säugetiere. Archiv von Reichert und du Bois-Reymond, 1859. S. 685.
30. Loeve. Beiträge zur Anatomie der Tastaare. Arch. f. mikroskop. Anat. 15. Bd. 1878.
31. Maurer F. Haut-Sinnesorgane, Feder- und Haaranlagen, ein Beitrag zur Phylogenie der Säugetierhaare. Morphol. Jahrb. Bd. 18. S. 717. 1892.
32. Maurer F. Zur Phylogenie der Säugetierhaare, Morphol. Jahrb. 20. Bd. 1894.
33. Mayer S. Beitrag zur Lehre vom Bau der Sinushaare. Archiv. f. mikroskop. Anatomie, Bd. 35. 1890. S. 52.
34. Martin. Beiträge zur Anatomie der Tastaare, Arch. f. mikroskop. Anat. 15. Bd. 1878.
35. de Meijere. Über die Haare der Säugetiere, besonders über ihre Anordnung. Morphol. Jahrb. 21. Bd., 1894.
36. Miecznikow E. Annales de l'Institut Pasteur, 1901. S. 865.
37. Miecznikow E. O naturze ludzkiej. Warszawa „Bibl. naukowa“ 1905. S. 246.
38. Moll J. A. Über den Haarwechsel. Archiv für die holländischen Beiträge zur Natur- und Heilkunde. II. S. 149. 1860.
39. v. Nathusius-Königsborn W. Das Wollhaar des Schafes. Berlin, 1866.
40. Pfaff E. R. Das menschliche Haar. 1869. S. 22, 41.
41. Reissner E. Beiträge zur Kenntnis der Haare des Menschen und der Säugetiere. Breslau, 1854. S. 5.
42. Retterer S. Sur le lieu et le mode de formation du pigment cutané chez les mammifères. Société de biologie. S. 150—153, 12. mars 1887.
43. Retterer S. Premiers phénomènes du développement des poils du cheval. Comptes rendus de la soc. de biol. S. 9. T. 6.
44. Riehl G. Zur Kenntnis des Pigments im menschlichen Haar. Vierteljahrsschrift f. Dermatol. u. Syphilis. 11. Jahrg. 1884. S. 33—39. 1 Tafel.

45. Römer. Die Haut der Säugetiere. Ber. Senckenberg. Naturforsch. Gesellschaft. Frankfurt a. M. 1904. S. 91—110.
46. Schulin K. Beiträge zur Histologie der Haare. Zeitschrift f. Anatomie und Entwicklungsgeschichte, II. Bd. 1877.
47. Schwalbe G. Über den Farbenwechsel winterweißer Tiere. Morphol. Arbeiten, herausgegeben v. G. Schwalbe, 2 Bd 1893.
48. Sticker A. Über die Entwicklung und den Bau des Wollhaares beim Schaf. Diss. Berlin. 1887.
49. Stieda L. Über den Haarwechsel. Archiv von Reichert u. du Bois-Reymond, 1867. S. 517—541. und: Biologisches Zentralbl. Bd. VII. Nr. 12 und 13. 1887.
50. Stork W. Die Tierstoffe. Halle a/S. 1883.
51. Stöhr P. Lehrbuch der Histologie, Jena, G. Fischer, 1898.
52. Szymonowicz L. Lehrbuch der Histologie, Würzburg, A. Stuber, 1901.
53. Topinard P. Éléments d'antropologie générale. Paris. 1885.
54. Wachholz L. Über Veränderung der Haarfarbe. Archiv für Kriminalanthropologie und Kriminalistik, herausgegeben v. Dr. H. Gross in Prag (Sonderabdruck).
55. Waldeyer W. Atlas der menschlichen und der tierischen Haare. Jahr 1884.
56. Wallace A. R. Darwinismus, übersetzt von D. Brauns, 1891.
57. Wallace A. R. La selection naturelle. Paris, 1872 (le poil des mammifères p. 361).
58. Widmark J. De l'influence de la lumière sur la peau. Verhandl. des biolog. Vereins in Stockholm, I. 1888—89. S. 131—134.

Nakładem Akademii Umiejętności.

