

P. 192  
N° 5 B.

MAI

1910.

BULLETIN INTERNATIONAL  
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

DE CRACOVIE

CLASSE DES SCIENCES MATHÉMATIQUES ET NATURELLES

SÉRIE B: SCIENCES NATURELLES

ANZEIGER  
DER  
AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

IN KRAKAU

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE

REIHE B: BIOLOGISCHE WISSENSCHAFTEN



CRACOVIE

IMPRIMERIE DE L'UNIVERSITÉ

1910



L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE CRACOVIE A ÉTÉ FONDÉE EN 1873 PAR  
S. M. L'EMPEREUR FRANÇOIS JOSEPH I.

PROTECTEUR DE L'ACADÉMIE:

S. A. I. L'ARCHIDUC FRANÇOIS FERDINAND D'AUTRICHE-ESTE.

VICE-PROTECTEUR: *Vacat.*

PRÉSIDENT: S. E. M. LE COMTE STANISLAS TARNOWSKI.

SECRÉTAIRE GÉNÉRAL: M. BOLESLAS ULANOWSKI.

EXTRAIT DES STATUTS DE L'ACADÉMIE:

(§ 2). L'Académie est placée sous l'auguste patronage de Sa Majesté Impériale Royale Apostolique. Le Protecteur et le Vice-Protecteur sont nommés par S. M. l'Empereur.

(§ 4). L'Académie est divisée en trois classes:

- a) Classe de Philologie,
- b) Classe d'Histoire et de Philosophie,
- c) Classe des Sciences Mathématiques et Naturelles.

(§ 12). La langue officielle de l'Académie est la langue polonaise.

*Depuis 1885, l'Académie publie le «Bulletin International» qui paraît tous les mois, sauf en août et septembre. Le Bulletin publié par les Classes de Philologie, d'Histoire et de Philosophie réunies, est consacré aux travaux de ces Classes. Le Bulletin publié par la Classe des Sciences Mathématiques et Naturelles paraît en deux séries. La première est consacrée aux travaux sur les Mathématiques, l'Astronomie, la Physique, la Chimie, la Minéralogie, la Géologie etc. La seconde série contient les travaux se rapportant aux Sciences Biologiques.*

Publié par l'Académie  
sous la direction de M. **Ladislav Kulczyński**,  
Membre délégué de la Classe des Sciences Mathématiques et Naturelles.

13 czerwca 1910.

Nakładem Akademii Umiejętności.

Kraków, 1910. — Drukarnia Uniwersytetu Jagiellońskiego pod zarządem Józefa Filipowskiego.

fähigen Gehänge des Dniestrcanyons sind — wie die Plateaufläche — von derselben Lößdecke überzogen und weisen demnach an Bodenertrag keinen erheblichen Unterschied auf. In klimatischer Beziehung aber sind die Gehänge des Dniestrcanyons mit südlicher Exposition gegenüber der Plateaufläche in hohem Grade bevorzugt (Obstbau in Zaleszczyki, Weinbau in Kamionka und Mohylow in Russ. Podolien). Bei der Verteilung der Siedlungen im Dniestrcanyon kommt in erster Linie die Exposition des Gehänges zur Geltung. Wenn wir den Abschnitt des Dniestrcanyons zwischen den Mündungen des Koropiec und des Seret betrachten und die Siedlungen nach der Exposition des jeweilig besiedelten Gehänges gruppieren, so ergibt sich das folgende Verhältnis:

Exposition	Zahl der Siedlungen	Zusammen	Einwohner
S	11	15125	oder 59·6%
SE	2	3110	„ 12·3%
E	5	4219	„ 16·6%
andere Himmelsrichtungen	5	2914	„ 11·5%

Es entfällt somit in dem genannten Teile des Dniestrcanyons mehr als die Hälfte der Bevölkerung auf Gehängeflächen mit südlicher Exposition. Neben dieser tritt an zweiter Stelle die östliche Exposition hervor, welche den besten Schutz gegen die vorherrschenden Westwinde gewährt; auf Gehängeflächen, die gegen Osten und Südosten exponiert sind, wohnt über  $\frac{1}{4}$  der Bevölkerung in diesem Abschnitte des Dniestrcanyons.

Die Siedlungen im Innern des Dniestrcanyons liegen zum größten Teil am Rande der großen Halbinseln, die von den eingesenkten Mäandern umschlungen und durch einen manchmal sehr schmalen Hals mit dem Plateau verbunden sind, so daß sie die beste Lage zur Befestigung zu bieten scheinen. Wenn trotzdem auf keiner Halbinsel des Dniestrcanyons — mit Ausnahme von Rakowiec — Befestigungen entstanden sind, so ist dieses dadurch zu erklären, daß die Halbinseln einen großen Umfang haben und die Länge ihres niedrigen, bogenförmig verlaufenden Randes oft mehrere Kilometer beträgt. Daher konnten zur Anlage von alten Burgen und Festungen nur Halbinseln von relativ kleinem Umfange verwendet werden, wie wir sie innerhalb der eingesenkten Mäander der Dniestrzufüsse, gleichsam Miniaturausgaben der Dniestralbinseln finden. Im Innern solcher kleiner, schmalhalsiger Halbinseln

der Dniestrzuflüsse liegen Siedlungen mit sehr alten Befestigungen, wie Czerwonogród (*Castrum rubrum*) am Dżuryn, Jazłowiec am Olchowiec und die bedeutungsvollste von allen, Kamieniec Podolski am Smotrycz. So liegt Czerwonogród (Fig. 2), die älteste Siedlung in unserem Gebiete, auf der flachgewölbten Halbinsel im Innern einer kleinen Schlinge des Dżurynbaches, an deren Außenseite das Canyongehänge sehr steil abfällt und eine karähnliche Nische bildet.

Von den Siedlungen im Innern des Dniestrecanyons im Gebiete

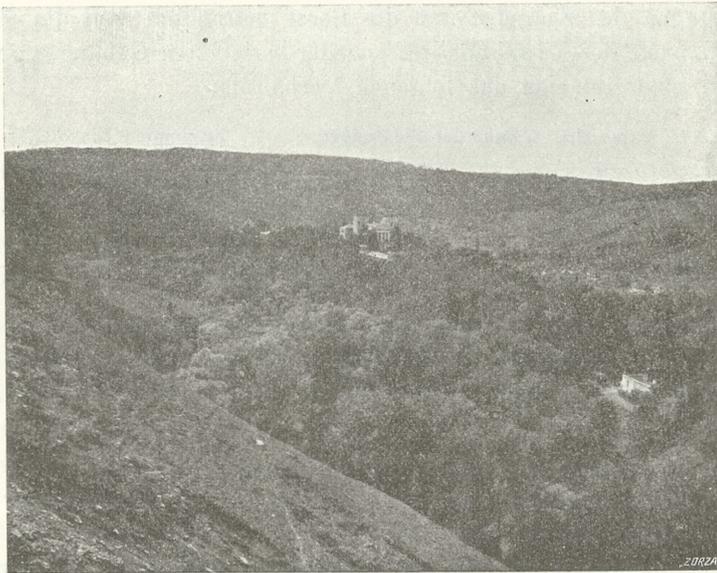


Fig. 2. Czerwonogród von Osten gesehen (nach einer fotogr. Aufnahme des Verfassers).

von Galizisch-Podolien hat nur Zaleszczyki eine größere Einwohnerzahl und eine außerordentliche Verdichtung der Bevölkerung erreicht. Dieses ist zunächst auf die klimatische Begünstigung der besiedelten Gehängefläche von einer idealen südlichen Exposition zurückzuführen. Außerdem kommt aber noch die günstige Lage an der Stelle, wo der beste Übergang durch den Dniestr gegeben war, in Betracht. Die Dniestrschlinge um Zaleszczyki tritt so nahe an die Südgrenze des paläozoischen Canyongebietes und die anstoßende Pokuciesenkung heran, daß der Übergang von diesen beiden — morphologisch wie anthropogeographisch ganz verschiede-

nen — Gebieten sich auf einer sehr kurzen Strecke vollzieht. Ein kurzer Seitencanyon, welcher gegenüber Zaleszczyki im steilen Gehänge des Dniestrcanyons eine tiefe Bresche bildet, vermittelt auf kurzem und bequemen Wege die Verbindung mit den wichtigen Verkehrsstraßen der angrenzenden Pokuciesenkung. Anderseits aber hat die Dniestralbinsel von Zaleszczyki einen sehr breiten Ansatz, wodurch auch in nördlicher Richtung die günstigsten Verkehrsbedingungen vorhanden sind. So liegt Zaleszczyki an einer Stelle, wo die besten topographischen Vorbedingungen für einen Übergang über den Dniestrcanyon sowie für ein allseitiges Zusammentreffen des Verkehrs gegeben waren (s. die Karte).

In den vorstehenden Betrachtungen war von typischen, schmalsohligen Canyons die Rede, in denen fast ausschließlich nur die flacheren Gehänge besiedlungsfähigen Boden bieten. In einem vorgeschritteneren Entwicklungsstadium der Canyons sind die Gehänge zwar noch ebenso steil, aber die Sohle hat bereits eine bedeutende Erweiterung erfahren und ist mit einer Alluvialterrasse ausgekleidet, wie es z. B. der Seretcanyon zeigt. Die Oberfläche dieser breiten Terrasse erhebt sich über dem Hochwasser des Flusses und bietet einen fruchtbaren Boden, welcher eine dichte Besiedlung der Canyonsohle veranlaßt. So finden wir im Canyon des unteren Seret, dessen breiter Boden mit der Alluvialterrasse ausgekleidet ist, durchschnittlich 446 Einwohner pro 1 km der Canyonlänge, wogegen für den westlichen Abschnitt des schmalsohligen Dniestrcanyons sich im Durchschnitt kaum 206 Einwohner pro 1 km ergeben.

Aus diesem Vergleich ersieht man, daß die Besiedlung eines Canyons in erster Linie von der Gestaltung seiner Sohle bestimmt wird. Neben der Beschaffenheit der Sohle ist auch die Neigung der Gehänge von großer Bedeutung. In typischen, schmalsohligen Canyons bieten nur die flacheren Gehänge im Innern der eingesenkten Mäander Raum zur Ansiedlung. Wenn dagegen bei schmaler Sohle die Gehänge auf größere Strecken hin gleich steil bleiben, so können sogar längere Canyonabschnitte in ihrem Innern unbesiedelt sein. So hängt es von morphologischen Bedingungen allein ab, in welchem Umfange ein Canyon besiedelt werden kann. Die Exposition macht sich erst dann geltend, wenn ein Gehänge flacher und überhaupt besiedlungsfähig ist. Andere Einflüsse scheinen bei der Besiedlung von Canyons nicht in Betracht zu kommen, am allerwenigsten irgend ein Einfluß des Auftretens von Grundwasser.

Im Canyongebiete Podoliens tritt das Grundwasserniveau mit seltener Gesetzmäßigkeit auf der Oberfläche des undurchlässigen Paläozoikums, in der Nähe des oberen Canyonrandes in zahllosen reichlichen Quellen zutage<sup>1)</sup>. Nichtsdestoweniger aber kann in den untersten Canyonteilen, somit unter ungünstigsten Bedingungen der Wasserversorgung eine weitgehende Verdichtung der Bevölkerung erfolgen, soweit die morphologische Gestaltung des Canyons es zuläßt. Es kommt daher auch in diesem Fall nur die Anziehungskraft des auf dem Canyonboden fließenden Wassers — nach Maßgabe der morphologisch gegebenen Möglichkeit — zur Geltung. Selbst bei solchen Siedlungen (Typus  $A_1$  in Fig. 1), die in ihrer Nähe oder sogar inmitten des Wohnplatzes ergiebige Grundwasseraustritte aufweisen, kommt es nicht auf das Quellenwasser an und für sich, sondern hauptsächlich auf die wasserreichen Quellenabflüsse an.

Wie gesagt, hängt die Besiedlung der Canyons in erster Linie von der Breite der Sohle, somit von dem Entwicklungsstadium desselben ab. Für den Verkehr dagegen ist ebensowenig der schmale, wie auch der erweiterte Canyonboden geeignet. Auf dem schmalen Canyonboden ist neben dem Flusse und seinem Alluvialbett kein Platz mehr für die Anlage einer Straße vorhanden; überdies ist auch eine dichtere Besiedlung, durch welche die Straßen angezogen werden könnten, nicht möglich. Auf dem erweiterten Canyonboden dagegen windet sich der Flußlauf inmitten der Alluvialterrasse und tritt bald an das eine, bald an das gegenüberliegende Steilgehänge des Canyons so dicht heran, daß ein zu häufiges Überschreiten des Flusses notwendig wäre. Daher finden wir auf dem Canyonboden nur untergeordnete, kümmerliche Wege, welche die Siedlungen — soweit solche auf dem Canyonboden vorhanden sind — miteinander verbinden. Die wichtigsten Verkehrsstraßen dagegen verlaufen auf der die Canyons trennenden Plateaufäche, parallel zu denselben oder quer über dieselben hinweg. So kommt die Eigenart der Canyons auch in verkehrsgeographischer Beziehung scharf zum Ausdruck. Während sonst die Täler den Verlauf und die Richtung des Verkehrs bestimmen, ist in einem Canyongebiete das Gegenteil der Fall. Der Verkehr meidet die tiefen, unbequemen und

<sup>1)</sup> Vgl. v. Łoziński, Ergebnisse hydrogeologischer Untersuchungen im Bez. Horodenka. Verhandlungen k. k. geolog. Reichsanstalt. 1905. S. 90—91.

oft siedlungsarmen Canyonfurchen und wird auf die Hochfläche des Plateaus abgelenkt, um dann und wann einen Canyon, oft unter großen Schwierigkeiten zu überschreiten und so bald als möglich wieder die Hochfläche zu erreichen. Diese verkehrsgeographische Eigenart der Canyonlandschaft läßt sich seit den ältesten Zeiten, wo der Verlauf der besuchtesten Tatarenzüge an wasserscheidende Plateauflächen gebunden war<sup>1)</sup>, bis auf die gegenwärtigen Verkehrswege verfolgen.

Während die Canyons der größeren Flüsse den Verkehr abstoßen, haben kurze Seitencanyons für die lokalen Verkehrsbedürfnisse eine große Bedeutung. Wo Siedlungen im tiefsten Teile der steilwandigen Canyons liegen, sind es hauptsächlich die kleinen Seitencanyons, welche den Anschluß an die Verkehrsstraßen auf der Plateaufläche vermitteln. Wenn der Verkehr einen Canyon zu überschreiten hat, werden dazu ebenfalls kurze Seitencanyons benützt.

Der südwestliche Teil des paläozoischen Gebietes von Podolien, welcher auf der beigegebenen Karte als ein typisches Beispiel der Canyonlandschaft dargestellt wurde, ist gleichsam eine Verkehrsbarre, auf beiden Seiten von den wichtigsten, dem Dniestrcanyon ungefähr parallelen Verkehrsstraßen des Gebietes eingefaßt. Im Verlauf der letzteren kommt die Einseitigkeit des podolischen Dniestrgbietes genau zum Ausdruck. Von der rechten, d. h. südlichen Seite, empfängt der Dniestrcanyon — wie ich an einer anderen Stelle<sup>2)</sup> zu begründen versuchte — nur wenige und sehr kurze Zufüsse. Infolgedessen kann der Verkehr auf dieser Seite ziemlich nahe an den Dniestrcanyon herantreten, sodaß er ihn stellenweise (Niezwiska, Zaleszczyki) fast berührt. Die wichtige Verkehrsstraße, welche durch die Pokuciesenkung, längs der Südgrenze des paläozoischen Gebietes läuft und bereits durch Tatarenzüge, sowie durch eine alte Handelsstraße vorgezeichnet war, stellt die kürzeste und bequemste Verbindung mit den Siedlungen im Dniestrcanyon dar. Sogar Siedlungen, die am Rande der linksseitigen Dniestralbinseln liegen, streben oft nach einer Verbindung mit dem rechten Dniestrufer, wo sie den kürzesten Anschluß an die Hauptstraße der Pokuciesenkung erreichen können. Auf der linken dagegen, d. h. nördlichen Seite des Dniestrcanyons fließen ihm zahlreiche und bedeu-

1) E. Rulikowski, *Dawne drogi i szlaki*. Ateneum, 1878, Bd. III, S. 525.

2) v. Łoziński, *Versuch einer Charakteristik usw.*, S. 664—665.

tende Wasserläufe zu. Um nun wenigstens den unzähligen kürzeren Canyons auszuweichen, muß der Verkehr auf dieser Seite weit nach Norden vom Dniestrcanyon zurücktreten. Die wichtigste Verkehrsstraße, welche das paläozoische Gebiet Podoliens durchquert, richtet sich nach dem Überschreiten des Dniestr bei Niżniów zunächst nach Norden und nimmt erst in größerer Entfernung vom Dniestrcanyon die östliche Richtung an. Der Verlauf dieser Hauptstraße des paläozoischen Gebietes ist durch zwei sehr wichtige Punkte bestimmt, und zwar einerseits durch den Dniestrübergang bei Niżniów, wo der Fluß knapp oberhalb seines Canyonanfanges noch leicht überschritten werden konnte — anderseits durch die fast beckenartige, dicht besiedelte Erweiterung des Seretcanyons bei Czortków, wo die Möglichkeit einer bequemen Durchquerung dieses Canyons gegeben war.

Die Verteilung der Bevölkerung auf der beigegebenen Karte zeigt einen weitgehenden Einfluß der Verkehrsverhältnisse. Abgesehen von der Verdichtung der Bevölkerung in Zaleszczyki, weisen die Siedlungen auf der rechten (südlichen) Seite des Dniestr im allgemeinen höhere Dichtestufen auf. Dies steht damit im Zusammenhang, daß — wie soeben gezeigt wurde — die Verkehrsverhältnisse auf der rechten Seite des Dniestrcanyons sich günstiger gestaltet haben. In den ungünstigsten Verkehrsverhältnissen finden wir die Siedlungen auf den Halbinseln. Die beiden Siedlungen (Uniz, Czerwonogród), welche im Gebiete unserer Karte eine absolute Abnahme der Einwohnerzahl aufweisen, liegen gerade auf Halbinseln des Dniestr, bzw. des Dżuryn. Wo Verkehrsstraßen den Dniestrcanyon überschreiten, findet eine Verdichtung der Bevölkerung statt, wie bei Zaleszczyki und in geringerem Grade bei Uścieczko.

Die Betrachtung der morphologischen Eigenschaften der Canyons hat Anlaß dazu geboten, die vielfache Übereinstimmung des podolischen Dniestrcanyons und der Moselfurche im Rheinischen Schiefergebirge zu betonen<sup>1)</sup>. Dieselbe Ähnlichkeit kehrt auch in anthropogeographischer Beziehung wieder. Wie im podolischen Canyongebiet finden wir auch im Moselland, daß die tiefen Erosionsfurchen vom Canyontypus für den Verkehr nicht geeignet sind und auf ihrem schmalen Boden nur wenig Raum zur Ansiedlung vor-

<sup>1)</sup> v. Łoziński, Versuch einer Charakteristik usw.

handen ist<sup>1)</sup>. Die klimatische Begünstigung aber tritt auf den Moselgehängen in viel höherem Grade hervor, als im podolischen Dniestrcanyon. Trotz solcher Übereinstimmung besteht jedoch ein großer quantitativer Unterschied, indem die Moselfurche eine bei weitem dichtere Besiedlung aufweist, als der Dniestrcanyon. Dieses ist zunächst durch den intensiven Weinbau im Zusammenhange mit der weitgehenden klimatischen Bevorzugung der Moselgehänge zu erklären. Außerdem aber kommt noch der Umstand in Betracht, daß auf der Hochfläche des Rheinischen Schiefergebirges der Boden weniger ertragsfähig ist, wogegen über der Plateaufläche Podoliens sich dieselbe und ebenso fruchtbare Lößdecke ausbreitet, wie auf den flacheren Gehängen des Dniestrcanyons.

Von dem Mosellande hat K. Lamprecht hervorgehoben, daß in demselben „sich die ländliche Kultur am reinsten . . . ausgebildet hat“<sup>2)</sup>. Dasselbe gilt auch von unserem Canyongebiete, obwohl der Gegensatz zu der Umrandung in diesem Fall nicht so scharf hervortritt. In dem Zeitabschnitt, wo in anderen Ländern ein Aufblühen der Städte und der städtischen Bevölkerung erfolgte (XV—XVI. Jahrh.), gab es in unserem Canyongebiete nur Landstädte, die größtenteils eine Ackerbau treibende Bevölkerung vereinigten und oft von sehr kurzer Existenz waren<sup>3)</sup>. Dieser Zustand hat sich bis auf den heutigen Tag ohne wesentliche Änderung erhalten. Selbst Zaleszczyki bleibt trotz der außerordentlichen Verdichtung<sup>4)</sup> der Bevölkerung eine Landstadt. Daß die Entwicklungsbedingungen auch in diesem Fall beschränkt sind, zeigt der geringe Bevölkerungszuwachs<sup>5)</sup> von Zaleszczyki, welcher weit hinter dem Mittel unseres Kartengebietes zurückbleibt, obwohl Zaleszczyki bereits am Rande des Canyongebietes und in den relativ günstigsten Verkehrsverhältnissen liegt.

<sup>1)</sup> Lamprecht, Deutsches Wirtschaftsleben im Mittelalter. Bd. I. T. 1. S. 69. Ademeit, Beitr. z. Siedlungsgeogr. d. unt. Moselgebietes. Forsch. z. deutschen Landes- u. Volkskunde. Bd. 14, S. 411 und 424.