Pod redakcją

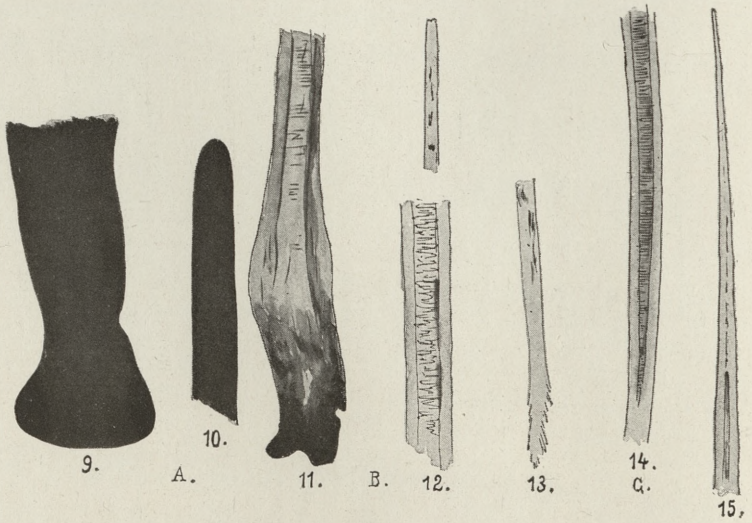
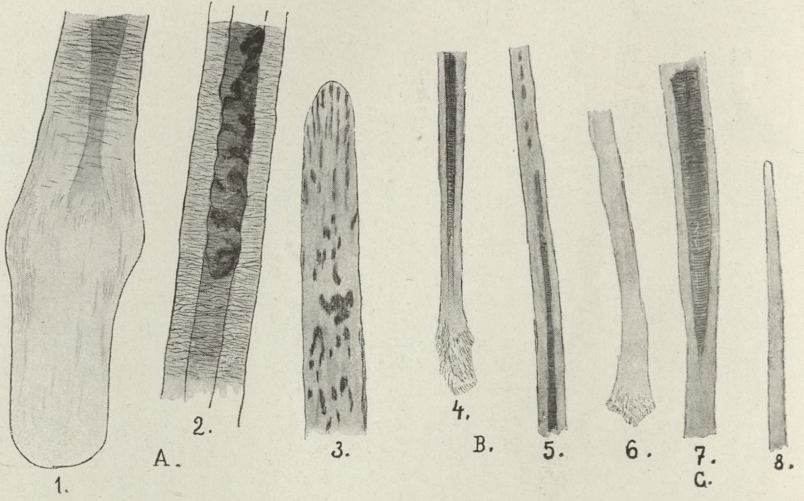
Sekretarza Wydziału matem.-przyrod. Józefa Rostafińskiego.

Kraków. 1906. — Drukarnia Uniwersytetu Jagiellońskiego, pod zarządem J. Filipowskiego.

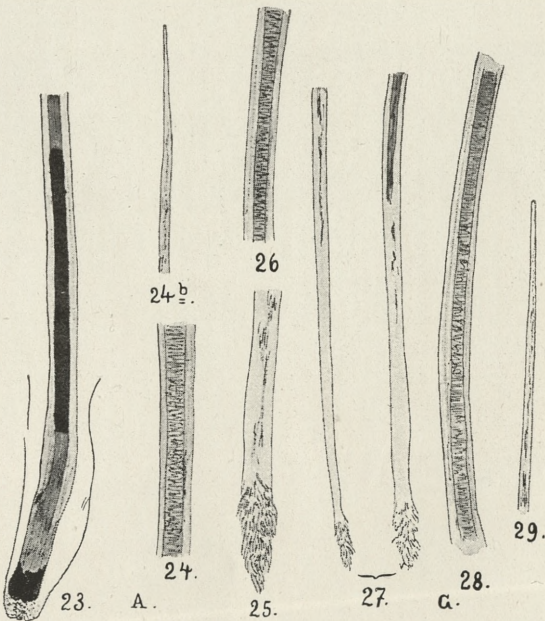
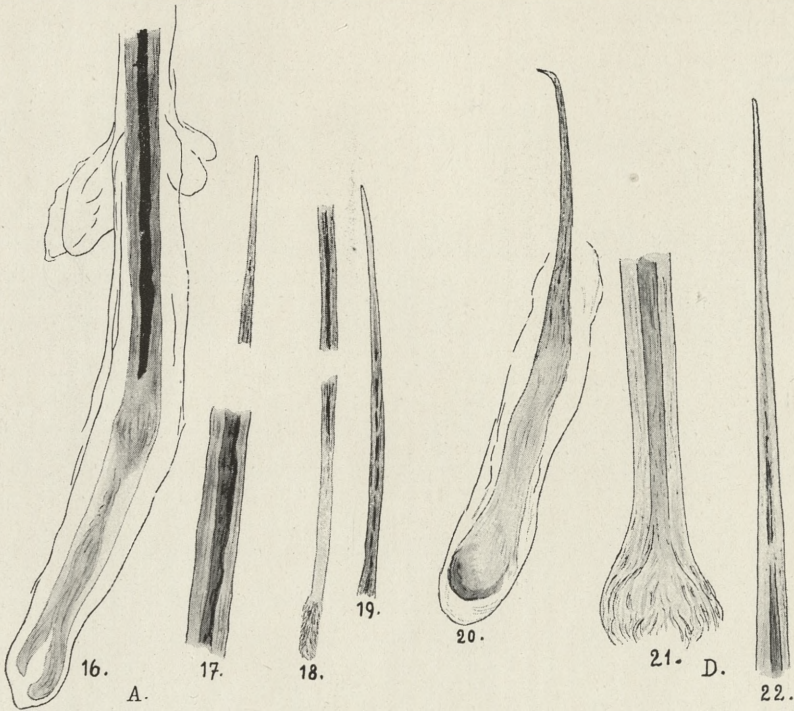
19 Października 1906.