<sup>2)</sup> Lamprecht, a. a. O., S. 73.

<sup>3)</sup> Al. Jabłonowski, Podole starożytne. Ateneum, 1887. Bd. II. S. 148. — Al. Jabłonowski, Polska XVI. wieku. Źródła dziejowe. Bd. 19. S. 15—17.

<sup>4)</sup> 796 Einwohner pro 1 km<sup>2</sup>, wenn man die Stadt Zaleszczyki und Zaleszczyki Stare als ein Ganzes betrachtet.

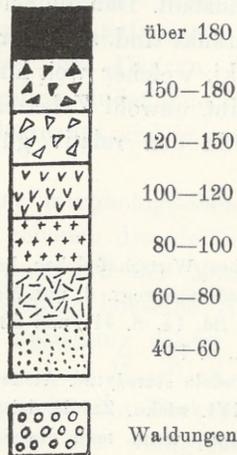
<sup>5)</sup> 13‰ für Zaleszczyki oder richtiger 16·8‰, wenn man die Stadt Zaleszczyki und Zaleszczyki Stare zusammenrechnet.

Die beigegebene Karte stellt die Volksdichte und die Änderungen der Einwohnerzahl in einer typischen Canyonlandschaft dar, als welche wir den südwestlichen Teil des paläozoischen Gebietes von Podolien zu betrachten haben. Die Karte ist genau nach dem Vorbilde von O. Schlüter<sup>1)</sup> zusammengestellt worden, wobei auch die Waldungen in derselben Weise behandelt wurden. Letzteres war in diesem Fall umsomehr geboten, als die Waldungen kaum 16·5% unseres Kartengebietes einnehmen und keine größeren Komplexe bilden, sondern wie Bänder sich längs der Canyons auf ihren steileren Gehängen hinziehen. So gibt die obige Zahl mit gewisser Annäherung zugleich den Anteil steilerer, weder anbau- noch besiedlungsfähiger Gehängeflächen an. Die Darstellung des Bevölkerungszuwachses richtet sich nach dem Mittelwerte (rund 24%) des ganzen Kartengebietes. Der Bevölkerungszuwachs, welcher diesen Mittelwert nicht erreicht, wurde als relative Abnahme bezeichnet.

### Erklärung zu Tafel XII.

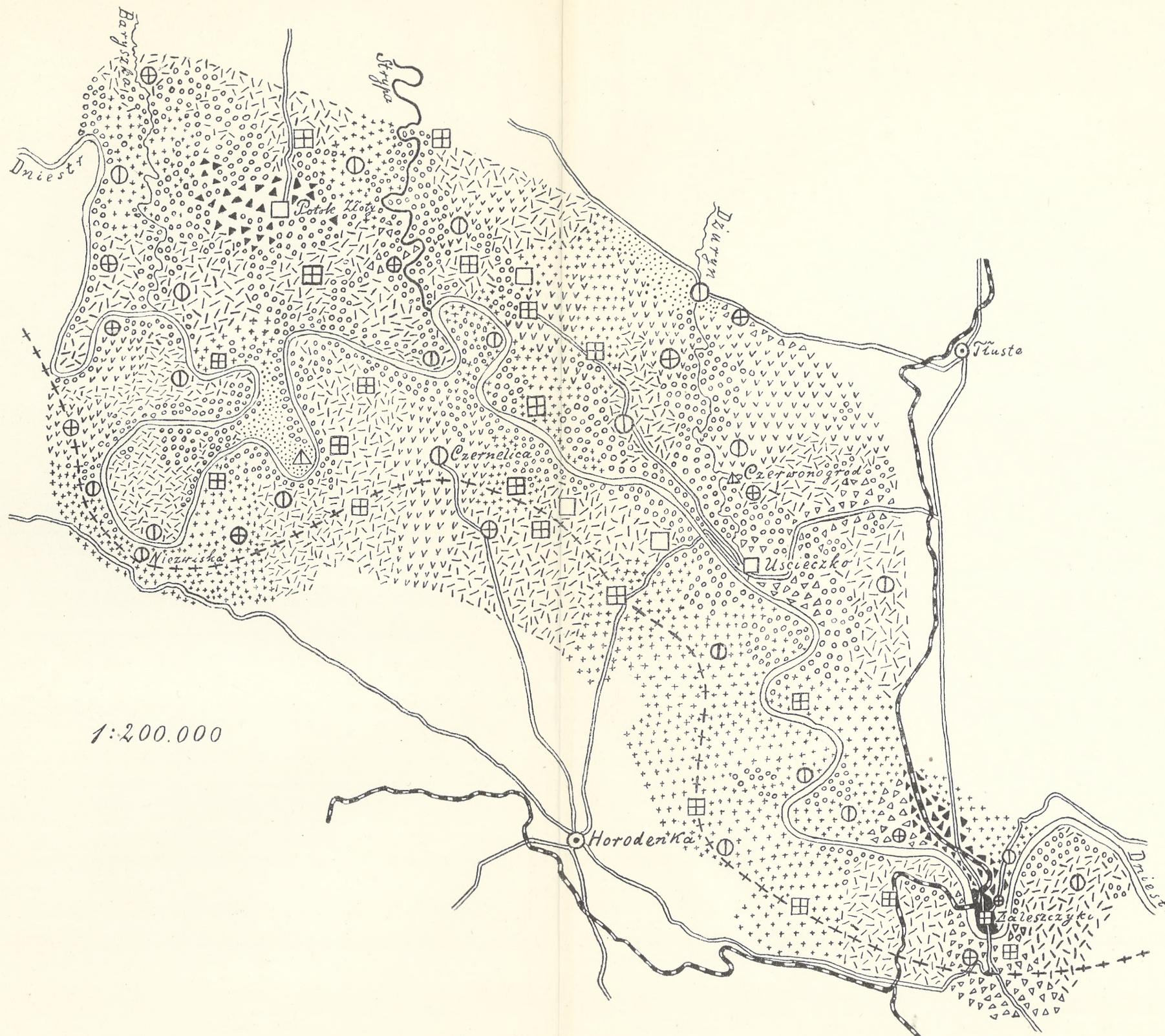
Volksdichte (1900) und Bevölkerungszuwachs (1869—1900) im SW Teile des paläozoischen Gebietes von Podolien.

#### Volksdichte pro 1 km<sup>2</sup>.



<sup>1)</sup> O. Schlüter, Die Siedlungen im nordöstlichen Thüringen. Berlin 1903.







Änderungen der Einwohnerzahl in %.

△ (-6) - 0 absolute Abnahme

□ 0 - 12 } relative Abnahme  
▣ 12 - 24 }

○ 24 - 36 } relative Zunahme  
⊕ über 36 }

+++++ SW-Grenze des paläozoischen Gebietes.

*Życie glonów w górnym biegu Prutu. — Algenleben im oberen Prut.*

Mémoire

de M<sup>lle</sup> **J. WOŁOSZYŃSKA**,

présenté par M. M. Raciborski m. c. dans la séance du 2 Mai 1910.

(Extrait).

Algenvereine eines Gebirgsbaches variieren auf kurzen Strecken so stark, daß eine genauere Kenntnis derselben, sowie der Abhängigkeit der einzelnen Arten von den wechselnden Bedingungen der Stromgeschwindigkeit, Lichtstärke, Temperatur und Höhe des Wasserstandes sich nur durch möglichst genaue Untersuchung zahlreicher, einige Meter breiter und die ganze Breite des Flusses umfassender Querprofile erzielen läßt.

Unter den in strömendem Wasser lebenden Algenvereinen können drei Gruppen unterschieden werden in bezug auf die Art und Weise, wie die einzelnen Arten an ihrem Substrat haften. Die erste Gruppe umfaßt Formen, welche besondere Haftenrichtungen besitzen; die zweite solche Formen, welche unter dem Schutze der ersteren leben; zur dritten Gruppe gehören endlich alle diejenigen Formen, welche im Schlamm ihren Schutz finden.

I. Die Algen der ersten Gruppe suchen auf mannigfaltige Weise in strömendem Wasser Halt zu gewinnen:

1) Sie sind mit der ganzen Unterseite den Steinen, die sie als Substrat benützen, angewachsen, wie *Hildenbrandtia* (im Prut nicht gefunden).

2) Sie sind mittels der sog. Sohle dem Substrat angewachsen; diese bildet eine parenchymatische Zellplatte, der einzelne Zellfäden entspringen, z. B. *Stigeoclonium*.

3) Anders verhält sich *Gongrosira* (im Prut nicht gefunden), welche sich reichlich inkrustiert.

4) *Cladophora glomerata* bildet besondere Hapteren.

5) Fest an den Felsen haftend lebt *Lemanea*.

II. Die zweite Gruppe umfaßt zahlreiche freilebende Arten, welche unter dem Schutze fest angewachsener Algen leben. Sie bilden zusammen mit den letzteren eine dünne, filzähnliche Pflanzendecke, welche die Steine überzieht. Der auf diese Weise entstehende Filz, dessen Bildung durch die rauhe Oberfläche der Sandsteine begünstigt wird, tritt durch den größten Teil des Jahres als dünner, äußerst feiner, seine Anwesenheit nur durch die grüne Farbe und die Schlüpfrigkeit der Steine verratender Überzug auf. Erst im Herbst wird der Überzug einige Millimeter stark, und erst in dieser Zeit wird es auch möglich, seine Zusammensetzung und Struktur festzustellen. Die Unterlage setzt sich aus mannigfaltigen, den Steinen angewachsenen und schwer zu bestimmenden Zellen zusammen; höchst wahrscheinlich sind es Entwicklungs- oder rudimentäre Stadien verschiedener Algen. Außerdem findet man hier dicht nebeneinander wachsende, strauchartig verzweigte Algen. All dies ist innig verbunden zu einer kompakten, schlüpfrigen, schleimigen Masse. Der Schleim entsteht teils aus toten Algenzellen, teils wird er von lebenden Algen, wie Cyanophyceen und wahrscheinlich auch Chlorophyceen ausgeschieden.

Der Filz bedeckt sowohl die im Strome, wie die am Ufer liegenden Steine; am üppigsten entwickelt er sich in mittlerer Tiefe des Steinblockes, schwächer wird seine Entwicklung mit zunehmender Tiefe und hört einige Zentimeter über der Wasseroberfläche gänzlich auf. Die Algen leben also auch noch über dem Wasser, doch nur dort, wo sie noch genügende Feuchtigkeit finden.

In dem vom Schlamm etwas verunreinigten Schleim, sowie auf demselben entwickeln sich sowohl frei bewegliche, wie unbewegliche Algen. Außerdem birgt er eine große Zahl von Dauersporen, deren Entwicklung er begünstigt. Am häufigsten begegnen wir hier dem *Stigeoclonium*, welches in schwächerer Strömung ein dicht verwebtes Strauchwerk bildet; in stärkerer Strömung entwickelt sich *Chantransia*; unter ihnen leben: *Leptochaete rivularis*, *Homoeothrix*, *Chroococcus* und alle schlammbewohnenden Diatomeen und Desmidiaceen.

In geringerer Entfernung vom Ufer wird die Mannigfaltigkeit der auftretenden Formen größer. Hier tritt *Ulothrix* auf u. v. a.

Die kompakte, schleimige und dennoch elastische Konsistenz des Filzes schützt die Algen sowohl vor dem Wellenschlag des

Flusses, wie auch vor den brennenden Sonnenstrahlen, wenn das Wasser zur Zeit der Dürre sinkt und die Steine über die Wasseroberfläche emporragen.

Alte Steine sind von Algenvereinen bedeckt, die sich jahraus jahrein erneuern. Es dauert aber, wie Experimente ergeben haben, ziemlich lange, ehe sich die Steine mit einem ganz feinen Filz überziehen; die wenigen Sommermonate genügen hiezu nicht.

III. Die dritte Gruppe freilebender Algen bewohnt den Schlamm. Dieser entsteht aus feinzerriebenem Felsenmaterial und bildet mehr oder weniger dicke Schichten auf flachen oder ausgehöhlten Flußsteinen; er fehlt nirgends und findet sich auch in starker Strömung in Steinritzen. Zur Zeit des schönen Wetters bietet er freilebenden Desmidiaceen und Diatomeen ausgezeichneten Schutz; häufig verankern sich hier *Spirogyra*-Fäden. In den Sommermonaten, wenn das Wasser und die Felsen eine genügende Wärmemenge absorbiert haben und die Entwicklung der Algen ihren Gipfelpunkt erreicht hat, wird der Schlamm porös. Seine olivengrüne Farbe und Porosität werden von den zahlreichen Algen, welche in den oberen Schichten des Schlammes leben, bewirkt. Die auf dem Schlamm sich entwickelnde Vegetation ist in der Mitte des Flusses ärmer als nahe am Ufer, am ärmsten aber in den sog. Becken.

Die typische Vegetation des Prutschlammes bilden: Diatomeen, Desmidiaceen, seltener kommen Fadenalgen vor.

Von Diatomeengattungen leben hier: *Amphora*, *Cymbella*, *Navicula*, *Stauroneis*, *Amphipleura*, *Pleurosigma*, *Gomphonema*, *Epithemia*, *Ceratoneis*, *Synedra*, *Fragilaria*, *Denticula*, *Diatoma*, *Cymatopleura*, *Solea*, *Nitzschia*, *Surirella* (*S. linearis*, *S. linearis v. constricta*).

Im Uferschlamm kommen außer den genannten vor: *Surirella robusta* samt Varietäten, *Surirella biseriata*, *S. ovalis*, *Meridion circulare*, *Fragilaria virescens*, *Navicula viridis*, *N. maior*, *nobilis* u. a. m.

Von Desmidiaceen wurden gefunden: *Penium navicula*, *Naegelii*, *Closterium moniliferum*, *Leibleinii* u. a. m., *Cosmarium sniatyniense*, *granatum*, *crenatum* u. a. m., *Staurastrum punctulatum*, *echinatum* u. a. m.

Von anderen Algen finden sich *Rhaphidium*, *Scenedesmus*, *Merismopedium*, *Oscillatoria*, *Anabaena*.

Zur Regenzeit, wenn der Strom steigt, wird der Schlamm samt der ganzen Algenvegetation weit fortgeschwemmt und der Fluß auf

diese Weise in seinem weiteren Laufe mit Lebenskeimen versehen.

Die erwähnten drei Formen der Algenvereine treten in allen Querprofilen auf. Temperaturunterschiede und wechselnde Stromgeschwindigkeit bilden wesentliche formationsbildende Faktoren. Die Temperatur des Wassers ist an heißen Sommertagen am Ufer um einige Grade höher, als in der Strommitte, die starke Stromgeschwindigkeit der Wasserfälle verschwindet vollständig nahe am Ufer und in den Becken. Die starken, hier auftretenden Unterschiede physikalischer Natur bedingen die Entstehung von Algenvereinen; die besonderen Lebensverhältnisse finden ihren Ausdruck im Auftreten gewisser bestimmter Formen, welche nur da gedeihen können.

I. Einen scharf abgegrenzten Algenverein bildet die in den Wasserfällen auftretende Gruppe. Die steinernen Stufen sind fast ganz von *Lemanea*-Überzügen bedeckt, der Rand ist mit *Cladophora glomerata* bewachsen. Außerdem begegnen wir in großen Mengen *Chantransia amethystea* und *violacea*, welche gut als Epiphyt auf der *Lemanea* gedeihen. Stellenweise tritt *Oedogonium* auf. Es werden sich nicht viel mehr Algen dieses Vereines noch aufzählen lassen. Von den Cyanophyceen lebt hier *Phormidium*.

II. Der zweite Algenverein ist ebenfalls scharf abgegrenzt; er wird von dem oben erwähnten Filz repräsentiert. Ihm verdanken die Sandsteine ihre bekannte olivengrüne Färbung. In den Wasserfällen fehlt er fast ganz, am reichsten tritt er in der Strommitte auf.

III. Der dritte Algenverein wird von den im Schlamme herumkriechenden Algen gebildet.

Die erwähnten Algenvereine sind für den Strom bezeichnend und werden hier jahraus jahrein angetroffen.

IV. Algenvereine anderer Art entwickeln sich in flachen Mulden, welche vom Hauptstrome abgeschnitten sind. Sie hängen vom schönen Sommerwetter ab. Diese Formation bildet sozusagen eine Brücke zwischen den im Strome und den in benachbarten Sümpfen lebenden Algenvereinen. Man begegnet hier vielen charakteristischen Stromalgen, ferner auch Formen, welche der nächsten Umgebung fremd sind und auch solchen, welche im Dauerzustande zur Zeit der Überschwemmung von weit hergetragen, im geeigneten Moment, sobald es Temperatur und Wasserstand erlauben, keimen. Sie entwickeln sich dann sehr üppig und überwuchern mit dicken, hellgrünen Überzügen alle seichten Stellen am Ufer.

Man könnte noch einige kleinere Algenvereine aufzählen, deren Entstehung von klimatischen Verhältnissen bedingt wird.

Die formationsbildenden Faktoren müssen wir vor allem in dem steten Wechsel des Wasserstandes und der Temperatur suchen; an diese muß sich das Leben der in einem Strom lebenden Pflanzen anpassen. Diese Veränderlichkeit ist eben das konstante Gesetz welches das floristische Bild eines Gebirgsstromes beherrscht.

---

Ein Verzeichnis der von der Verfasserin im oberen Prut gesammelten Algenarten ist in der ausführlichen Arbeit, welche nächstens in „Sprawozdanie Komisji fizyograficznej Akademii Umiejętności“, Bd. 45, erscheinen wird, enthalten.

---

*Przyczynek do znajomości rodzaju Epirrhizanthès. — Beiträge zur Kenntnis der Gattung Epirrhizanthès.*

Mémoire

de M<sup>lle</sup> **RÉGINE REISER,**

présenté par M. M. Raciborski m. c. dans la séance du 2 Mai 1910.

Im Jahre 1901 veröffentlichte O. Penzig in den „Annales du Jardin Botanique de Buitenzorg“ eine eingehende Arbeit über *Epirrhizanthès cylindrica* und *tenella*. Hiemit erlaube ich mir, einige Einzelheiten über *Epirrhizanthès tenella* beizutragen, die in der oben genannten Arbeit unberücksichtigt geblieben, oder nicht ganz richtig dargestellt worden sind.

Das Material dieser saprophytischen Polygalacee lieferte mir Professor Raciborski, dem ich dafür, so wie auch für seine Hilfe meinen innigsten Dank an dieser Stelle ausspreche.

*Epirrhizanthès* lebt als Saprophyt in den feuchten Wäldern Java's und die Anpassung an die Lebensbedingungen hat bei dieser Pflanze eine tiefgreifende Reduktion mancher vegetativen Organe bewirkt. Sie besitzt nämlich kein Chlorophyll, keine Spaltöffnungen, im Cribralteil der Gefäßbündel entwickeln sich keine Siebröhren, die Hauptwurzel verschwindet bald und ihre Funktion übernehmen zarte Adventivwurzeln, die am unterirdischen Stengelteil entspringen und keine Wurzelhaare besitzen. Dagegen entwickeln sich ganz normal die Geschlechtsorgane und der Embryo.

Im Stengel lassen sich die drei Hauptgewebe: der Zentralzylinder, die Rinde und die Epidermis genau unterscheiden. Die 9—10 Gefäßbündel sind im jungen Stengel isoliert und ringförmig angeordnet. Sie sind bikollateral, bestehen aus einer geringen Anzahl von Gefäßen, die nur spirale und ringförmige Verdickungen aufweisen. Der Cribralteil besteht beiderseits aus schmalen, langen und plasmareichen Zellen mit gestreckten Zellkernen, folglich aus typischen Cambiformzellen. Zwischen dem Vasalteil und dem nach au-

ßen gekehrten Cribralteil wird ein kleines Cambium von kurzer Dauer angelegt. Einerseits entstehen daraus Holzelemente, größtenteils mechanische, Holzfasern, die wahrscheinlich die fehlenden mechanischen Elemente im Cribralteil ersetzen, anderseits beteiligen

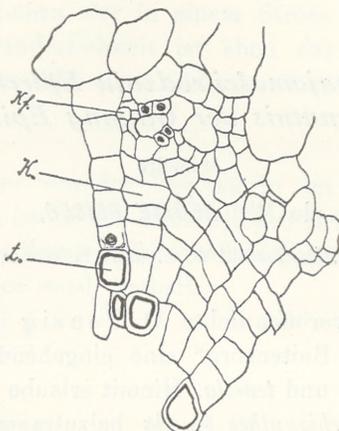


Fig. 1. Teil eines Querschnittes durch einen jungen Stengel. Im unteren Teile Gefäße *t*, in der Mitte das Cambium *K*, oben kleine Cambiformzellen *Kf*.

sie sich zweifellos an dem Aufbau des Cambiformringes (Fig. 1). Durch Verholzung der Cambiumzellen entsteht ein kontinuierlicher Holzring aus 4–5 Schichten, der zusammen mit den verholzenden

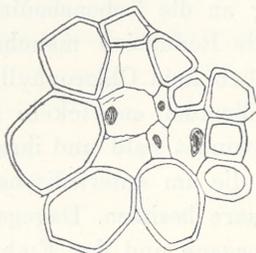


Fig. 2. Zerdrückte Cambiformzellen, umgeben von Gefäßen und großen Markzellen.

Markzellen einen Holzzylinder bildet. Die nach innen zu liegenden Cambiformzellen werden während der Verholzung der Markzellen und des Cambiums mehr oder minder zusammengedrückt. An Querschnitten sind immer 9–10 Inseln von solchen zerquetschten Zellen an der Markgrenze sichtbar, die in Zahl und Gestalt den früheren Cambiformzellen entsprechen (Fig. 2). Das Mark besteht aus

zweierlei Zellen; die äußeren, die an die Gefäßbündel grenzen, haben eine geringe Breite, sind aber verhältnismäßig lang, die inneren dagegen sind breiter, aber um die Hälfte kürzer. Den äußeren fehlen die Interzellularräume gänzlich, doch sehen wir sie weiter nach innen zu auftreten und immer größer werden. In den Markzellen fand ich sehr zahlreiche Kalkoxalatkristalle, dagegen keine Stärke. Im Cribralteil entwickeln sich die Siebröhren gar nicht,

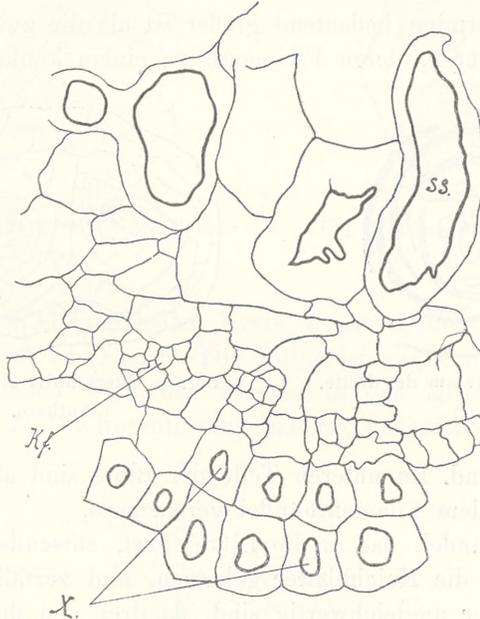


Fig. 3. Teil eines Querschnittes durch einen älteren Stengel. Oben Zellen der Schutzscheide *SS*, unten Xylemelemente *X*, dazwischen der unterbrochene Cambiformring *Kf*.

und die Cambiformzellen umgeben den Holzzylinder wie ein an vielen Stellen unterbrochener Ringwall (Fig. 3).

In der Rinde, die aus 8—10 Zellagen besteht, entwickelt sich die zweite oder die dritte Schicht, von innen gerechnet, als Schutzscheide. Ihre Zellen sind lang, zugespitzt, die Wände sind stark verdickt, aber nicht verholzt, wie Penzig angibt, sondern bestehen aus reiner Zellulose. Auch diese Schutzscheide bildet keinen kontinuierlichen Ring; sie ist mehr oder weniger durchbrochen (Fig. 3). Die Epidermis ist mit einer deutlichen Cuticula versehen, die kleine Papillen aufweist.

Die Blüten sind in eine Ähre zusammengedrängt, und wir finden da alle Stadien nebeneinander: ganz junge Knospen, offene Blüten und fast reife Früchte. Die Blüten stehen in der Achsel einer schmalen und langen Schuppe, die den jungen Knospen hinreichenden Schutz bietet.

Das beigefügte Diagramm (Fig. 4), zeigt den Bau einer Blüte, die aus 5 schmalen, gleichen, bis zur Hälfte der Blüte reichenden Kelchblättern besteht, ferner aus 3 Kronenblättern, unter denen das mittlere, kahnförmige bedeutend größer ist als die zwei seitlichen, und aus 5 Antheren, deren Filamente zu einem konkaven Bündel

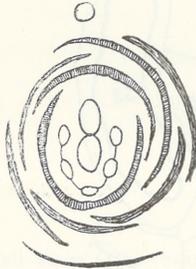


Fig. 4. Diagramm der Blüte.

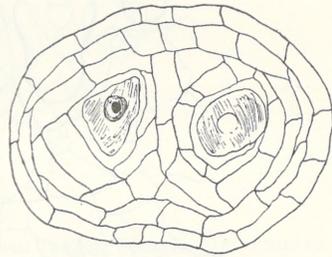


Fig. 5. Querschnitt einer jungen Anthere.

verschmolzen sind. Im unteren Teile der Blüte sind alle drei Kronenblätter mit dem Filamentbündel verwachsen.

Das Gefäßbündel, das in die Blüte führt, entsendet 5 Abzweigungen, die in die Kelchblätter gelangen, und zerfällt dann in 5 Bündel, die aber ungleichwertig sind, da drei von ihnen Abzweigungen zu den Kronenblättern und den Antheren, und zwei Abzweigungen nur zu den Antheren entsenden.

Das männliche Archospor wird nur an zwei Stellen des Antherenquerschnitts angelegt. Die 1—3 Pollenmutterzellen (Fig. 5) teilen sich ganz normal in verhältnismäßig große Pollenkörner. Die junge Antherenwand besteht aus vier Zellschichten, unter denen die innerste sich zur Tapetenschicht, aus großen, aber plasmaarmen Zellen entwickelt. Während der Reife des Pollens verschwinden sie. Gleichzeitig wird die zweite, hinter der Tapetenschicht liegende Schicht ganz zusammengedrückt, so daß die Wand der reifen Anthere nur aus zwei Schichten besteht: der Epidermis und der mechanischen Schicht mit deutlichen Verholzungen. Die elliptischen, tonnenförmigen Pollenkörner besitzen eine stark verdickte Exine mit

9—10 Längsfurchen. Im medianen Querschnitte ist ein Streifen der Exine unverdickt und läuft in Form eines Querreif rings um den Pollen herum. In den Längsfurchen, an Stellen, wo sie den unverdickten Querreif passieren, liegen die Austrittsstellen. In der Exine sieht man ferner am Querschnitte im Innern jedes

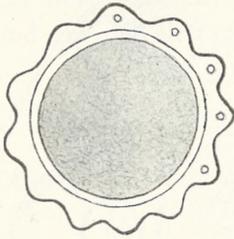


Fig. 6. Querschnitt eines Pollenkornes.

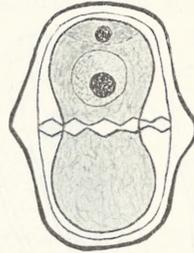


Fig. 7. Längsschnitt durch ein Pollenkorn.

Höckers einen kleinen hellen Kreis, dessen Bedeutung mir unbekannt geblieben ist (Fig. 6). Die Intine ist ungleichmäßig verdickt und infolgedessen wird das Plasma in der Mitte zusammengeschnürt (Fig. 7). Die linsenförmige, nackte, generative Zelle ist deut-

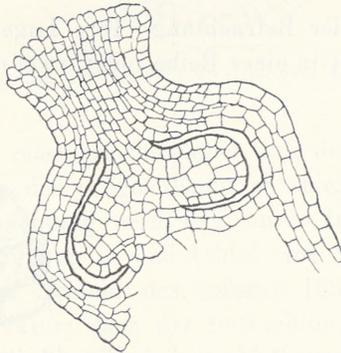


Fig. 8. Längsschnitt durch ein junges Gynaeceum.

lich von der vegetativen abgegrenzt und schmiegt sich immer der Intine an.

Das Gynaeceum besteht aus zwei Fruchtblättern; in jedem befindet sich ein Ovulum, das in jungen Blüten fast horizontal, in reifen fast vertikal und orthotrop ist (Fig. 8). Die Fruchtblattwand besteht aus 4 Schichten. Das einzellige Archospor teilt sich hetero-

typisch in vier Zellen, von denen die oberste sich zum Embryosack entwickelt (Fig. 9). Der Kern dieser Zelle gibt nach drei Teilungen acht Kerne. Der Eiapparat weist große Synergiden auf (Fig. 10). Die drei Antipoden sind klein und verschwinden sehr früh,

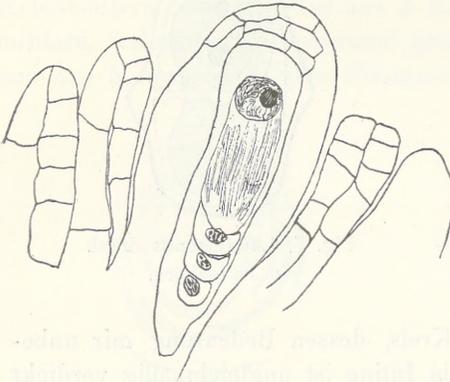


Fig. 9. Ein junges Ovulum. Die oberste Zelle der Tetrade entwickelt sich zum Embryosack.

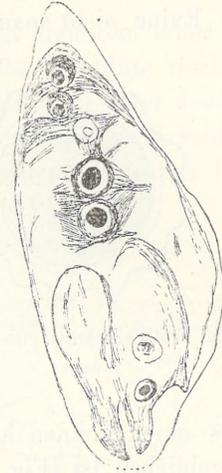


Fig. 10. Achkerniger Embryosack.

vielleicht sogar vor der Befruchtung. Ihre Lage ist variabel, entweder liegen alle drei in einer Reihe, oder zwei nebeneinander und

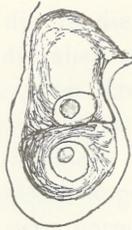


Fig. 11. Zweizelliger Embryo. Die erste Zelle hakenförmig gekrümmt.

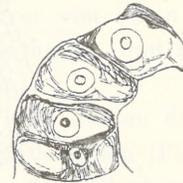


Fig. 12. Der vierzellige Suspensor.

die dritte oberhalb. Den Befruchtungsvorgang selbst konnte ich nicht beobachten; ich fand nur den Rest eines Pollenschlauches im Innern der Mikropyle. Das befruchtete Ei teilt sich, wie gewöhnlich, in zwei Zellen, von denen die obere, der Mikropyle zugekehrte, sich hakenförmig krümmt (Fig. 11). Diese Krümmung behält auch die erste Zelle des vierzelligen Suspensors, der übri-

gens der ganzen Länge nach von der Längsscheide des Gynaeceums nach außen leicht gekrümmt ist, bei (Fig. 12). Die Kotyledonen sind verhältnismäßig klein und stehen voneinander ab; die Plumula wird früh zwischen ihnen sichtbar. Die Radicula habe ich trotz der erheblichen Zahl der Präparate nicht gesehen.

Die zwei zweischichtigen Integumente verwachsen eng miteinander über dem Nucellus, der aus drei Zellschichten besteht. Seine Zellen sind vor der Befruchtung gleich, später treten in der Cha-

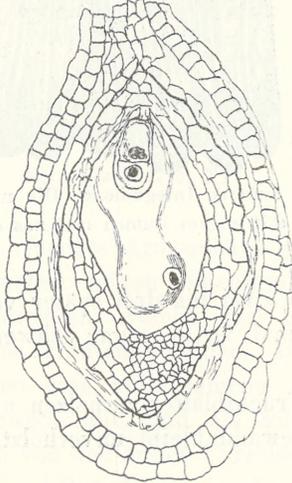


Fig. 13. Ovulum mit zweizelligem Embryo.

lazagegend kleine, plasmareiche Zellen auf, die zweifellos eine Rolle bei der Ernährung des jungen Embryos spielen (Fig. 13).

Nach der Befruchtung wird das innere Integument zusammengedrückt, das äußere bleibt und bildet eine Schutzschicht um den Samen. Die innere Schicht des äußeren Integuments zeigt schon früh Palisadenstruktur; nach der Befruchtung beginnen die Zellen in die Länge zu wachsen, wobei die Kerne sich der äußeren Wand nähern. Während der Reifung des Embryos wachsen die Zellen immer mehr, ihre Wände verdicken sich und nur die nach außen gekehrte bleibt unverdickt. Dicht an diese Wand lagern sich die degenerierten Kerne (Fig. 14). Endlich verschwindet vollkommen das Lumen dieser Zellen und die Wände färben sich braun. Auch die zweite Schicht des äußeren Integuments verbleibt und dient wahrscheinlich zur Aufspeicherung der Nährstoffe. Der Nucellus ver-

schwindet fast ganz, noch bevor das Endosperm seine vollkommene Entwicklung erreicht hat; nur in der Gegend der Chalaza bleibt ein kleines Gewebe, das kleine, aber plasmareiche Zellen führt. Das Endosperm besteht aus wenigen, aber ziemlich großen Zellen,

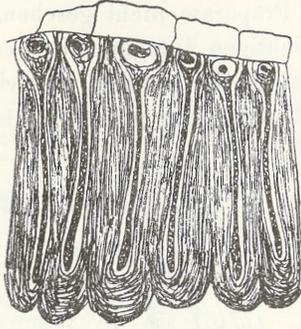


Fig. 14. Zellen aus dem äußeren Integument. Die nach innen gekehrte Schicht besteht aus Zellen mit engem Lumen und aus degenerierten Kernen.

deren Kerne anfangs zwei bis drei später verschwindende Nukleolen besitzen; manchmal ist es sogar schwer, den Kern selbst zu finden.

Die Wände der Fruchtblätter verholzen und bilden ein Perikarp, nur die Längsscheidewand bleibt unverholzt und unverdickt.

*O wywoływaniu sztucznem nowotworów przetchlinkowych w figowcu (Ficus). — Über Induktion von Lenticellenwucherungen bei Ficus.*

Mémoire

de M. P. **WIŚNIEWSKI**,

présenté par M. E. Godlewski m. t. dans la séance du 2 Mai 1910.

(Planches XIII et XIV).

In Wasser oder in feuchte Atmosphäre gebrachte Zweige vieler Bäume und Sträucher zeigen eigentümliche Veränderungen im Aussehen der Lenticellen, welche stark anschwellen und lose zusammengefügte, weiße Häufchen bilden. Der anatomische Bau dieser Lenticellen weist eine vollkommene Ähnlichkeit mit dem aërenchymatischen Gewebe auf, und als solches ist das Gewebe dieser Lenticellen auch von den ersten Forschern, wie Schenk(6), Goebel(3) und Tubeuf(8) erkannt worden.

Die Ursache der Entstehung dieser Lenticellenwucherungen erblickte Schenk (6) im erschwerten Zutritt von Sauerstoff. Tubeuf (8b), welcher die Sprosse und Wurzeln verschiedener Pflanzen der Einwirkung von Wasser und mit Dampf gesättigter Atmosphäre aussetzte und die Wirkung dieser Faktoren mit derjenigen der wechselnden Sauerstoffmenge und der An- oder Abwesenheit des Lichtes in der nächsten Umgebung der Zweige kombinierte, kam schließlich zu der Überzeugung, daß die Entstehung der Lenticellenwucherungen weder von der Intensität des Lichtes noch von der größeren oder geringeren Sauerstoffmenge abhängig ist, sondern nur durch Berührung des Zweiges mit Wasser oder mit feuchter Atmosphäre bedingt wird.

Als Sorauer(7) nach den Ursachen der sogenannten „Lohkrankheit“ forschte, welche eigentlich nur eine vorgerückte Lenticellenwucherung ist, kam er zu dem Schlusse, daß diese Krankheit durch lokalen Wasserüberschuß verursacht wird, welcher

„einerseits durch reichliche Wasserzufuhr zu den Wurzeln besonders kräftig wachsender Individuen, andererseits durch geringe Verdunstungsfähigkeit der Rinde infolge größerer Luftfeuchtigkeit hervorgebracht wird“. Tubeuf (8b) erzielte aber Lenticellenwucherungen auch an in feuchte Atmosphäre gebrachten, an beiden Enden mit Paraffin bedeckten Zweigen, bei denen also der Wasserzufluß von außen ausgeschlossen war. Es kann folglich „weder bei der einfachen Lenticellenwucherung, noch bei der Ribbildung von einem Wasserüberschuß im Zweige als Ursache gesprochen werden“ [Tubeuf (8b)]. Devaux (1), welcher die Lenticellenwucherung zum Gegenstand seiner Forschungen machte, sowohl bezüglich des anatomischen Baues derselben wie auch bezüglich der Bedingungen von deren Entstehung an Sprossen, Wurzeln und Knollen bei einer großen Anzahl von Pflanzen<sup>1)</sup>, erhielt diese Bildungen sowohl beim Eintauchen des Zweiges in Wasser und Unterbringen in feuchter Atmosphäre, wie auch in mit Watte verschlossenen Probierzylindern<sup>2)</sup>.

Küster (5b) konstatierte, daß sich in manchen Fällen die Lenticellenwucherungen leichter in mit Wasserdampf gesättigter Atmosphäre, als in Wasser bilden, und daß sie in manchen Fällen (z. B. an Sprossen von *Acer*-Arten, an Kartoffelknollen) nur an denjenigen Teilen des Zweiges erscheinen, welche sich in gesättigter Atmosphäre befinden, während es unter Wasser zu solchen Bildungen überhaupt nicht kommt. Küster vermutet, daß in diesem Falle Lenticellenwucherungen infolge vollständiger Hemmung der Transpiration und des Zutritts von Sauerstoff unter dem Wasser nicht gebildet werden.

Wir sehen also, daß alle oben genannten Forscher die Ursache der Bildung von Lenticellenwucherungen nicht im Sauerstoffmangel erblicken. Eine unentbehrliche Bedingung für deren Entstehung ist die Berührung des Zweiges mit Wasser entweder im flüssigen oder dampfförmigen Zustande<sup>3)</sup>.

Aus unseren an *Ficus australis* und *elastica* durchgeführten Nach-

<sup>1)</sup> Unter anderen beobachtete Devaux die Wucherungen an *Ficus elastica* und *australis*.

<sup>2)</sup> In letzterem Fall war der Zweig auch der Einwirkung des aus dem Zweig selbst durch Transpiration ausgeschiedenen Wasserdampfes ausgesetzt. (Anmerkung des Verf.).

<sup>3)</sup> Vergleich auch die Schriften von Gräbner (2), Vouk (9) und Zach (10).

forschungen über die Wucherungen ergibt sich indessen, daß das Wasser zur Entstehung von Lenticellenwucherungen nicht unbedingt nötig ist. Wenn man die Zweige von *Ficus australis* oder *elastica*, welche in normalen Verhältnissen in der Zimmeratmosphäre wachsen, in regelmäßigen mehrtägigen Zeitabständen mit flüssigem Paraffin (*paraffinum liquidum*) überzieht, so treten manchmal schon nach einigen Wochen an denselben deutliche Lenticellenwucherungen auf, die bei weiterer Fortsetzung des Versuches recht große Dimensionen (bis 4 mm Durchmesser) erreichen können.

Die ersten Lenticellenwucherungen treten meistens an den Knoten hervor, dann werden sie auch an den Zwischenknoten gebildet, manchmal so reichlich, daß gewisse Teile des Zweiges davon dicht bedeckt sind (Taf. XIV, Fig. 10).

Manchmal bilden die Lenticellenwucherungen längliche, regelmäßige Reihen (Taf. XIV, Fig. 11). Diese Wucherungen erscheinen gewöhnlich reichlicher an durch Entstehung des Korkgewebes braun gewordenen Zweigen, kommen aber auch an den grünen Teilen des Sprosses vor.

Prof. Raciborski erhielt schon nach einmaliger Bestreichung eines jungen Sprosses von *Ficus australis* mit Paraffin nach einigen Tagen die ersten Wucherungen nicht nur an den bräunlichen, sondern auch an den grünen Teilen des Sprosses<sup>1)</sup>.

Die Wucherungen sind weiß, manchmal aber mehr oder weniger braun. Die weißen traten an ziemlich häufig (z. B. je 7 Tage, 16/IX—23/X) paraffinierten Zweigen auf, die braunen dagegen an solchen, die in längeren Zwischenräumen (z. B. am 3/I, 18/II, 23/III) mit Paraffin bestrichen worden waren.

Die Zweige von *Ficus australis* wurden auch der Wirkung des Wassers ausgesetzt. Zu diesem Zwecke wurden die beblätterten (etwa 15—20 cm langen) Zweigspitzen in ein unter einer Glasglocke stehendes, mit Wasser gefülltes Glas gegeben, so daß der untere Teil des Zweiges im Wasser auf zirka 5—7 cm eingetaucht war. Gewöhnlich traten schon nach Ablauf von wenigen Tagen an den eingetauchten Teilen der Zweige einige weiße Lenticellenwucherungen auf. Es unterliegt also keinem Zweifel, daß es nach Bestreichung mit Paraffin zur Bildung von Lenticellenwucherungen

<sup>1)</sup> Die Pflanze befand sich in ziemlich hoher Temperatur u. zw. bei zirka 25—35° C.

an *Ficus australis* und *elastica* kommt, daß also die Wirkung des Wassers nicht die notwendige Bedingung ihrer Entstehung ist, worauf aber die Wirkung des Paraffins beruht, darüber können wir nichts Bestimmtes sagen. Weitere Forschungen in dieser Hinsicht sind hier angezeigt<sup>1)</sup>.