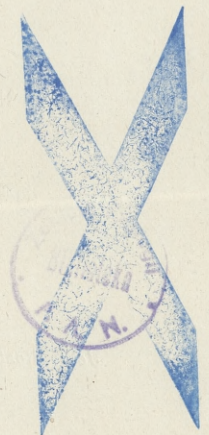


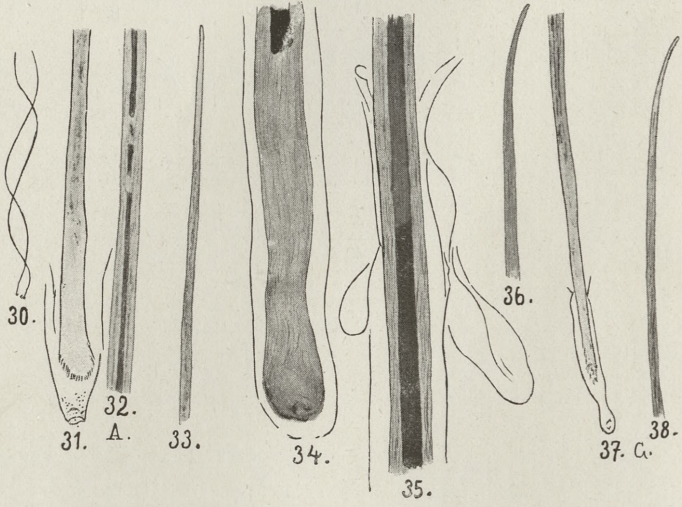


Jean Rostafinski.