Die Forschungen über die Wirkung des Paraffins beschränkten sich nur auf die Lenticellenwucherungen bei *Ficus australis* und *elastica*. Es ist aber durchaus nicht ausgeschlossen, daß man auch bei anderen Pflanzen auf diesem Wege Lenticellenwucherungen erhalten kann. Es wäre auch noch zu untersuchen, ob es nicht möglich

<sup>1)</sup> Wenig wahrscheinlich wird die Annahme sein, daß die Erschwerung der Transpiration durch Bestreichung mit Paraffin das Erscheinen der Lenticellenwucherungen bewirke. Um mich zu überzeugen, wie die Erschwerung der Transpiration allein auf die Zweige wirkt, brachte ich einige in mit Wasserdampf gesättigte Atmosphäre. Um die Bedingungen denen im Experimente mit Paraffin gleich zu gestalten, setzte ich, dem Rat Herrn Prof. Raciborski's folgend, auf die Zweigchen von *Ficus* Glasröhrchen mit an beiden Enden durchlöcherten Korkstöpseln auf, durch welche die Zweigchen durchgeführt waren. Die Röhrchen waren innen mit feuchtem Löschpapier ausgekleidet oder enthielten so viel Wasser, daß es die Zweigchen nicht berührte. Auf diese Weise wurde, ähnlich wie bei Experimenten mit Paraffin, die Hemmung der Transpiration ermöglicht, ohne daß die Zweige von der Pflanze getrennt wurden. Außerdem tauchte ich einige von derselben Pflanze abgeschnittene Zweigchen mit ihren unteren Enden in ein Glas mit Wasser und stellte dieses auf einen mit Wasser gefüllten Teller unter die Glasglocke; einige von den Glasglocken waren innen mit Löschpapier ausgekleidet. Außerdem bestrich ich einige Zweigchen eines anderen Exemplars mit Paraffin. Das Experiment dauerte vom 16/X bis zum 1/III. Schon nach Ablauf von 10 Tagen bildeten sich an den im Wasser eingetauchten Zweigchenteilen starke Lenticellenwucherungen; nach 3 Wochen traten die Wucherungen an den (je 7 Tage) paraffinierten Zweigchen hervor, blieben dagegen an den sich in gesättigter Atmosphäre befindenden Teilen der Zweigchen bis zum Schluß des Experiments (1/III) völlig aus. Am 1/III wurden einige Zweige derselben Pflanze, welche uns das Material zu dem soeben beschriebenen Versuche geliefert hatte, der Wirkung des Paraffins ausgesetzt, und nach Ablauf von 4 Wochen traten an ihnen Lenticellenwucherungen hervor. Es wäre vielleicht ein voreiliger Schluß, wenn wir annehmen wollten, daß Lenticellenwucherungen an *Ficus australis* in gesättigter Atmosphäre überhaupt nicht hervorgerufen werden könnten; es scheint mir aber, daß man aus den hier angeführten Experimenten zum mindesten den Schluß ziehen kann, daß durch die Wirkung des Paraffins und des Wassers die Wucherungen leichter, als in gesättigter Atmosphäre entstehen können. Die Wirkung des Paraffins also und des Wassers besteht zum mindesten nicht allein in der Hemmung der Transpiration; es ist jedoch nicht ausgeschlossen, daß hier überhaupt andere Faktoren mit im Spiele sind.

wäre, sogar noch andere Erscheinungen der Hypertrophie und Hyperplasie und vor allem der Intumeszenzen<sup>1)</sup> unter der Einwirkung von Paraffin zu konstatieren.

Der anatomische Bau der Lenticellenwucherungen unterscheidet sie in mancher Hinsicht von den normalen Lenticellen. In Fig. 2 (Taf. XIII) sehen wir im Durchschnitte eine normale Lenticelle von *Ficus australis*. Wir unterscheiden hier Füllzellen (*f*), die Verschlusschichte (*s*), welche aus einer Reihe von Zellen besteht, die Verjüngungsschichte (*v*) und darunter die locker gefügten Phellodermzellen (*Phd*). In Fig. 1 (Taf. XIII) sehen wir zwei nicht durchbrochene, voneinander durch Füllzellen getrennte Verschlusschichten (*s*), aber auch hier ist jede Verschlusschichte aus einer Reihe von Zellen zusammengesetzt. Wie wir also sehen, haben die Zellen dieser Lenticellen keine Tendenz zur Ausdehnung in radialer Richtung.

Wenn wir diese Lenticellen mit der in Fig. 3 (Taf. XIII) dargestellten Lenticellenwucherung vergleichen, sehen wir, daß im letzteren Falle die Füllzellen von außen eine deutliche Ausdehnung in radialer Richtung aufweisen (in *fl*). Diese Zellen sind in regelmäßigen radialen Reihen angeordnet, die äußeren immer größer und zugleich durch longitudinale Membranen immer loser miteinander verbunden. Die übrigen Zellen der Lenticelle, die Verjüngungsschichte (*v*) und die Phellodermzellen (*phd*) weisen keine prinzipiellen Unterschiede im Vergleiche zu den Zellen einer gewöhnlichen Lenticelle auf. Die Ausdehnung und die damit im Zusammenhange stehende, lose Verbindung der Zellen, welche in der in Fig. 3 dargestellten Lenticelle nur die äußeren Zellen betraf, kann auch die tiefer gelegenen Zellen umfassen und sich bis auf die letzten Phellodermzellen erstrecken, wie wir es in Fig. 4 (Taf. XIII) sehen; es kann endlich die Ausdehnung auch die Zellen der Rinde betreffen, wie man es in Fig. 5 (Taf. XIII) sieht (*r. l*).

In diesem Falle haben wir es schon mit einem etwas anderen Typus von Lenticellenwucherungen zu tun. Die Zellen dehnen sich nicht nur aus, sondern bekommen auch Scheidewände, wie man es deutlich bei manchen Zellen der Rinde (*rt*) und bei Phellodermzellen (*phd. t*) (Fig. 4) sehen kann. Ein viel mehr fortgeschrittenes Stadium der Teilung der Phellodermzellen (*phd. t*) und Rinden-

<sup>1)</sup> Vergl. vor allem die Schriften von Sorauer (7), auch von Küster (5a, c), Tubeuf (8a), Haberland (4) und von anderen.

zellen (*r, t*) ist in Figur 5 angedeutet. Wucherungen der Lenticellen können nicht nur nach innen, sondern auch seitwärts durch Teilung der Rindenzellen (*rt*, Taf. XIII Fig. 7) entstehen, wobei auch hier die neugebildeten Zellen, wie auch bei der Wucherung nach innen sich in radialen Reihen anordnen. Außer der Elongation und Zellenteilung charakterisieren sich die Lenticellenwucherungen durch Anwesenheit dicker Korkschichten. Die in Fig. 5 und 6 dargestellten, aus mehreren Zellenreihen zusammengesetzten Korkschichten (*s*) unterscheiden sich verhältnismäßig nicht viel von den Verschlussschichten, die an normalen Lenticellen hervortreten. Eine viel stärkere, aus etwa zehn Zellenreihen bestehende Korkschicht hat die in Fig. 8 (Taf. XIII) abgebildete Lenticelle (*k*). Alle Zellen dieser Schicht sind bis zu einem gewissen Grade elongiert; die Elongation und nachher die Verkorkung der Zellen kann seitwärts, außerhalb der Lenticellengrenzen fortschreiten, indem vorwiegend die Peridermzellen von diesen Veränderungen betroffen werden (vergleiche Fig. 8 rechts), und daselbst die Entstehung einer mehr oder minder mächtigen, verkorkten Zellschicht (*k*) hervorrufen, welche manchmal die benachbarten Lenticellen (*lc*) verbindet (Taf. XIII, Fig. 9). Manche Zellen dieser Schicht können zur Teilung gelangen und auf diese Weise die Dickenzunahme dieser Schicht hervorrufen (Fig. 8 *t*).

Aus der angeführten Beschreibung ersehen wir also, daß sich der anatomische Bau der Lenticellenwucherungen ziemlich mannigfaltig gestaltet. Er hängt davon ab, welche Zellen sich ausdehnen, ob sich in denselben neue Scheidewände bilden, ob dieselben der Verkorkung anheimfallen und endlich, in wie vielen Zellen die Verkorkung hervortritt.

Die von uns untersuchten, weißen, bei ziemlich häufigem Paraffinieren des Zweiges erhaltenen Wucherungen an *Ficus australis* zeigten nur eine Ausdehnung der Zellen, dagegen finden wir in den bräunlichen auch eine Teilung der Zellen und manchmal Bildung von mächtigen Korkschichten.

Die hier angeführte Beschreibung betrifft den Bau der unter der Wirkung des Paraffins erhaltenen Lenticellenwucherungen bei *Ficus australis*. Der Bau der durch Einwirkung von Wasser hervorgerufenen Wucherungen bietet keine prinzipiellen Unterschiede dar; sie weisen nur eine Ausdehnung der Zellen auf, jedoch weder

Teilung noch Verkorkung, gradeso wie die durch häufiges Paraffinieren erhaltenen weißen Wucherungen.

### Zusammenfassung.

1) Durch Bestreichen der Zweigoberfläche von *Ficus australis* und *elastica* mit flüssigem Paraffin (*paraffinum liquidum*) kann man Lenticellenwucherungen erhalten.

2) Es ist zweifelhaft, ob die Wucherungen hier ausschließlich infolge von Erschwerung der Transpiration durch Paraffinüberzug entstehen, weil es nicht gelang, an Zweigen, die in mit Dampf gesättigte Atmosphäre gebracht wurden, Lenticellenwucherungen zu erhalten.

3) Der anatomische Bau der Lenticellengeschwülste zeigt eine starke Elongation der Lenticellen und der Rindenzellen, Teilung derselben und manchmal Entstehung von mächtigen Korkschichten.

Diese Arbeit wurde im botanischen Institut der Landwirtschaftlichen Akademie in Dublany auf Veranlassung und unter Leitung des Herrn Prof. Dr. Raciborski ausgeführt, dem ich an dieser Stelle meinen aufrichtigen Dank für seine wertvollen Fingerzeige und seinen tatkräftigen Beistand ausspreche. Ebenso bin ich seinem Nachfolger, Herrn Prof. Dr. S. Krzemieniewski, zum aufrichtigen Dank für seine gütige Hilfe bei der Ausführung dieser Arbeit verpflichtet.

### Literatur.

- 1) Devaux. Recherches sur les lenticelles. Ann. Sc. Natur. Botan., 8-me série, tome XII, 1900, S. 139.
- 2) Graebner B. Beiträge zur Kenntnis nicht parasitärer Pflanzenkrankheiten an forstlichen Gewächsen. Krankhafte Veränderungen an Stämmen in Moospolstern. Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen, XXXVIII, 1906; zit. nach einem Ref. in Bot. Zentralblatt 1910, Nr. 8, I. Halbjahr.
- 3) Goebel. Pflanzenbiologische Schilderungen, 1893, S. 261. Zitiert nach Tubeuf (8).
- 4) Haberland. Über experimentelle Hervorrufung eines neuen Organs bei *Conoccephalus ovatus* Trée. Festschr. f. Schwendener, 1899.

- 5) Küster E. Histologische und experimentelle Untersuchungen über Intumescenzen. Flora 1906, XCVI, S. 527.
- b) — Pathologische Pflanzenanatomie, 1903.
- c) — Über experimentell erzeugte Intumescenzen. Ber. d. deutsch. Bot. Gesellsch. 21, 1903, S. 452.
- 6) Schenk H. v. Über Aërenchym, ein dem Kork homologes Gewebe. Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot., 1889, Bd. XX, S. 566.
- 7) Sorauer. Handbuch der Pflanzenkrankheiten, III. Aufl., 1906, S. 210—219, auch 435—458.
- 8) Tubeuf v. a) Intumescenzenbildung der Baumrinde unter Flechten. Naturw. Zeitschr. f. Land- und Forstwirtschaft 1906, Heft I, S. 373. — b) Über Lenticellenwucherungen (Aërenchym) an Holzgewächsen. Forst.-Naturwiss. Zeitschr. 1898, S. 408.
- 9) Vouk. Anatomie und Entwicklungsgeschichte d. Lenticellen an Wurzeln von *Tilia*. Sitz. d. Akademie d. Wiss. z. Wien, 1. Juli 1909, Bd. CXVIII, Abt. I, S. 18.
- 10) Zach. Zur Kenntnis hyperhydrischer Gewebe. Österr. bot. Zeitschr., LVIII 1908, S. 718.

## Erklärung der Tafeln XIII und XIV.

Bedeutung der Zeichen:

- f* = Füllzellen.  
*s* = Verschlussschichte.  
*phd* = Phellodermzellen.  
*v* = Verjüngungsschichte.  
*k* = Korkzellen.  
*pd* = Periderm.

### Taf. XIII.

Fig. 1. Querschnitt einer normalen Lenticelle mit zwei Verschlussschichten, die voneinander durch Füllzellen getrennt sind. Z. 105-fache Vergr.

Fig. 2. Querschnitt einer normalen Lenticelle mit einer sichtbaren, nicht durchbrochenen Verschlussschichte. Etwa 85-fache Vergrößerung.

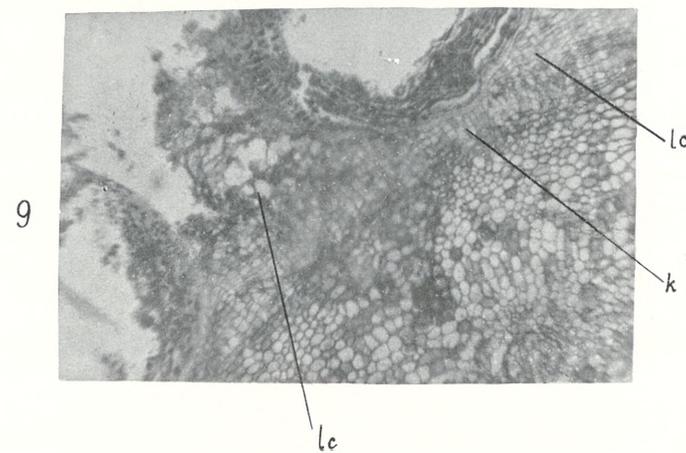
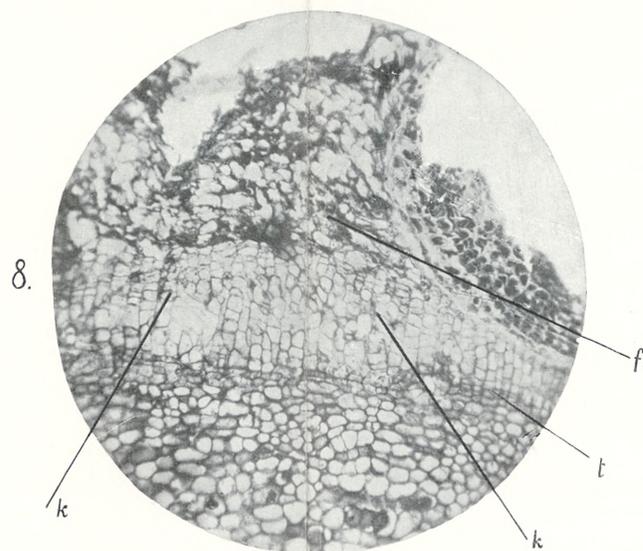
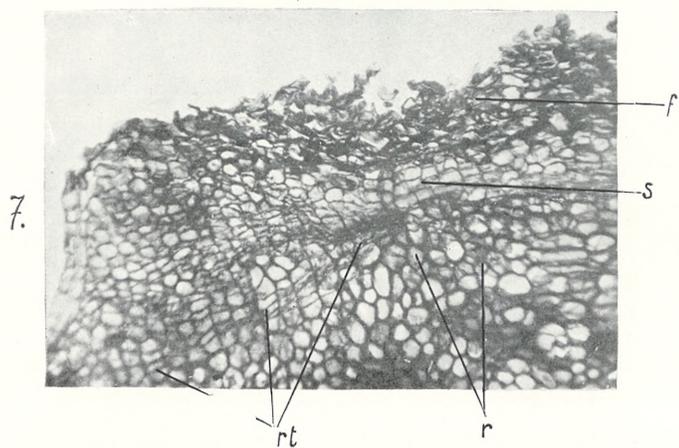
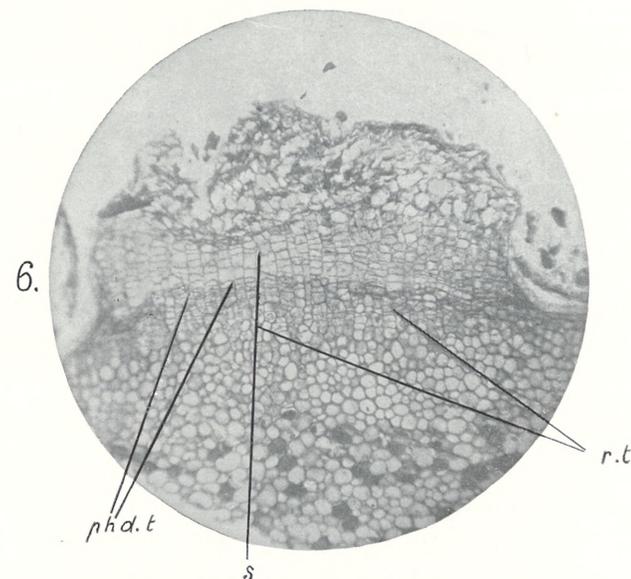
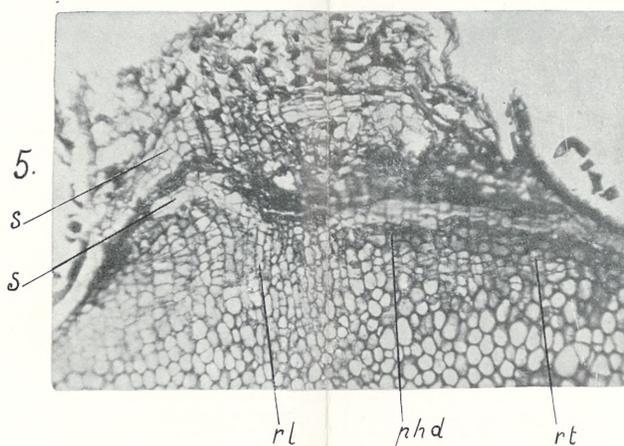
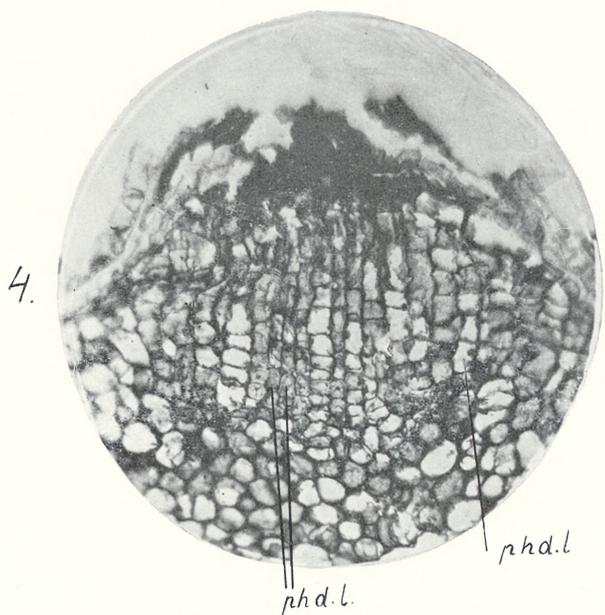
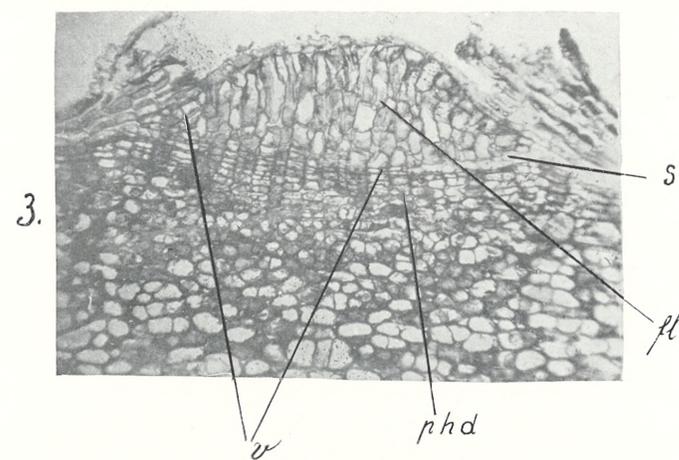
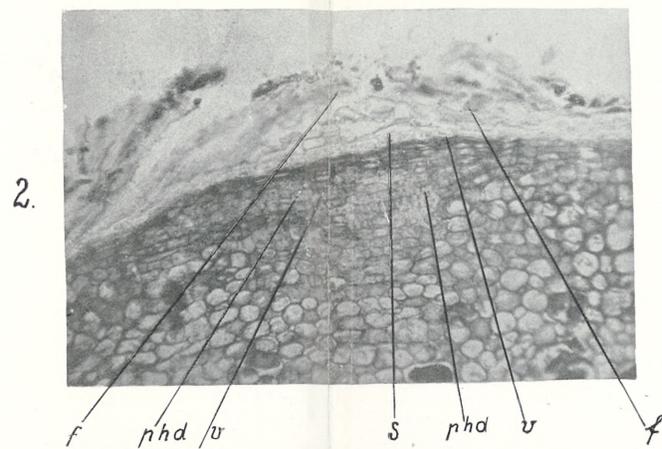
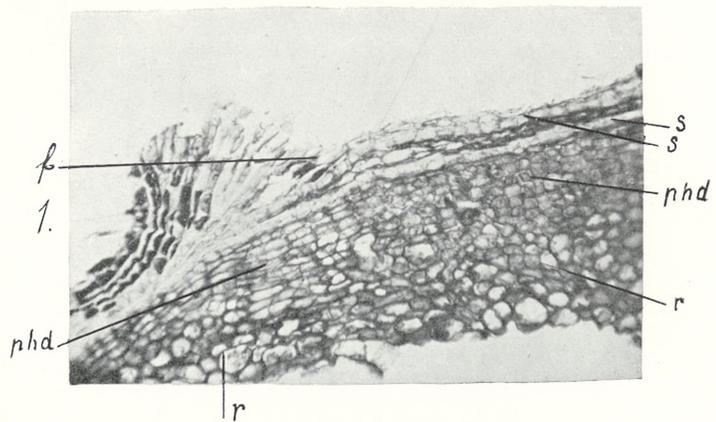
Fig. 3. Querschnitt einer unter der Wirkung von Paraffin entstandenen Lenticellenwucherung mit deutlicher Ausdehnung der Füllzellen (*f*, *l*). Z. 105-fache Vergröß.

Fig. 4. Querschnitt einer unter der Wirkung von Paraffin entstandenen Lenticellenwucherung mit deutlicher Ausdehnung der Phellodermzellen (*phd*, *l*). Z. 155-fache Vergr.

Fig. 5. Querschnitt der unter der Wirkung von Paraffin entstandenen Lenticellenwucherung mit deutlicher Ausdehnung der Zellen der primären Rinde (*r*, *l*). Z. 105-fache Vergr.

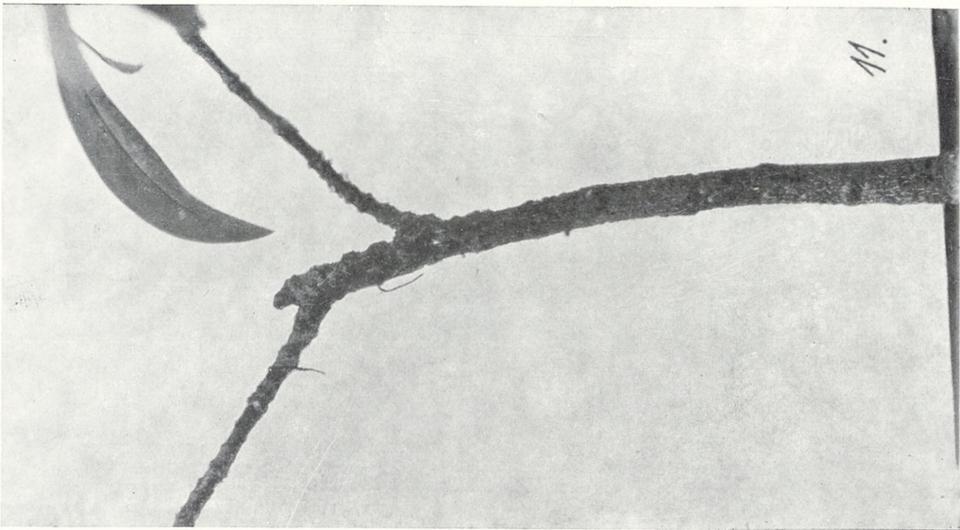
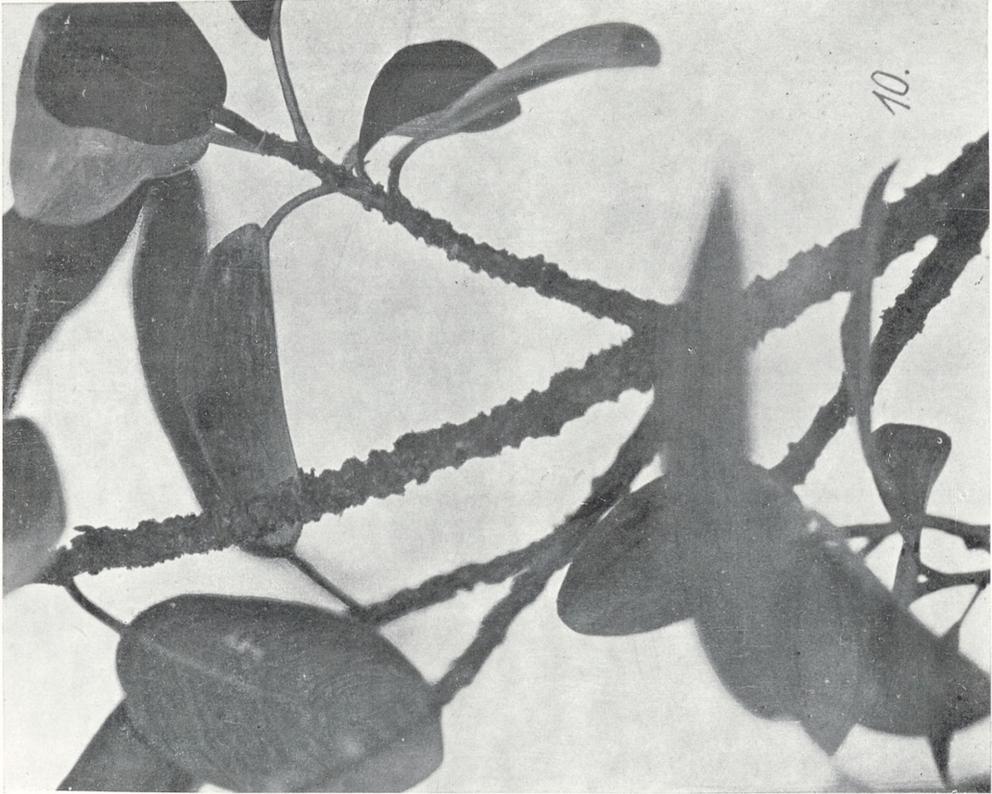
Fig. 6. Querschnitt einer unter der Wirkung von Paraffin entstandenen Lenticellenwucherung mit deutlicher Teilung der Phellodermzellen (*phd*, *t*) und der Zellen der primären Rinde (*r*, *l*), Z. 75-fache Vergr.





P. Wisniewski.





P. Wiśniewski.



Fig. 7. Querschnitt einer unter der Wirkung von Paraffin entstandenen Lenticellenwucherung mit deutlicher seitwärtiger Wucherung durch Teilung der Rindenzellen. Z. 105-fache Vergr.

Fig. 8. Querschnitt der unter der Wirkung von Paraffin entstandenen Lenticellenwucherung mit mächtiger Korkschichte. Z. 75-fache Vergr.

Fig. 9. Zwei, durch eine mächtige Korkschichte verbundene Lenticellenwucherungen. Z. 60-fache Vergr.

Taf. XIV.

Fig. 10. Ein Zweig von *Ficus australis* mit durch Wirkung von Paraffin erhaltenen Lenticellenwucherungen.

Fig. 11. Teil eines jungen Sprosses von *Ficus australis* mit Lenticellenwucherungen, die in länglichen, regelmäßigen Reihen angeordnet sind.



*Przyczynek doświadczalny do etyologii pryszczykowego zapalenia oka. — Experimenteller Beitrag zur Phlyktänen-  
ätiologie.*

Mémoire

de M. **EDMOND ROSENHAUCH**,

présenté par M. T. Browicz m. t. dans la séance du 2 Mai 1910.

Klinische Beobachtungen haben gezeigt, daß phlyktänuläre Augen-  
erkrankungen in überwiegender Mehrzahl der Fälle bei Individuen  
vorkommen, die mit Skrophulose, ev. Tuberkulose belastet sind.  
Bakteriologisch wurde im Konjunktivalsack dieser Patienten am  
häufigsten *Staphylococcus aureus* konstatiert. Das Verhältnis der  
Phlyktäne zur Tuberkulose einerseits und dem gelben *Staphylococcus*  
andererseits ist jedoch noch in manchen Punkten dunkel. Das eine  
geben mehrere Autoren (Axenfeld, Leber, Bach, Reuss u. v. a.)  
zu, daß bei der Entstehung der Phlyktäne innere wie äußere Fak-  
toren mitwirken. Welche Rolle aber den äußeren und welche den  
inneren Ursachen zukommt, ist noch nicht entschieden worden.

Dieser Frage experimentell näher zu treten, war die Aufgabe  
folgender Versuche.

Bereits früher, als ich mich mit dem experimentellen Hervor-  
rufen von Phlyktänen am Tierauge beschäftigte, führte ich gelben,  
von phlyktänulärer Augenentzündung gezüchteten Staphylokokkus  
in den Bindehautsack von Meerschweinchen und Kaninchen ein,  
nachdem vorher die Bindehaut mit einer ausgeglühten Platinspatel  
gereizt oder mit einer sterilen Nadel angestochen worden war. Nach  
diesem Vorgang rötete sich die Bindehaut ein wenig, hauptsächlich  
an der gereizten Stelle, am folgenden Tage sah man an den Lid-  
rändern trockenes, schleimig-eitriges Sekret, aber in keinem der  
vielen Versuche konnte ich phlyktänenartige Gebilde beobachten.  
Einmal zeigte sich nur am Limbus ein kleines Geschwürchen, dessen  
histologische Untersuchung jedoch nicht dem Bau einer Phlyktäne,

sondern dem einer gewöhnlichen Impfpustel entsprach. In der zweiten Serie meiner Versuche ging ich in ähnlicher Weise vor, wie bei soeben beschriebenen Experimenten, jedoch mit dem Unterschiede, daß ich jetzt nicht gesunde Tiere (wie in der ersten Serie) benützte, sondern tuberkulöse, mit experimenteller, bakteriologisch konstaterter Tuberkulose. Gewöhnlich zeigten sich nach diesem Vorgange schon nach 24—48 Stunden, zuweilen auch später, auf der Bindehaut phlyktänenähnliche Eruptionen, die entweder in Gestalt größerer solitärer Eruptionen auf der Bulbusbindehaut oder am Hornhautlimbus saßen, oder in Gestalt kleiner, sandkornähnlicher Gebilde auftraten und am Limbus zerstreut lagen.

Zur Kontrolle führte ich in das andere Auge der untersuchten Tiere andere Mikroben, wie weißen Staphylokokkus, Diplobazillen, Colibakterien u. a. ein, jedoch stets mit negativem Resultate. Zweimal (in 22 Versuchen) erhielt ich nur auf der Bindehaut nach Einführung von Morax-Axenfeld's Diplobazillen phlyktänenähnliche Knötchen. Die anatomische Untersuchung zeigte aber in keinem der zahlreichen Präparate das typische Anfangsstadium eines unter unversehrtem Epithel liegenden Knötchens, vielmehr war das Epithel an mehreren Stellen oberhalb des Knötchens getrennt und enthielt mehrere nekrotische Epithelzellen. Der Bau des Knötchens erinnerte jedoch an echte Phlyktänen im späteren Stadium. Experimente an Augen tuberkulöser Meerschweinchen mit Einführen des gelben Staphylokokkus wiederholte ich mehrmals, fast stets mit gleichem Resultate: die Bindehaut rötete sich, der Limbus verdickte sich, endlich traten charakteristische Phlyktänen auf. Dieselben zeigten sich jedoch nicht nur an den mit der Nadel gereizten Stellen; sehr oft konnte man sie in einer gewissen Entfernung von der Reizstelle beobachten. Die bakteriologische Untersuchung dieser Phlyktänen ergab absolut negative Resultate. Ich konnte in denselben weder Tuberkelbazillen noch irgendwelche andere Mikroben konstatieren.

Einmal traten bei einem scheinbar gesunden Kontrolltier Phlyktänen auf der Bindehaut auf, bloß nach Einführen des Staphylokokkus in den Bindehautsack. Da dies ein Ausnahmefall war — weil bis nun nach einem solchen Vorgang Phlyktänen nur bei tuberkulösen Tieren auftraten — lag der Verdacht nahe, daß das Tier tuberkulös sei, und die Vermutung erwies sich als richtig. Nach einer Tuberkulininjektion erlag das Tier noch an demselben Tage;

bei der Sektion konnte man ausgedehnte Tuberkulose der Lungen konstatieren.

Die Beobachtung, daß Phlyktänen fast ausschließlich bei tuberkulösen Tieren auftraten, so wie die Abwesenheit von Tuberkelbazillen in den histologisch untersuchten Phlyktänen bewog mich zur Ausführung einer dritten Versuchsserie: ich injizierte Meer-schweinchen unter die Haut in der Bauchgegend 2 cm<sup>3</sup> 10% Tuberkulin, um sicher zu sein, daß ich es mit gesunden Tieren zu tun habe, denn nach einer so starken Dose von Tuberkulin geht ein tuberkulöses Tier in kurzer Zeit zugrunde. Den am Leben gebliebenen Tieren führte ich in den Bindehautsack gelben Staphylokokkus, der aus dem Bindehautsacke an *Conjunctivitis phlyctae-nulosa* leidender Menschen gezüchtet war, von einer 24 stündigen Agarkultur ein; die Conjunctiva wurde vorher wie in den beiden früheren Serien gereizt.

Zur Kontrolle führte ich auf dieselbe Weise von derselben Kultur Staphylokokken in den Bindehautsack gesunder, nicht tuberkulinisierter Tiere ein, denen unter die Bauchhaut 2 cm<sup>3</sup> von derselben Bouillon, die zur Herstellung von Tuberkulin verwendet worden war, eingespritzt wurden. Das Resultat dieser Versuche an tuberkulinisierten Tieren war den an tuberkulösen Tieren ausgeführten ganz ähnlich. Fast in der Regel erhielt ich typische Phlyktänen auf der Bindehaut. Bei den Kontrolltieren konnte ich keine ähnlichen Gebilde beobachten.

Bei einem Tiere, welches 2 cm<sup>3</sup> Tuberkulin subkutan eingespritzt bekam und welchem nur in den rechten Bindehautsack gelber Staphylokokkus eingeführt wurde, zeigten sich Konjunktival-Phlyktänen auf beiden Augen. Die bakteriologische Untersuchung des linken Bindehautsackes wies eine fast reine Kultur des *Staphylococcus aureus* neben einigen Kolonien des nicht pyogenen, weißen Staphylokokkus auf.

Diese Versuche werfen ein gewisses Licht auf die Entstehung der Phlyktänen bei Skrophulösen, in deren Organismus ein offener oder latenter tuberkulöser Herd sich fast in der Regel findet und bei denen am Lidrande so oft Staphylokokken zu finden sind. Diese Versuche können uns auch das Auftreten der Phlyktänen erklären, welche bei Menschen nach diagnostischer, subkutaner Tuberkulineinspritzung auf der Bindehaut zuweilen aufschließen. Im Bindehautsacke des Menschen befindet sich eben ziemlich oft der gelbe Staphylokokkus

(Meyers, van Haaften, Morax, Gonin, Pollock, Usher und Fraser u. m. a.). Jedoch schien mir die vorherige Reizung mit der Platinöse oder das Anstechen mittelst einer Nadel vor dem Einführen des Staphylokokkus ein zu starkes Trauma zu bilden, welches in normalen Verhältnissen nur ausnahmsweise vorkommen könnte. Um daher diesen heiklen Punkt aus meinen Experimenten auszuschalten und in den Versuchsbedingungen den Zuständen bei unseren kleinen Patienten möglichst nahe zu kommen, die die Li-

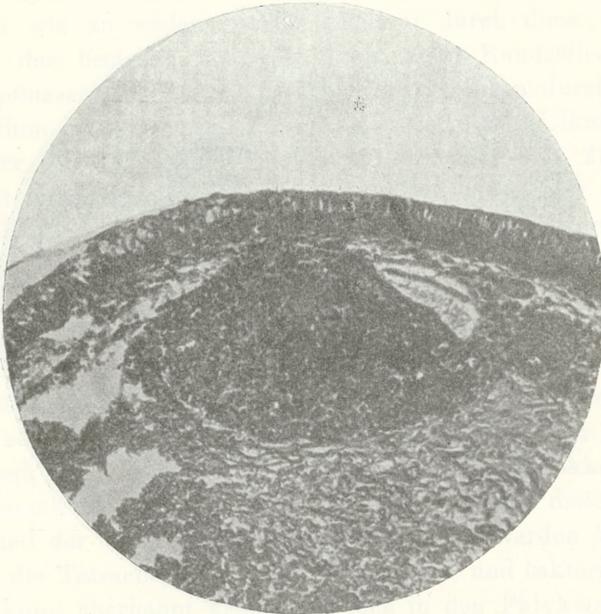


Fig. 1.

der drücken, zusammenkneifen und sogar mit den Händen reiben, hiedurch zweifellos zu kleinen Erosionen im Epithel der Bindehaut oder Hornhaut führen und auf diese Weise das Eindringen der Mikroben erleichtern, — ging ich in der IV. Serie meiner Versuche, wie folgt, vor:

Tuberkulinisierten Tieren (wie oben) führte ich in den nicht gereizten Bindehautsack Staphylokokken von einer 24-stündigen Agarkultur ein und massierte nachher das obere Lid, auf diese Weise die Mikroben in die Bindehaut einreibend. Auch in diesen Fällen traten fast in der Regel auf der Bindehaut charakteristische, durchscheinende Phlyktänen auf. Einige solcher Knötchen wurden

ausgeschnitten, in Essigsublimate gehärtet, in Paraffin eingebettet und mikroskopisch untersucht. Zwei Präparate sind in Fig. 1 u. 2 wiedergegeben.

Fig. 1 stellt ein ziemlich vorgerücktes Stadium dar. Vor Eintritt dieses Stadiums sieht man im subepithelialen Gewebe ein unbedeutendes Infiltrat, das aus kleinen Rundzellen mit großem Kern und einer geringen Protoplasmamenge besteht. Das Epithel verhält sich noch ganz normal, es wölbt sich nicht vor. In dem subepithe-

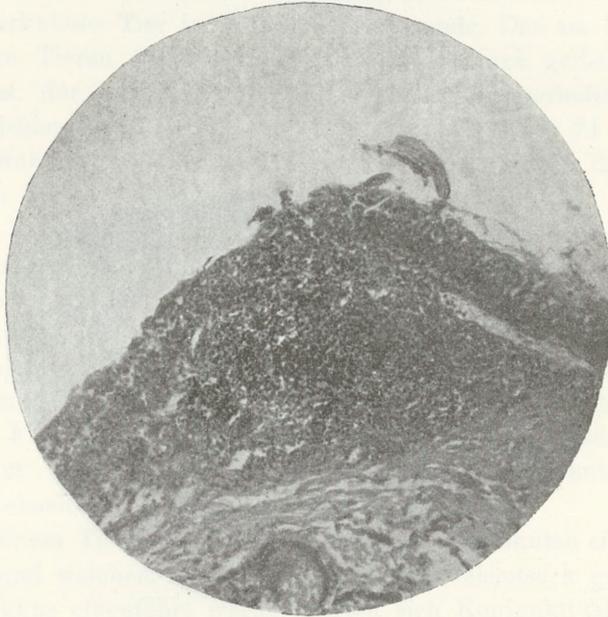


Fig. 2.

lialen Gewebe erscheinen öfters erweiterte, mit Blutkörperchen gefüllte Blutgefäße. Nach diesem Anfangsstadium der Phlyktäne wird die Rundzelleninfiltration bedeutender, sie beginnt sich als ein umschriebener Knoten von der Umgebung abzugrenzen, die Gefäße erscheinen noch mehr mit Blut gefüllt, in ihrem Lumen sieht man polynukleäre Leukozyten, die durch die Gefäßwand in die Umgebung vordringen. Hie und da sieht man in der Phlyktäne, die jetzt schon eine deutliche Erhabenheit bildet, Zellgruppen, die an epitheloide Zellen des Tuberkelknötchens erinnern. Das Epithel ist noch unberührt, nur durch das darunter befindliche Knötchen etwas vor-

gewölbt (Fig. 1). Riesenzellen konnte ich nicht bemerken; im Epithel sind zuweilen becherförmige Schleimzellen zu sehen.

Wenn in diesem Stadium die Grenzen des subepithelialen Knötchens sich noch ziemlich deutlich von der Umgebung abheben, verwischen sie sich in dem nächsten (Fig. 2) durch bedeutende Zunahme des Rundzelleninfiltrats. Auch hier sind Gruppen von epitheloiden Zellen sichtbar. Die wichtigsten Unterschiede machen sich jedoch im Epithel selbst bemerkbar. Das schon im vorherigen Stadium etwas gewölbte Epithel bauscht sich jetzt noch stärker auf, in demselben bemerken wir an vielen Stellen Lücken; durch diese wie auch zwischen den bestehenden Zellen brechen die Rundzellen, welche die Hauptmasse des Knötchens bilden, nach außen durch. Es ist das Stadium, welchem schon das Entstehen eines Ulkus auf der Kuppe der Vorwölbung folgt. Diese Figuren (Fig 1 u. 2) entsprechen fast vollkommen dem mikroskopischen Bilde einer menschlichen Phlyktäne, wie es Fuchs in seinem Lehrbuche der Augenheilkunde (S. 109) wiedergibt.

Trotz eifrigsten und genauen Durchsuchens der zahlreichen Schnitte gelang es mir nicht, in den Phlyktänen Tuberkelbazillen oder irgendwelche andere Mikroben zu finden. Dieser Mangel von Tuberkelbazillen in den Phlyktänen sowie die obigen Versuche, in welchen es gelang, typische Phlyktänen nach subkutaner Injektion von Tuberkulin und Einführung des gelben Staphylokokkus in den Bindehautsack zu erhalten, beweisen unstreitig, daß dieses Leiden ohne Anteil der Tuberkelbazillen hervorgerufen werden kann.

Aber die Tatsache, daß durch histologische und bakteriologische Untersuchung überhaupt keine Mikroben in den Phlyktänen nachgewiesen werden konnten, führten auf die Vermutung, daß vielleicht auch der Staphylokokkus in diesen Experimenten durch seine Toxine ähnlich wirkt. Infolgedessen unternahm ich weitere Versuche, um zu ermitteln, ob es nicht gelingen würde, durch subkutane Einspritzung von Tuberkulin und gleichzeitiges Einführen von Staphylokokkengiften in den Bindehautsack experimentell am Tierauge ebenfalls Phlyktänen zu erzeugen.