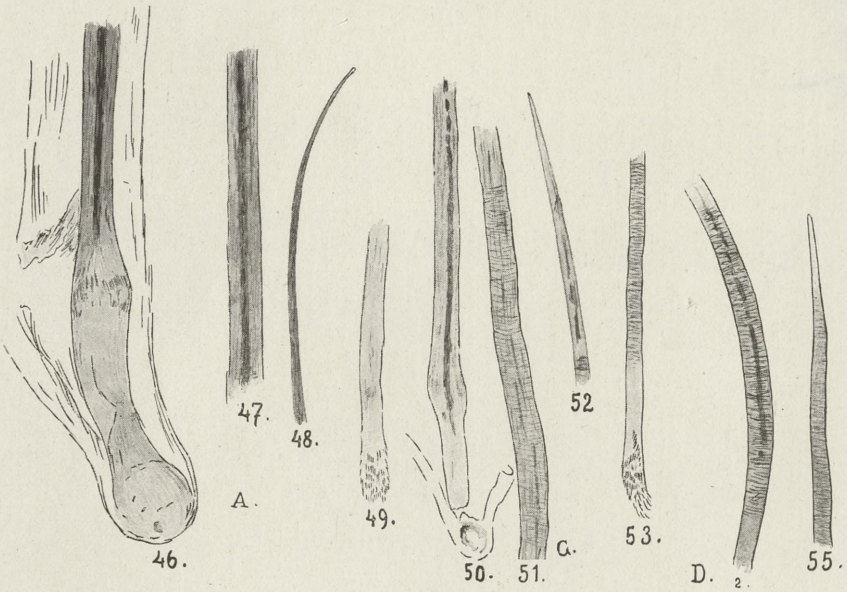






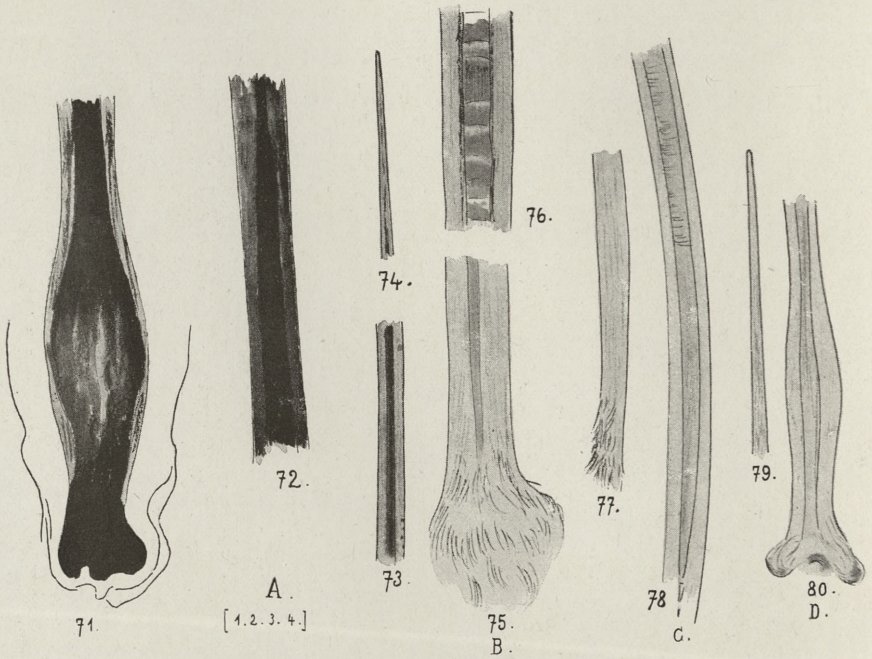


Jean Rostafinski.

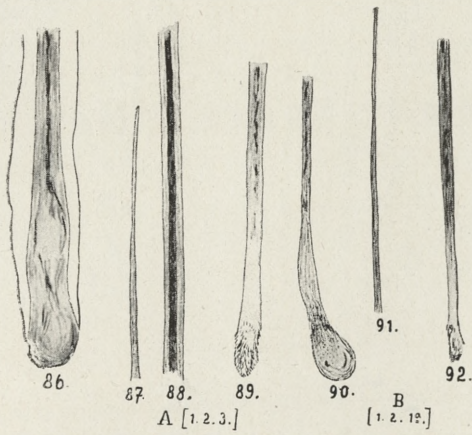




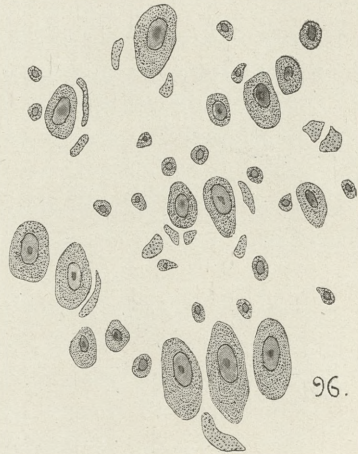
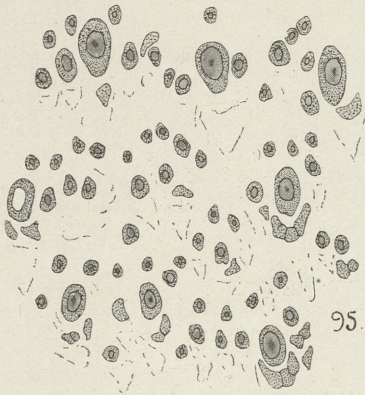
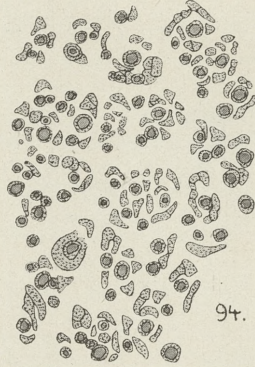
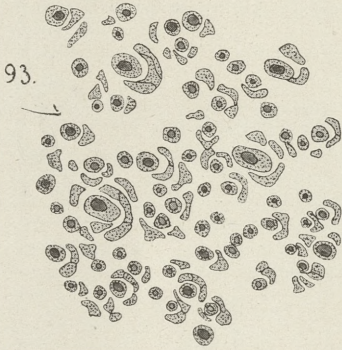




Jean Rostafinski.







Jean Rostafinski.

Druk. Univ. Jagiell. w Krakowie.