Ich führte eine Platinöse mit abgetöteten Staphylokokken in den Bindehautsack eines vorher tuberkulinisierten Meerschweinchens<sup>1)</sup> ein und massierte hierauf leicht das obere Lid. Von zehn

<sup>1)</sup> Vor dem Versuche in dieser wie in der folgenden Serie wurde der Binde-

auf diese Weise behandelten Tieren traten bei sieben charakteristische Phlyktänen auf.

Außer diesen Experimenten mit abgetötetem Staphylokokkus führte ich noch einige Versuche mit den Staphylokokkengiften aus, die nach der Methode Pick's, Eisler's und Berger's gewonnen worden waren (Kraus u. Levaditi: Handbuch der Technik und Methodik der Immunitätsforschung. B. I, S. 370).

Ich führte eine 2%-ige Lösung<sup>1)</sup> dieser Substanz in den Bindehautsack eines vorher tuberkulinisierten Tieres ein, welchem nachher das obere Lid massiert wurde.

Als Resultat erhielt ich siebenmal in zehn Versuchen charakteristische Phlyktänen. Bei 10 Kontrolltieren, die ebenfalls tuberkulinisiert waren, in deren Bindehautsack aber statt der Staphylokokkengifte 2%-ige Ammoniumsulfatlösung eingeführt wurde, konnte ich kein einziges Mal phlyktänenähnliche Eruptionen beobachten.

Auf diese Weise gelang es mir, experimentell ohne Anwesenheit von Mikroben, bloß mit deren Giften (Tuberkulin, Staphylokokkengifte) auf der Tierbindehaut Phlyktänen zu erhalten.

Diese Experimente bestätigen die klinischen Beobachtungen, da, wie bereits erwähnt, die *Kerato-conjunctivitis phlyctenulosa* fast in der Regel bei skrophulösen Individuen auftritt, bei denen es gelang, einen tuberkulösen Herd in der Lunge, den Knochen oder dem Lymphsystem nachzuweisen. Aber auch bei solchen Individuen, bei denen mittels Palpation, Perkussion oder Auskultation keine Diagnose auf Tuberkulose gestellt werden konnte, gelang es fast immer, eine positive Tuberkulinreaktion zu erhalten, was als Beweis gelten kann, daß wir mit einem latenten Tuberkuloseherd zu tun hatten.

Andererseits wurde durch bakteriologische Untersuchung in dem Bindehautsack an *Conjunctivitis phlyctenulosa* leidender Individuen in überwiegender Mehrzahl der Fälle der gelbe Staphylokokkus nachgewiesen.

Auf Grund der Übereinstimmung obiger Versuche mit den klinischen Beobachtungen könnte man den Schluß ziehen, daß der

hautsack der Tiere auf seinen Keimgehalt untersucht. Zum Experimente wurden nur solche Tiere gewählt, in deren Bindehautsack außer weißen, nichtpathogenen Staphylokokken keine Mikroben, vor allem nicht der *aureus* gefunden wurden.

<sup>1)</sup> Vor dem Versuche wurde die Sterilität der Lösung sichergestellt.

Erkrankungsprozeß im Menschenaug in ähnlicher Weise vor sich geht, wie wir es am Tieraug experimentell nachgewiesen haben, daß also bei der Entstehung der Phlyktäne zwei Faktoren zusammenwirken: die im Blute kreisenden Tuberkeltoxine und Toxine anderer Mikroben (vor allem die des gelben Staphylokokkus), die von dem Bindehautsack aus wirken. Wir hätten hier somit ein Zusammenwirken äußerer und innerer Ursachen.

Wir wissen, daß die Gewebe eines Organismus, der einen tuberkulösen Herd in sich birgt, unter dem Einflusse des von Tuberkelbazillen produzierten Giftes stehen. Wir können daher ferner annehmen, daß diese Gewebe (in unserem Falle die Binde- und Hornhaut) in einer Art beeinflußt werden, daß sie auf ein geringes Trauma toxischer Substanzen (vor allem der Staphylokokkentoxine) mit Phlyktänen reagieren. Daß das Tuberkulin wirklich das Auge zu phlyktänulärer Entzündung veranlassen kann, dafür können solche Fälle als Beweis gelten, wo nach subkutaner Tuberkulininjektion zu diagnostischen Zwecken typische Phlyktänen am Auge auftraten; dies kommt fast in der Regel bei Individuen vor, die bereits früher eine *Conjunctivitis phlyctaenulosa* überstanden haben. Das Tuberkulin hat somit eine abgeklungene phlyktänuläre Entzündung von neuem entfacht.

Aus dem Mikrobiologischen Institute (Dir. Prof. Dr. Nowak) der Jagellonischen Universität in Krakau.

Das Material stammt aus der Univ.-Augenklinik. (Dir. Hofrat Prof. Wicherkiwicz).

---

*Wpływ mineralnych składników pożywki na rozwój Azotobaktera. — Der Einfluß der Mineralbestandteile der Nährlösung auf die Entwicklung des Azotobaktens.*

Mémoire

de M<sup>me</sup> **H. KRZEMIENIEWSKA,**

présenté par M. E. Godlewski m. t. dans la séance du 7 Mars 1910.

Die Feststellung der Unentbehrlichkeit gewisser mineralischer Verbindungen für Bakterien ist mit manchen Schwierigkeiten verbunden. Die Ansprüche der Bakterien in dieser Hinsicht sind so gering, daß ihnen oft die aus dem Glas ausgelaugten oder zufällig als Verunreinigung in der Nährlösung vorkommenden Mengen von Mineralstoffen genügen. Bei Einführung von Pepton oder Fleischextrakt in die Nährlösung sind irgendwelche Schlüsse nach dieser Richtung hin unmöglich; sichere Resultate erhält man nur bei Anwendung chemisch definierter Kohlenstoff- und Stickstoffquellen.

Andererseits sind die Schwierigkeiten nicht gering, sofern es sich um die Wahl eines Maßstabes zur Beurteilung der Entwicklung von Bakterienkulturen handelt. Es wurden zu derartigen Untersuchungen farbstoffbildende Bakterien verwendet, aber auch in diesen Fällen beschränkte man sich auf qualitativen, subjektiven Vergleich der Entwicklung der einzelnen Kulturen.

*Azotobacter chroococcum* gestattet bis zu einem gewissen Grade, diese Schwierigkeiten zu überwinden. Er benötigt zu seiner Entwicklung nur Kohlehydrate und Mineralsalze, also Körper, die sich gewiß leichter von fremden Beimischungen befreien lassen. Als Maßstab seiner Entwicklung kann man mit genügender Genauigkeit die von ihm assimilierte Stickstoffmenge annehmen, wie dies in der Tat durch die in dieser Arbeit zusammengestellten Versuche bestätigt wird. Gerlach und Vogel <sup>1)</sup> haben in der Trockensubstanz des

<sup>1)</sup> Centralbl. f. Bakt., 1903, Bd. X, S. 643.

Azotobaktens 10—12% Stickstoff festgestellt, was ungefähr 80% Eiweiß entspricht; der überwiegende Teil desselben wird zur Bildung der im Organismus festgelegten Masse verwandt, wobei in der Nährlösung nur unerhebliche Mengen gefunden wurden.

Die ersten Proben einer Bestimmung der für den Azotobakter notwendigen Mineralbestandteile haben Gerlach und Vogel<sup>1)</sup> vorgenommen. Die betreffenden Versuche wurden in Glaskolben ausgeführt, die mit 1 l einer Nährlösung von folgender Zusammensetzung gefüllt wurden:

0·5 g	K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>
0·5 "	CaCO <sub>3</sub>
0·5 "	NaCl
etwas	FeSO <sub>4</sub> und
10 g	Glukose

Der in dieser Nährlösung erzielte Stickstoffzuwachs wurde mit dem aus solchen Kulturen gewonnenen verglichen, in denen einer der Mineralbestandteile fehlte. Der Stickstoffzuwachs in diesen Kulturen war folgender:

	nach 47 Tagen	nach 67 Tagen
die volle Nährlösung	28·7 mg	45·2 mg
ohne Kalzium	4·6 "	3·1 "
ohne Kalium	24·1 "	21·6 "
ohne Phosphorsäure	3·7 "	2·8 "
ohne Kalium und Phosphorsäure	1·8 "	2·9 "
ohne Natrium	17·1 "	18·0 "
ohne Kalzium und Natrium	20·8 "	21·2 "

Aus diesem Versuche Gerlach's und Vogel's würde sich also ergeben, daß nur das Kalzium und die Phosphorsäure notwendige Bestandteile der mineralischen Nährlösung sind. In diesem Falle würde der Azotobakter eine vollständige Ausnahmestellung in der Lebewelt einnehmen, da er zu seiner Entwicklung des Kaliums gar nicht bedürfte. Das Kalium würde zwar vorteilhaft auf seine Entwicklung wirken, für ihn aber nicht unumgänglich notwendig sein und nur denselben Wert wie das Natrium haben.

In Anbetracht dessen, daß große Mengen Nährlösung verwandt wurden, zu deren Bestand 10 g Glukose und große Mengen verschie-

<sup>1)</sup> Centralbl. f. Bakt., 1903, Bd. X, S. 638.

dener Salze gehörten, und angesichts des Umstandes, daß die Autoren keine besonderen Maßnahmen erwähnen, welche auf die Ausschließung des Kaliums abzielten, sondern sich nur auf die Bemerkung beschränken, daß die Bestandteile der Nährlösung von Beimischungen frei waren, lassen ihre Versuche gewisse Zweifel zu, welche besonders von Benecke<sup>1)</sup> hervorgehoben wurden.

Ähnliche Versuche hat später R. Thiele<sup>2)</sup> durchgeführt und nach 125 Tagen folgenden Stickstoffzuwachs in 1 l Nährlösung beobachtet:

	bei 15 g Mannit	bei 10 g Glukose
in voller Nährlösung	43·694 mg	29·82 mg
" " "	44·315 "	35·784 "
in der Nährlösung ohne Ca u. Na	44·017 "	44·082 "
" " " " " "	47·979 "	44·465 "
in der Nährlösung ohne Mg u. Na	65·573 "	35·647 "
" " " " " "	74·178 "	41·345 "

Aus diesen Versuchen schließt Thiele, daß das Kalzium auf den Azotobakter als Reizstoff wirkt, was aber in den angeführten Zahlen keine Begründung findet, da die Serie II ohne Kalzium dieselben Resultate ergeben hat wie Serie I mit Kalzium; eher könnte man aus diesen Versuchen schließen, daß das Magnesium und Natrium entwicklungshemmend wirkten, was mit Rücksicht auf das Magnesium mit den Versuchen Vogel's und Gerlach's völlig übereinstimmen würde, die es gar nicht für nötig hielten, diesen Stoff der Nährlösung zuzusetzen. Diese Annahme dürfte aber mit den bisherigen Beobachtungen gar nicht im Einklang stehen, welche die Notwendigkeit dieses Körpers für die Organismen feststellen. Eine Ausnahme darin sollen nach Mac Kenney<sup>3)</sup> die Leuchtbakterien bilden. Übrigens sind sonst die Resultate Thiele's infolge der gleichzeitigen Ausschließung zweier Bestandteile nicht klar. Mit der Frage nach dem Kaliumbedürfnis hat sich der Autor nicht näher befaßt, sondern nur festgestellt, daß die Kulturen ohne dieses Salz sich schwächer entwickelten.

In Anbetracht der Zweifel, die hinsichtlich des Bedarfes an Mineralsalzen beim Azotobakter bestehen, waren neue Versuche not-

<sup>1)</sup> Lafar, Handbuch der techn. Mykologie, Bd. I, S. 389.

<sup>2)</sup> Die landwirt. Versuchsstationen, Bd. LXIII, 1906, S. 188.

<sup>3)</sup> Bot. Zeitung, H. 1, J. 1907.

wendig. Es mußten ja alle die Vorsichtsmaßregeln eingehalten werden, auf die Benecke <sup>1)</sup> hinweist, und mit deren Hilfe er nachgewiesen hat, wie geringe Spuren Kalium und Magnesium schon ausreichen, um die Entwicklung von Bakterien zu ermöglichen.

Die nächstfolgenden Versuche hatten zum Zweck, neben der Feststellung der Notwendigkeit der einzelnen Mineralbestandteile der Nährlösung für den Azotobakter auch den Einfluß verschiedener Mengen und des gegenseitigen Verhältnisses derselben auf die Entwicklung des Azotobakters näher zu erforschen.

Die Versuche wurden in dem agrikulturchemischen Laboratorium der Jagellonischen Universität vorgenommen, und ich erlaube mir, an dieser Stelle Herrn Prof. Dr. E. Godlewski, unter dessen Leitung die Versuche ausgeführt wurden, meinen wärmsten Dank auszusprechen.

#### Methodisches.

Bei der Anstellung der Versuche verfuhr ich nach den Angaben von Benecke, es wurden also für die Versuche, in denen es sich um Ausschließung des Kaliums oder Kalziums handelte, Gefäße aus Jenaer Glas verwendet, aus welchem das Wasser diese Elemente nicht herauslöst, in den Versuchen, wo es sich um Magnesium handelte, wurde Wiener Normal-Gerätéglass verwendet, welches an das Wasser kein Magnesium abgibt. Das Wasser für die Nährlösung sowie für die Umkristallisierung der Nährsalze wurde aus Kolben und durch Kühler aus Jenaer, bzw. Wiener Glas zweimal destilliert. Die Glukose wurde nach der Methode von Soxhlet aus zweimal mit Alkohol aus wässeriger Lösung gefälltem Rohrzucker dargestellt, wobei Wasser und Alkohol in entsprechenden Gläsern destilliert wurden. Da in der nur Glukose und Mineralsalze enthaltenden Nährlösung die Entwicklung des Azotobakters sehr schwach ist, so wurde aus Erde dargestelltes Natriumhumat zugesetzt, welches bekanntlich die Entwicklung des Azotobakters bedeutend steigert. Da die Reinigung des Humates nur durch mehrfaches Fällen mit Salzsäure erfolgen könnte, das auf diese Weise behandelte Humat aber weniger günstig auf die Entwicklung des Azotobakters wirkt, so mußte man von einer solchen Reinigung absehen. In den Versuchen wurden zwei verschiedene Präparate von

<sup>1)</sup> Lafar, Handbuch der techn. Mykologie, Bd. I, S. 393.

Humat benutzt, welche nicht in gleicher Weise auf die Entwicklung des Azotobaktters wirkten. Die Versuche mit verschiedenen Kalziumverbindungen, sowie die Versuche, welche sich auf die schädliche Wirkung des Überschusses an gewissen Mineralbestandteilen der Nährlösung beziehen, wurden mit Ausnahme eines Versuches (16) mit dem schwächer wirkenden Präparat ausgeführt, so daß der Stickstoffgewinn in diesen Kulturen geringer als in anderen Versuchen ausfiel.

Für die Kulturen wurden Erlenmayer'sche Kolben aus Jenaer Glas von je 850 ccm, aus Wiener Glas von je 500 ccm verwendet. Die Kolben wurden mit konz. Schwefelsäure, dann mit gew. dest. Wasser, schließlich mit dem zum Versuche verwendeten Wasser gewaschen, die gewaschenen Kolben mit je 100 ccm Nährlösung beschickt, dreimal in strömendem Wasserdampf sterilisiert, mit Azotobakter aus einer Agar-agarkultur geimpft und sodann die Kulturen im Thermostaten bei 27—29° C. gehalten.

Als Maßstab für die Entwicklung der Kultur diente einerseits die Menge der verbrauchten Glukose, andererseits die des festgelegten Stickstoffes. Die verbrauchte Glukose stellte ich durch Bestimmung des in der Kulturflüssigkeit übriggebliebenen Teiles auf folgende Weise fest: die Kultur wurde in einen Meßkolben von 200 ccm gegossen, mit Schwefelsäure angesäuert und bis zur Marke aufgefüllt. Nach erfolgter Klärung der Flüssigkeit wurden 50 ccm in ein Kölbchen von 100 ccm Inhalt gebracht, mit Natronlauge neutralisiert und bis zur Marke aufgefüllt. Nun wurde in 50 ccm dieser Flüssigkeit die Glukosemenge gewichtsanalytisch festgestellt, in den übrigbleibenden 50 ccm der Stickstoff bestimmt, die gefundene Menge desselben mit 2 multipliziert und zu der in den restierenden 150 ccm der ersten Flüssigkeit enthaltenen und besonders bestimmten addiert. Sämtliche Stickstoffbestimmungen wurden nach Kjeldahl vorgenommen.

## I. Der Bedarf des Azotobaktters an verschiedenen Mineralbestandteilen.

### 1. Der Bedarf an Kalium.

Die Unentbehrlichkeit des Kaliums für den Azotobakter wurde schon durch einige Versuche nachgewiesen, die ich im J. 1908<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Bull. de l'Acad. des Sc. de Cracovie, 1908, Mai, S. 445.

publiziert habe. Damals wurden Kulturen, welche Kalium enthielten, mit solchen verglichen, welche davon frei waren; jetzt will ich weitere Versuche mitteilen, bei denen verschiedene Mengen an Kalisalzen verwendet wurden.

### Versuch I.

Die Grundlösung enthielt in 100 ccm Wasser

25 mg  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$   
 25 „  $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$   
 1.35 g Glukose

Zwei Kölbchen wurden mit dieser Lösung allein gefüllt, zu anderen wurden verschiedene Mengen Kali in Form von Kaliumsulfat zugesetzt. Der Versuch dauerte 19 Tage, darauf wurde die verbrauchte Glukose bestimmt.

Das Resultat ist in Tab. I zusammengestellt.

TABELLE I.

Versuchsdauer: 19 Tage.

$\text{K}_2\text{SO}_4$ mg	87.2	8.72	0.872	0.087	0.0087	—
Menge der verbrauchten Glukose in mg	160.0	157.6	182.0	170.0	144.2	87.0
	170.0	150.0	185.5	171.0	150.5	77.0

Aus der Menge der verbrauchten Glukose wäre zu schließen, daß die Entwicklung des Azotobaktters auch in einer Lösung ohne Kalium möglich wäre. Doch steigerte schon ein Zusatz von 0.0087 mg  $\text{K}_2\text{SO}_4$  den Verbrauch der Glukose auf das Doppelte, während weitere Zusätze bis 87 mg nur einen unbedeutenden Einfluß ausübten; im großen und ganzen war aber die Entwicklung der Organismen in allen Lösungen sehr schwach. In Anbetracht dieses Umstandes wurden weitere Versuche unter Zusatz von Natriumhumat zur Nährlösung ausgeführt. Zur Feststellung, inwieweit die Entwicklung des Azotobaktters durch etwaige Verunreinigung mit Kali des in die Lösung eingeführten Humates ermöglicht wird, führte ich folgenden Versuch aus:

## Versuch II.

Von 12 angelegten Kulturen enthielten 6 Kolben eine Nähr-  
lösung von folgender Zusammensetzung:

auf 100 ccm kamen	12·5 mg	MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O
	25 "	CaHPO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O
	35 "	Humat
	900 "	Glukose.

Die übrigen sechs Kolben erhielten die gleiche Lösung mit Zu-  
satz von je 25 mg K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. An jedem vierten Tage wurden Stick-  
stoff und Glukose in je zwei Kulturen mit und ohne Kaliumzusatz  
bestimmt. Das Resultat ist in Tab. II zusammengestellt.

TABELLE II.

Versuchsdauer in Tagen	25 mg K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>			Kein Kaliumsalz		
	Menge der verbrauchten Glukose in mg	Stickstoff- gewinn in mg	Stickstoff- gewinn pro 1 g verbrauchte Glukose	Menge der verbrauchten Glukose in mg	Stickstoff- gewinn in mg	Stickstoffge- winn pro 1 g verbrauchte Glukose in mg
4	900	15·02	16·7	90·8	1·33	14·6
	"	14·94	16·6	64·4	1·09	16·9
8	900	15·01	16·7	148·96	2·13	14·3
	"	15·08	16·8	120·40	1·73	14·4
12	900	15·08	16·8	220·0	2·53	11·5
	"	14·94	16·6	180·76	2·29	12·7

Wie aus dieser Tabelle ersichtlich ist, war die Entwicklung in  
den Kulturen ohne Kalizusatz stärker als im vorigen Versuche, je-  
doch traten die Unterschiede zwischen den Kulturen mit und ohne  
Kalizusatz unvergleichlich stärker hervor. Da jetzt schon nach Ver-  
lauf von 4 Tagen der Verbrauch der Glukose durch den Azoto-  
bakter in der Nährlösung ohne Kali so stark war, wie im ersten  
Versuch erst nach Verlauf von 19 Tagen, so konnte man vermuten,  
daß das der Nährlösung zugesetzte Humat als Kaliquelle gedient  
hatte.

Wenn wir jedoch die in diesem Versuche nach 12 Tagen erzielten Resultate mit denen des I. Versuchs vergleichen, ergibt sich daraus, daß jetzt die Menge der in der Lösung ohne Kali verbrauchten Glukose auch diese Glukosemenge übertraf, welche im I. Versuche nach 19 Tagen in der Lösung mit Kali verbraucht worden war. Demnach dürfte man die bessere Entwicklung des Azotobaktters weniger auf die etwa mit Humat eingebrachte Verunreinigung der Nährlösung mit Kalium, als vielmehr auf die Wirkung des Humates selbst zurückführen.

Im Versuch I betrug der Verbrauch an Glukose in den Kulturen mit Kalisalz kaum das Doppelte der verbrauchten Glukose der Kulturen ohne Kalisalz, jetzt hat dagegen ein Zusatz von 25 mg Kaliumsulfat den Verbrauch der Glukose nach Verlauf von 4 Tagen um das Zehnfache gesteigert und die Glukose ist schon nach dieser Zeit vollständig verbraucht worden. Bei längerer Versuchsdauer, über 4 Tage hinaus, wird die Glukose in der Lösung ohne Stickstoff noch weiter verbraucht und es findet eine gewisse Stickstoffbindung statt, aber diese Prozesse sind schon verhältnismäßig schwächer als in den ersten Tagen, wobei man mit der Verlängerung der Versuchsdauer eine deutliche Verminderung der gebundenen Stickstoffmenge auf 1 g der verbrauchten Glukose beobachten kann, und zwar: von 16·9 und 14·6 auf 11·5 und 12·7.

#### Versuch III und IV.

Die Grundlösung blieb die gleiche wie im vorigen Versuch, nur wurden derselben verschiedene Mengen Kaliumsulfat zugesetzt. Der Versuch III wurde nach 10 Tagen, IV nach 5 Tagen abgebrochen. Die Resultate sind in Tabelle III und IV zusammengestellt.

Die Ergebnisse beider Versuche stimmen insofern miteinander, als der Glukoseverbrauch und die Stickstoffbindung schon durch einen Zusatz von 0·1 mg  $K_2SO_4$  um das Mehrfache gesteigert wurde, und zwar, wie aus Tabelle IV erhellt, innerhalb gewisser Grenzen der Menge des zugesetzten Kaliumsulfates nahezu proportional.

Im Versuche III macht sich diese Proportionalität nicht geltend. Die Kaligaben waren hier dazu verhältnismäßig zu groß und die Versuchsdauer zu lang. Schon beim geringsten Zusatz von Kalisalz, nämlich 0·1 mg, wurde nach 10 Tagen der ganze Glukosevorrat verbraucht, die Menge des gebundenen Stickstoffes war aber trotz des Verbrauches gleicher Mengen Glukose kleiner als in den Lösungen,

TABELLE III. Versuchsdauer: 10 Tage.

$K_2SO_4$ mg	Menge der ver- brauchten Glukose in mg	Stickstoffgewinn in mg	Stickstoffgewinn pro 1 g verbrauchte Glukose in mg
25	1170·0	16·58	14·2
	"	16·44	14·0
5	1170·0	15·25	13·0
	"	15·88	13·6
1	1170·0	17·02	14·5
	"	16·51	14·1
0·5	1170·0	13·15	11·2
	"	14·34	12·3
0·1	1170·0	10·00	8·5
	1075·2	8·37	7·8
—	487·12	2·64	5·4
	169·2	1·12	6·6

TABELLE IV. Versuchsdauer: 5 Tage.

$K_2SO_4$ mg	Menge der ver- brauchten Glukose in mg	Stickstoffgewinn in mg	Stickstoffgewinn pro 1 g verbrauchte Glukose in mg
0·5	1244·8	15·56	12·5
	1131·2	14·79	13·1
0·4	1256·8	—	—
	1108·0	13·74	12·4
0·3	748·0	8·14	10·9
	794·0	9·54	12·0
0·2	614·72	7·09	11·5
	—	5·62	—
0·1	236·0	3·11	13·2
	294·0	3·58	12·2
—	36·5	0·78	—
	50·0	0·16	—

welche mehr Kalisalz enthielten. Das hatte nämlich zur Folge, daß bei sinkender Menge des  $K_2SO_4$  in der Lösung auf je 1 g verbrauchte Glukose immer weniger Stickstoff gebunden wurde; so sinkt diese Menge schon bei 0.5 mg  $K_2SO_4$  von 14 auf 11 und 12 mg, bei 0.1 mg bis auf die Hälfte. Im Versuch IV war davon nichts wahrzunehmen. Beide Versuche unterscheiden sich aber voneinander nur durch die Versuchsdauer (der Versuch III dauerte 10 Tage, der Versuch IV nur 5 Tage). Daraus würde sich also ergeben, daß der Einfluß des Kalimangels auf die Herabsetzung des Verhältnisses des gebundenen Stickstoffes zur verbrauchten Glukose je nach der verschiedenen Versuchsdauer verschieden ist. Dieses Moment ist schon in dem Versuch II in der Serie ohne Kalizusatz (Tab. II) wahrnehmbar. Um es noch besser zu präzisieren, wurde folgender Versuch zusammengestellt.

#### Versuch V.

Da in den beiden vorigen Versuchen nach 5, bzw. 10 Tagen die Glukose schon bei einem Zusstz von 0.1 mg Kaliumsulfat vollständig verbraucht war und bei Zusatz von 1 mg  $K_2SO_4$  die Menge des gebundenen Stickstoffs pro 1 g verbrauchte Glukose ihr Maximum erreicht hatte, so wurden jetzt verschiedene Mengen Kaliumsulfat bis zur Maximalgabe von 1 mg zugesetzt.

Es wurden 24 Kulturen mit derselben Nährlösung wie in den vorigen Versuchen aufgestellt. Vier Kulturen wurden in der Grundlösung allein angelegt, zu den übrigen wurde Kaliumsulfat in Mengen von 0.01 bis 1 mg zugesetzt. In 12 Kulturen wurde der Glukoseverbrauch und der gebundene Stickstoff nach 5 Tagen, in den 12 übrigen nach 15 Tagen bestimmt. Die Resultate gibt Tabelle V wieder.

Schon nach 5 Tagen kann man eine gewisse Herabsetzung des Verhältnisses des gebundenen Stickstoffes zur verbrauchten Glukose infolge des Kalimangels beobachten, und zwar auch in solchen Kulturen, in welchen die Entwicklung des Azotobaktters ziemlich stark war. So ist in den Kulturen mit 0.5 mg  $K_2SO_4$  der Glukoseverbrauch der gleiche, aber die Stickstoffbindung schwächer als bei Kulturen mit 1 mg  $K_2SO_4$ , so daß das Verhältnis des gebundenen Stickstoffes zu der verbrauchten Glukose von 0.0157, bzw. 0.0148 auf 0.0119, bzw. 0.0131 sinkt.

In den Kulturen mit Zusatz von 0.1 mg  $K_2SO_4$  war der Glu-

TABELLE V.

K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> mg	Versuchsdauer: 5 Tage			Versuchsdauer: 15 Tage		
	Menge der verbrauchten Glukose in mg	Stickstoff- gewinn in mg	Stickstoff- winn pro 1 g verbrauchte Glukose in mg	Menge der verbrauchten Glukose in mg	Stickstoff- gewinn in mg	Stickstoff- winn pro 1 g verbrauchte Glukose in mg
1	1138·0	17·93	15·7	1310·4	18·7	14·3
	1267·44	18·70	14·8	"	18·0	13·7
0·5	1275·75	15·13	11·9	1310·4	14·99	11·5
	1241·60	16·25	13·1	"	15·90	12·1
0·1	192·0	2·40	12·5	1310·4	10·30	8·0
	317·2	3·04	9·6	1260·6	9·60	7·6
0·05	122·4	1·60	13·1	943·6	7·34	7·8
	91·68	1·52	16·4	991·6	8·32	8·4
0·01	72·46	0·96	13·2	460·9	4·00	8·7
	92·64	1·12	12·1	422·4	3·49	8·3
—	85·2	0·72	8·4	308·0	2·95	9·6
	104·8	—	—	504·0	3·30	6·5

koseverbrauch vier- bis sechsmal schwächer als in den Kulturen mit 0·5 mg, die Menge des gebundenen Stickstoffes ist auch entsprechend geringer, so daß das Verhältnis des assimilierten Stickstoffes zu der verbrauchten Glukose nur ganz unbedeutend von dem Verhältnis in den mit 0·5 mg K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> versetzten Kulturen abweicht. In den Kulturen mit geringeren Mengen Kaliumsulfat (unter 0·1 mg), ebenso wie in den Kulturen ohne Kalizusatz war die Entwicklung sehr schwach, der Stickstoffgewinn unterhalb 2 mg, so daß die Umrechnung auf 1 g verbrauchte Glukose schon unsichere Resultate ergibt. Nach 15 Tagen war die Glukose in den Kulturen mit Kalizusatz von 0·1 bis 1·0 mg K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> schon gänzlich verbraucht, der Stickstoffgewinn je nach der Menge des zugesetzten Kaliumsalzes verschieden. In den Kulturen mit 0·1 mg K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> betrug der Stickstoffgewinn nur 50% des bei 1 mg Kalizusatz beobachteten Gewinnes, so daß auch das Verhältnis des Stickstoffgewinnes zu der verbrauchten Glukose auf die Hälfte sank. Bei geringen Ga-

ben von Kalisalz fand die Entwicklung ebenfalls statt. Dabei konnte man einen Unterschied zwischen den Kulturen mit 0·05 und denen mit 0·01 mg  $K_2SO_4$  wahrnehmen, jedoch erst nach Ablauf von mehr als 5 Tagen. In den ersteren wuchs die Menge der verbrauchten Glukose im Vergleich mit den entsprechenden fünftägigen Kulturen um das Neunfache, der Stickstoffgewinn nur um das Fünffache, das Verhältnis hatte also abgenommen. Die Verringerung des Verhältnisses ist also abhängig von der Versuchsdauer, ebenso wie in Kulturen mit 0·1 mg  $K_2SO_4$ . Man könnte also vermuten, daß bei längerer Versuchsdauer Unterschiede in den Mengen des gebundenen Stickstoffes pro 1 g verbrauchte Glukose auch bei Kulturen auftreten würden, welche jetzt ihre Glukose noch nicht verbraucht haben und trotz verschiedener Kalimengen gleichen Stickstoffgewinn auf 1 g verbrauchte Glukose zeigen.

Wiewohl es in obigen Versuchen nicht gelungen ist, durch Ausschließung von Kalium die Entwicklung der Kulturen vollständig zu hemmen, so kann man doch aus den Resultaten schließen, daß das Kalium einen notwendigen Bestandteil der Nährlösung für den Azotobakter bildet.

Aus Versuch V ergibt sich, daß schon ein Zusatz von 0·05 mg  $K_2SO_4$  nach 15 Tagen erheblich die Entwicklung der Kultur steigert, während 1 mg  $K_2SO_4$  unter den gegebenen Versuchsbedingungen zu normalem Wachstum hinreichte. Man kann also annehmen, daß die sehr schwache Entwicklung des Azotobakters, welche in den Kulturen ohne Kalizusatz beobachtet wurde, auf Kosten dieser Spuren von Kali stattgefunden hat, die auszuschließen es trotz der vorgenommenen Vorsichtsmaßregeln nicht gelungen war.

Aus den Versuchen mit verschiedenen Kalimengen geht hervor, daß der Mangel an diesem Nährstoff vor allem die Stickstoffbindung und in weit geringerem Grade den Glukoseverbrauch beeinflusst. Der Unterschied macht sich aber erst bei längerer Versuchsdauer geltend; in den ersten Tagen der Entwicklung der Kultur des Azotobakters schreiten Stickstoffgewinn und Glukoseverbrauch in gleichmäßiger Weise fort, und zwar auch in denjenigen Kulturen, in welchen der Kalimangel eine deutliche Schwächung der Entwicklung der Kultur hervorruft. Wir sehen nämlich, daß in fünftägigen Kulturen mit Zusatz von weniger als 0·5 mg  $K_2SO_4$  trotz der sehr schwachen Entwicklung dieser Kulturen im Versuche IV keine, im Versuche V nur eine ganz unerhebliche Verringerung

des Verhältnisses von Stickstoffgewinn und Glukoseverbrauch stattfand.

Die Stickstoffbindung kann aber, wie schon erwähnt, als Maßstab für die Entwicklung der Kultur angesehen werden, die Abnahme dieses Prozesses im Laufe der Zeit dürfte also dafür sprechen, daß mit der Erschöpfung der Kaliverbindungen die Entwicklung des Azotobakters gehemmt wird und endlich zum Stillstand kommt. Der Glukoseverbrauch nimmt aber nicht proportional zur Stickstoffbindung ab. In Anbetracht dessen würde also der vorliegende Versuch darauf hinweisen, daß das Kalium an der Bildung der Körpersubstanz des Azotobakters aus organischem, stickstofffreiem Material und dem freien Stickstoff der Luft beteiligt ist, daß aber die schon fertig gebildeten Azotobakterzellen auch ohne weitere Kaliumaufnahme die Energiequelle veratmen können.

Auf Grund der Versuche III und V kann man diejenige Kalimenge, welche zur möglichst ökonomischen Verwertung der Energiequelle für die Entwicklung des Azotobakters, bzw. für die Stickstoffbindung notwendig ist, annähernd abschätzen. Wir sehen nämlich, daß schon bei einem Gehalte von 1 mg  $K_2SO_4$  in der Lösung beim Verbrauch von 1·2 g Glukose das Maximum von Stickstoffbindung erreicht wurde. Daraus berechnet sich, daß für die optimale Verwertung von 1 g Glukose bereits 0·85 mg  $K_2SO_4$ , also 0·38 mg Kalium ausreichen.

## 2. Der Bedarf an Kalzium.

### Versuch VI.

Durch diesen Versuch sollte festgestellt werden, inwieweit das Kalzium ein notwendiger Bestandteil der Nährlösung ist und welche Verbindung dieses Elementes für den Azotobakter die entsprechendste ist. Die Grundlösung enthielt in 100 cem:

25 mg  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$

25 „  $K_2HPO_4$

60 „ Natriumhumat

1·3 g Glukose

Zwei Kölbchen wurden mit dieser Nährlösung allein beschickt, zu den übrigen setzte man außerdem Kalzium in verschiedener Form zu. Die Menge der Kalziumverbindungen in den Nährlösungen entsprachen der Konzentration  $\frac{1}{1000}$  normal. Nach 6 Tagen

wurde der Glukoseverbrauch und Stickstoffgewinn bestimmt. Die Ergebnisse dieser Analysen finden sich in Tab. VI.

TABELLE VI.

Versuchsdauer: 6 Tage.

Die Kalziumsalze in der Nährlösung	Menge der verbrauchten Glukose in mg	Stickstoffgewinn in mg	Stickstoffgewinn pro 1 g verbrauchte Glukose in mg
Kalziumsulfat	1017.1	9.69	9.5
	670.1	6.58	9.8
Kalziumkarbonat	817.5	9.10	11.13
	763.0	8.19	10.7
Kalziumchlorid	961.9	8.35	8.7
	923.5	8.93	9.7
Monokalziumphosphat	684.1	7.09	10.4
	949.3	9.89	10.4
Bikalziumphosphat	710.2	7.25	10.2
	462.9	5.16	11.2
Trikalziumphosphat	206.9	1.16	5.6
	274.5	1.94	7.1
Kein Kalziumsalz	117.0	—	—
	63.0	0.08	—

Aus diesem Versuche ergibt sich, daß die Entwicklung des Azotobaktters ohne Kalzium nur ganz unbedeutend ist, eine Beobachtung, welche mit den Ergebnissen Gerlach's und Vogel's im Einklang steht. Was die Bindungsformen des Kalziums anbelangt, so sind sie bei gleichbleibender Kalziummenge meistens ohne Bedeutung: Das Sulfat, Chlorid, Karbonat, Mono- und Biphosphat wirken in gleicher Weise, und nur das Trikalziumphosphat wirkt schwächer.

Die absoluten Mengen der verbrauchten Glukose wie auch die auf 1 g verbrauchte Glukose gebundenen Stickstoffmengen waren in diesem Versuche geringer als in den vorigen, was aber, wie

schon erwähnt, darauf zurückzuführen ist, daß hier ein anderes Präparat von Natriumhumat verwendet wurde, welches, obwohl aus derselben Erde dargestellt, schwächer auf die Entwicklung des Azotobaktens wirkte.

Zu weiteren Versuchen wurde dasselbe Präparat von Natriumhumat verwendet, welches für die den Kalibedarf betreffenden Versuche angewandt wurde.

#### Versuch VII.

Dieser Versuch sollte annähernd feststellen, welche Menge von Kalziumsalz nötig ist, um eine normale Entwicklung der Kultur zu ermöglichen. Als Kalziumquelle wurde das Monokalziumphosphat verwendet. Die Grundlösung enthielt in 100 ccm:

12.5 mg  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$   
 50 "  $\text{K}_2\text{HPO}_4$   
 30 " Humat  
 1.2 g Glukose

TABELLE VII.

Versuchsdauer: 11 Tage.

$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ + $\text{H}_2\text{O}$ mg	Menge der ver- brauchten Glukose in mg	Stickstoffgewinn in mg	Stickstoffgewinn pro 1 g verbrauchte Glukose in mg
—	1170.0	15.67	13.4
40	"	14.66	12.5
20	1170.0	18.54	15.8
"	"	16.51	14.1
10	1170.0	16.81	14.4
"	"	17.84	15.2
5	1170.0	15.60	13.3
"	"	15.04	12.9
1	111.6	0.40	3.6
"	174.8	0.96	5.5
—	10.40	—	—
"	4.02	—	—

Zwei Kulturen wurden ohne Kalzium belassen, zu den übrigen wurden 1—40 mg Monokalziumphosphat zugesetzt. Nach 11 Tagen wurde Stickstoffgewinn und Glukoseverbrauch bestimmt. Die Ergebnisse gibt Tabelle VII wieder.

Diese Tabelle zeigt, daß für eine normale Entwicklung des Azotobaktters eine Kalziummenge notwendig ist, welche unter den gegebenen Versuchsbedingungen zwischen 1 bis 5 mg Monokalziumphosphat liegt. Bei 5 mg  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  ist der Stickstoffgewinn nicht geringer wie bei höheren Kalziumzusätzen, dagegen ist bei 1 mg Kalziumphosphat die Entwicklung sehr schwach und der Stickstoffgewinn erreicht nicht einmal 1 mg.

#### Versuch VIII.

Dieser Versuch sollte eingehender den Einfluß verschiedener Kalziummengen klarlegen. Den Kulturen wurden verschiedene Mengen Monokalziumphosphat von 1—10 mg zugesetzt.

Die Grundlösung war dieselbe wie im vorigen Versuche, nur betrug hier die Glukosemenge 1458 mg. Die Kulturen wurden in 2 Serien geteilt; in der einen wurde der Glukoseverbrauch und Stickstoffgewinn nach 5, in der anderen nach 15 Tagen bestimmt. Das Resultat gibt Tabelle VIII wieder.

Die Resultate dieses Versuches stehen vollständig mit denen des vorigen im Einklang; auch hier ist die Entwicklung der Kultur bei 1 mg Monokalziumphosphat sehr schwach. Die normale Entwicklung vollzieht sich erst bei 3 mg. Bei näherer Durchsicht der Zahlen ergibt sich, daß nach 5 Tagen, selbst bei kleineren, 3 mg also nicht erreichenden Mengen von Monokalziumphosphat, wo der Glukoseverbrauch und Stickstoffgewinn gering waren, der auf 1 g verbrauchte Glukose entfallende Stickstoffgewinn nicht abgenommen hat; er schwankt nämlich in allen Fällen zwischen 14·9 mg und 17·0 mg. Dagegen findet nach 15 Tagen dort, wo die Glukose noch nicht vollständig verbraucht wurde, z. B. bei 2 mg Monokalziumphosphat, ein Fallen des Verhältnisses zwischen Stickstoffgewinn und Glukoseverbrauch statt, so daß auf 1 g verbrauchte Glukose geringere Mengen Stickstoff gebunden werden als bei größeren Kalziumzusätzen. Dasselbe Verhalten trat auch im vorigen Versuche hervor, wo bei Zusatz von 5—40 mg Monokalziumphosphat auf 1 g verbrauchte Glukose 12·5, bzw. 15·8 mg Stickstoff gebunden wurden, dagegen bei 1 mg Kalziumphosphat nur 3·6, bzw. 5·5 mg.

TABELLE VIII.

Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> · H <sub>2</sub> O mg	Versuchsdauer: 5 Tage			Versuchsdauer: 15 Tage		
	Menge der verbrauchten Glukose in mg	Stickstoff- gewinn in mg	Stickstoffge- winn pro 1 g verbrauchte Glukose in mg	Menge der verbrauchten Glukose in mg	Stickstoff- gewinn in mg	Stickstoffge- winn pro 1 g verbrauchte Glukose in mg
10	1318·0	22·4	17·0	1458·0	21·98	15·1
	1403·6	23·10	16·0	"	20·58	14·1
5	1331·2	20·30	15·2	1458·0	20·86	14·2
	1409·2	21·20	15·2	"	21·35	14·6
4	1321·0	21·14	16·0	1458·0	19·60	13·4
	1201·5	18·48	15·4	"	20·30	14·0
3	1299·0	21·77	16·7	1458·0	22·27	15·3
	1362·6	20·58	15·1	1425·2	16·77	11·8
2	885·5	14·42	16·3	1381·6	18·98	13·7
	583·8	9·88	16·9	1387·3	16·18	11·7
1	112·8	1·68	14·9	493·84	6·24	12·6
	234·0	3·60	15·4	1051·50	12·96	12·3
—	3·21	—	—	90·0	0·48	5·3
—	—	—	—	110·0	—	—

Im übrigen ist durch alle drei Versuchsreihen festgestellt worden, daß der Mangel an Kalzium die Entwicklung des Azotobaktters vollständig hemmt; selbst in solchen Kulturen, wo der Glukoseverbrauch etwa 100 mg erreicht, war eine Stickstoffbindung kaum nachzuweisen. Die Versuche beweisen also im Einklang mit den Ergebnissen Vogel's und Gerlach's die Unentbehrlichkeit des Kalziumsalzes für die Entwicklung des Azotobaktters.

Auf Grund des Versuches VIII, wo die geringste Kalziumsalzmenge, bei welcher noch eine normale Entwicklung stattfand, 3 mg betrug, kann man annehmen, daß unter den gegebenen Versuchsbedingungen zu einer möglichst ökonomischen Verwendung von 1 g Glukose zur Entwicklung des Azotobaktters ein Zusatz von 2·25 mg Monokalziumphosphat, also etwa 0·36 mg Ca genügt.

### 3. Der Bedarf an Magnesium.

#### Versuch IX und X.

Die Versuche IX und X, welche den Bedarf an Magnesiumsalzen feststellen sollten, wurden mit folgender Grundlösung angestellt: 100 ccm H<sub>2</sub>O enthielten:

	9 mg	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
	25 "	CaHPO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O
	30 "	Humat
	1129 "	Glukose
im Versuch X	937 "	Glukose.

Die Versuche wurden in Gefäßen aus Wiener Glas angestellt, aus denen, wie Benecke nachgewiesen hat, die Magnesiumverbindungen nicht ausgelaugt werden.

Im Versuch IX wurden zum Vergleich zwei Kulturen ohne Zusatz von Magnesiumsalzen in Jenaer Kolben angesetzt. Der Versuch IX wurde nach 5 Tagen abgebrochen, der zehnte dagegen in zwei Serien geteilt. In einer Serie wurde in den Kulturen der Glukoseverbrauch und Stickstoffgewinn nach 5 Tagen, in der anderen nach 12 Tagen bestimmt. Die Ergebnisse sind in Tab. IX und X zusammengestellt.

Diese Tabellen zeigen deutlich, daß durch Verminderung der Zusätze von Magnesiumsulfat deutlich sowohl die absoluten Mengen der verbrauchten Glukose und des gebundenen Stickstoffs wie auch ihr gegenseitiges Verhältnis beeinflußt wird. Im Versuch X ist eine Verminderung der auf 1 g der verbrauchten Glukose gebundenen Stickstoffmenge schon nach 5 Tagen sichtbar. In den Kulturen mit 5, respekt. 3 mg MgSO<sub>4</sub> beträgt diese Menge 17·4 mg, bzw. 16 mg, in Kulturen mit 0·5 mg MgSO<sub>4</sub> sinkt sie auf 10·1 mg, bzw. 11·3 mg. Nach 12 Tagen fällt diese Verhältniszahl in den entsprechenden Kulturen auf 9·7, bzw. 9·2 mg. Ein Mangel an Magnesium offenbart sich also in ähnlicher Weise wie der Mangel an Kalzium und Kalium.

Was die Menge des für eine normale Entwicklung des Azotobaktens notwendigen Magnesiumsalzes betrifft, so darf man auf Grund des Versuches X annehmen, daß 3 mg Magnesiumsulfat genügen, damit 800 mg Glukose in möglichst ökonomischer Weise bei der Entwicklung des Azotobaktens verarbeitet werden, es sind

TABELLE IX. Versuchsdauer: 5 Tage.

	MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O mg	Menge der ver- brauchten Glukose in mg	Stickstoffgewinn in mg	Stickstoffgewinn pro 1 g verbrauchte Glukose in mg
Kolben aus normalem Wiener Glas	12·5	832·68	13·97	16·8
		1054·28	16·17	15·3
	5	749·88	12·64	16·9
		843·88	14·11	16·7
	1	499·08	6·86	13·7
		531·48	8·51	16·0
0	86·68	1·09	12·6	
	106·56	1·01	9·1	
Jenseer Kolben	0	490·56	6·34	12·94
		405·16	5·08	12·54

TABELLE X.

MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O mg	Versuchsdauer: 5 Tage			Versuchsdauer: 12 Tage		
	Menge der verbrauchten Glukose in mg	Stickstoff- gewinn in mg	Stickstoffge- winn pro 1 g verbrauchte Glukose in mg	Menge der verbrauchten Glukose in mg	Stickstoff- gewinn in mg	Stickstoffge- winn pro 1 g verbrauchte Glukose in mg
5	782·3	13·75	17·6	937·5	14·87	15·85
	687·1	13·47	19·6	"	—	—
3	789·5	13·75	17·4	937·5	14·45	15·4
	880·7	13·99	16·0	"	12·65	13·5
1	442·7	7·17	16·0	937·5	9·83	10·5
	661·1	7·87	11·9	"	8·99	9·6
0·5	487·5	4·93	10·1	840·3	8·15	9·7
	361·1	4·09	11·3	821·5	7·59	9·2
—	47·5	0·46	10·0	201·5	1·99	9·9
	37·8	0·46	12·1	333·5	1·43	4·3

also dazu auf 1 g Glukose mindestens 3·59 mg  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  notwendig, was 0·35 mg Mg entspricht.

Im Versuch IX wurden zwei Kulturen ohne Magnesiumzusatz in Kölbchen aus Jenaer Glas angesetzt; wie aus Tab. IX ersichtlich ist, machte sich der Einfluß dieses Glases, sowohl auf den Glukoseverbrauch wie auf die Stickstoffbindung deutlich geltend. In Kölbchen aus Wiener Glas haben die Kulturen ohne MgO 86—106 mg Glukose verbraucht und nur etwa 1 mg Stickstoff gebunden, in solchen aus Jenaer Glas 405—490 mg Glukose verbraucht und 5 bis 6 mg Stickstoff gebunden. Daraus geht also hervor, daß das Jenaer Glas in erheblichem Grade als Magnesiumquelle für Organismen dienen kann, was die Beobachtung Benecke's bestätigt.

Zwar gelang eine völlige Ausschließung des Magnesiums nicht, aber in Anbetracht dessen, daß schon ein Zusatz von 0·5 mg  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  die Entwicklung der Kultur innerhalb 5 Tagen um das Zehnfache steigert und schon die aus Jenaer Glas herausgelöste Magnesiummenge zu einer erheblichen Entwicklung des Azotobaktors ausreichen kann, darf man annehmen, daß das Magnesium ähnlich wie für andere Organismen auch für den Azotobakter zur Entwicklung unumgänglich notwendig ist.

Nachdem also die Bedeutung des Kaliums, Kalziums und Magnesiums in der Nährlösung für den Azotobakter festgestellt worden ist, wäre es nunmehr angezeigt, die Frage nach dem Eisen in Betracht zu ziehen. Die bisherigen Experimente, in denen durch Reinigung der Bestandteile der Nährlösung gleichzeitig versucht wurde, das Eisen aus der Nährlösung auszuschließen, haben jedoch gezeigt, daß auch ohne diesen Bestandteil die Entwicklung des Organismus normal vor sich gehen kann. Freilich könnten auch hier schon Spuren von Eisen zur Entwicklung genügen, welche vielleicht schon mit dem Impfmateriel in die Nährlösung hereingebracht werden, wie dies an Pilzen beobachtet wurde. Wir ließen also diese Frage offen und gingen dazu über, die Rolle des Phosphors und Schwefels an Phosphaten und Sulfaten zu studieren.

## 4. Der Bedarf an Phosphorsäure.

## Versuch XI.

Die Grundlösung enthielt in 100 cem:

12.5 mg	MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O
10 "	CaCl <sub>2</sub> · H <sub>2</sub> O
5 "	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
30 "	Humat
1.3 g	Glukose.

Zwei Kulturen wurden mit dieser Lösung allein beschickt, zu den übrigen wurde Dikaliumphosphat in Mengen von 1—40 mg zugesetzt und nach 5 Tagen die Glukose und der Stickstoff be-

TABELLE XI.

Versuchsdauer: 5 Tage.

K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> mg	Menge der ver- brauchten Glukose in mg	Stickstoffgewinn in mg	Stickstoffgewinn pro 1 g verbrauchte Glukose in mg
40	1266.64	17.66	13.9
	1184.64	17.59	14.8
25	1355.04	18.57	13.7
	1098.24	15.49	14.1
15	1101.44	15.07	13.7
	1247.44	14.65	11.8
10	836.64	9.47	11.3
	—	—	—
5	409.44	4.50	11.0
	460.24	4.43	9.6
1	64.64	0.46	7.1
	78.84	0.31	4.0
—	54.24	—	—
	43.34	—	—

stimmt. Wie aus den in obiger Tabelle zusammengestellten Ergebnissen hervorgeht, reagiert der Azotobakter sehr stark auf Zusatz

von Phosphorsäure. Der Glukoseverbrauch und Stickstoffgewinn sind innerhalb gewisser Grenzen den zugesetzten Mengen Phosphorsäure proportional. Der Bedarf des Azotobaktens an Phosphorsäure übertrifft sogar stark den Bedarf desselben an anderen Mineralbestandteilen. Ein Zusatz von 1 mg  $K_2HPO_4$  steigerte die Entwicklung der Kultur kaum, ein Zusatz von 5 mg und sogar von 10 mg genügten noch für eine ganz normale Entwicklung des Azotobaktens nicht. Erst ein Zusatz von 15 mg  $K_2HPO_4$  erwies sich für diese Entwicklung als ausreichend; eine weitere Steigerung über 15 mg hinaus blieb bereits ohne Einfluß. Das Verhältnis des gebundenen Stickstoffes zu der verbrauchten Glukose wird durch den Mangel an Phosphor in der Nährlösung in ähnlicher Weise herabgedrückt, wie es oben für andere Mineralbestandteile beobachtet wurde. So sinkt mit der Abnahme der Phosphatmenge in der Kulturlösung von 40 auf 5 mg auch die Menge des in fünftägigen Kulturen pro 1 g der verbrauchten Glukose gebundenen Stickstoffes von 14·3 mg auf 10·3 mg und bei 1 mg Phosphat sogar auf 5 mg.

#### Versuch XII.

In diesem Versuche wurden zu der Grundlösung Phosphatmengen zugesetzt, welche weniger stark voneinander abwichen. Die Resultate der nach 5 Tagen vorgenommenen Bestimmung des Glukoseverbrauches und Stickstoffgewinns sind in Tab. XII zusammengestellt. Dieser Versuch stimmt vollständig mit dem vorigen überein. Mit der Abnahme der Phosphatmengen nimmt sowohl der Glukoseverbrauch wie auch die Stickstoffbindung ab, jedoch nicht in gleichem Verhältnisse, so daß der Stickstoffgewinn, auf 1 g der verbrauchten Glukose berechnet, abnimmt und bei 20 mg Phosphat 13·6, bzw. 13·9 mg, bei 1 mg Phosphat 4·7 bzw. 4·1 mg beträgt.

(Sieh Tab. XII, Seite 368).

#### Versuch XIII.

Beide vorigen Versuche hatten nur je 5 Tage gedauert. Nun sollte festgestellt werden, inwieweit durch Verlängerung der Versuchsdauer auf 10 Tage der Stickstoffgewinn für 1 g Glukoseverbrauch weiter herabgedrückt werden kann. Die Ergebnisse der Analysen für Glukoseverbrauch und Stickstoffgewinn sind in Tabelle XIII zusammengestellt. Vergleichen wir diese Tabelle mit Tab. XII, so sehen wir, daß bei 10 mg  $K_2HPO_4$  die Menge des

TABELLE XII.  
Versuchsdauer: 5 Tage.

$K_2HPO_4$ mg	Menge der ver- brauchten Glukose in mg	Stickstoffgewinn in mg	Stickstoffgewinn pro 1 g verbrauchte Glukose in mg
20	1342·88	18·21	13·6
	1342·88	18·70	13·9
10	854·48	10·23	12·0
	790·48	9·88	12·5
5	348·08	4·28	12·3
	431·36	5·40	12·5
4	107·04	0·80	7·5
	324·88	3·68	11·3
3	285·28	2·72	9·5
	209·28	2·40	11·5
2	206·88	1·44	7·0
	51·36	0·48	9·4
1	102·88	0·48	4·7
	77·28	0·32	4·1
—	49·28	—	—
	53·76	—	—

gebundenen Stickstoffes trotz der längeren Versuchsdauer nicht mehr zunahm, während der Glukoseverbrauch weiter fortschritt, so daß also die auf 1 g Glukoseverbrauch berechnete Menge des gebundenen Stickstoffes von 12·0, bzw. 12·5 mg auf 9, bzw. 10·2 mg sank; dasselbe kann man an den Kulturen mit 5 mg Phosphat beobachten, wo diese Verhältniszahl von 12·3 mg, bzw. 12·5 mg, auf 8·2 mg sinkt. Bei 2 mg Phosphat war die Entwicklung sehr schwach, die absoluten Mengen des gebundenen Stickstoffes wie der verbrauchten Glukose, ebenso wie das gegenseitige Verhältnis beider Größen unterlag im Vergleich zu Versuch XII keinen wesentlichen Änderungen.

Wie aus den drei Versuchsreihen hervorgeht, ist der Azotobakter gegen den Mangel an Phosphorsäure empfindlich, selbst bei

TABELLE XIII.  
Versuchsdauer: 10 Tage.

$K_2HPO_4$ mg	Menge der ver- brauchten Glukose in mg	Stickstoffgewinn in mg	Stickstoffgewinn pro 1 g verbrauchte Glukose in mg
20	1342·88	17·61	13·2
	1342·88	17·16	12·8
10	1050·08	10·08	9·5
	1068·48	10·86	10·2
5	620·48	—	—
	753·68	6·21	8·2
2	262·60	1·92	7·3
	216·88	1·44	6·6
—	98·80	0·48	5·0
	128·08	0·48	3·7

verhältnismäßig großen Phosphatmengen in der Nährlösung, und reagiert auf diesen Mangel durch schwächere Entwicklung und durch weniger ökonomische Ausnutzung der Glukose. Das Minimum der Phosphorsäuremenge, welche zu einer ökonomischen Ausnutzung von 1 g Glukose noch genügt, kann auf Grund des Versuches XI und XII auf 13·83 mg  $K_2HPO_4$  geschätzt werden, was 5·63 mg  $P_2O_5$  und 2·46 mg P entspricht.

### 5. Der Bedarf an Schwefel.

#### Versuch XIV.

Es wurde eine Grundnährlösung benutzt, welche in 100 ccm folgende Stoffe enthielt:

20 mg	$K_2HPO_4$
10 "	$Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$
15 "	$MgCl_2 \cdot H_2O$
30 "	Humat
1100 "	Glukose.

Als Schwefelquelle diente  $K_2SO_4$ , in verschiedenen Mengen von 1 bis 9 mg der Grundlösung zugesetzt. Nach 5 Tagen wurde der

Stickstoff bestimmt. Die Resultate sind in Tab. XIV zusammengestellt.

TABELLE XIV.  
Versuchsdauer: 5 Tage.

K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> mg	9	3	1	—
Stickstoffgewinn in mg	17·53	10·67	3·25	0·10
	15·71	10·25	3·67	0·17

Dieser Versuch spricht deutlich für die Notwendigkeit des Zusatzes einer Schwefelverbindung zur Nährlösung für den Azotobakter. Ohne Sulfat ist die Entwicklung äußerst schwach, ist selbst bei 3 mg K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> noch nicht normal und es wird erst bei 9 mg Sulfat die normale Stickstoffbindung erreicht, welche dem vollständigen Verbrauch der dargebotenen Glukose entspricht. Da die Glukosebestimmung in der Kontrollkultur verunglückte, so konnte der Grad ihres Verbrauches in diesen Kulturen nicht bestimmt werden.

#### Versuch XV.

Die Grundnährlösung enthielt anstatt 15 mg MgCl<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O je 10 mg MgCO<sub>3</sub> (Tab. XV).

TABELLE XV.  
Versuchsdauer: 15 Tage.

K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> mg	Menge der verbrauchten Glukose in mg	Stickstoffgewinn in mg	Stickstoffgewinn pro 1 g verbrauchte Glukose in mg
9	1130·88	17·18	15·2
	1130·88	16·76	14·8
3	1130·88	11·58	10·2
	1130·88	9·76	8·6
1	449·28	3·80	8·5
	427·21	4·79	11·2
—	136·08	0·66	4·9
	80·16	0·80	10·0

Wiewohl dieser Versuch in einer Temperatur durchgeführt wurde, welche weiten Schwankungen unterlag (von 18 bis 28° C), und obwohl er 15 Tage lang dauerte, so stimmen doch seine Resultate mit den Ergebnissen des vorigen Versuches überein. Ohne Zusatz von Sulfat war die Entwicklung der Organismen sehr schwach, der Stickstoffgewinn ging wenig über den Analysenfehler hinaus. Bei 1 mg  $K_2SO_4$  ist die Stickstoffbindung deutlich, doch ist sie ebenso wie der Glukoseverbrauch um das Dreifache schwächer als in Kulturen mit 3 mg  $K_2SO_4$ . Bei 3 mg  $K_2SO_4$  ist zwar die Glukose vollständig verbraucht, aber der Stickstoffgewinn ist durchschnittlich um 6·3 mg geringer als dort, wo 9 mg  $K_2SO_4$  zugesetzt wurden, trotz des Verbrauches derselben Menge Glukose. Daher ist auch der auf 1 g verbrauchte Glukose berechnete Stickstoffgewinn geringer bei 3 mg  $K_2SO_4$  als bei 9 mg; in den ersteren beträgt er 10·2, bzw. 8·6 mg, in den letzteren 15·2 mg, bzw. 14·8 mg. Diese Tatsache kann in ähnlicher Weise erklärt werden, wie bei dem ähnlichen Verhalten des Organismus gegenüber einem ungenügenden Vorrat an anderen notwendigen Mineralbestandteilen der Nährlösung. Was die Menge von  $SO_3$  betrifft, welche notwendig ist, um 1 g Glukose ökonomisch zu verbrauchen, so muß sie größer als 1·22 mg (2·65  $K_2SO_4$ ), also die Menge von S größer als 0·49 mg sein.

Versuche über Chlorbedarf wurden nicht angestellt. Nach dieser Richtung darf aber ebenso wie betreffs des Eisens auf Grund der Versuche, in welchen der Nährlösung Chloride nicht besonders zugesetzt wurden, also auf Grund der Versuche II, III, IV, V, VIII, X, angenommen werden, daß dieser Bestandteil entbehrlich ist, oder daß nur Spuren davon genügen, welche entweder als Verunreinigungen der Reagenzien, oder mit dem Impfmateriale in die Nährlösung hineingebracht wurden.

#### 6. Zusammenfassung der Resultate.

Wenn wir die Versuchsergebnisse betreffs des Bedarfes des Azotobaktors an Mineralsalzen vergleichen, so ergibt sich folgendes:

1) Kalium, Kalzium, Magnesium, Phosphor und Schwefel sind für die Entwicklung des Azotobaktors unumgänglich notwendig, wobei das Gesetz des Minimums in seiner ganzen Ausdehnung zur Geltung kommt. Überall geht bei gewissem Mangel an einem der Mineralbestandteile die Entwicklung nur soweit vor sich, als es der im Minimum befindliche Bestandteil gestattet.

2) Unter den gegebenen Versuchsbedingungen, in denen die Versuche ausgeführt wurden, betragen die geringsten, für eine normale ökonomische Verwertung von 1 g Glukose durch den Azotobakter notwendigen Mengen:

K	—	0.38	mg
Ca	—	0.36	"
Mg	—	0.35	"
P	—	2.46	" = 5.63 mg $P_2O_5$
S	—	mehr als 0.49	mg = 1.22 mg $SO_3$ .

3) Der Mangel an irgend welchem unentbehrlichen Mineralbestandteil in der Nährlösung hat eine weniger ökonomische Ausnutzung der Glukose durch den Azotobakter zur Folge, so daß die Menge des gebundenen Stickstoffes bei Verbrauch von 1 g Glukose abnimmt. Der Verbrauch der Glukose bei gleichzeitiger Hemmung der Stickstoffbindung infolge des Mangels oder der Erschöpfung eines Mineralbestandteils in der Nährlösung ist so aufzufassen, daß in dem Maße, wie jener Mineralbestandteil sich erschöpft, zwar die Vermehrung der Organismen gehemmt wird, dagegen die Atmung der schon gebildeten Zellen fort dauert.

4) Die in die Nährlösung hineingebrachten Humate können für den Azotobakter nicht als Quelle der notwendigen Mineralsubstanzen dienen.

## II. Die schädliche Wirkung einiger Mineralbestandteile der Nährlösung und deren Entgiftung durch Kalzium und Magnesium.

Den Mineralbestandteilen der pflanzlichen Nährstoffe schrieb man bis vor nicht langer Zeit nur die Rolle der Ernährung zu. Erst die Arbeiten Loew's, Benecke's und anderer haben gezeigt, daß den einzelnen Bestandteilen außer der Ernährung noch die Rolle der gegenseitigen Neutralisierung der Giftwirkung anderer Substanzen zukommt. Schon lange war die Tatsache bekannt, daß die Lösungen einzelner Salze, welche zu den Bestandteilen einer vollständigen Nährlösung gehören, auf die Organismen schädlich wirken, falls sie denselben einzeln verabreicht werden. Als besonders giftig erwiesen sich für höhere Pflanzen die Magnesiumsalze.

Die schädliche Wirkung des Magnesiums kann, wie schon Boehm<sup>1)</sup> beobachtet hat, durch Kalziumsalze aufgehoben werden.

Loew hat in einer Reihe von Arbeiten, die er mit seinen Mitarbeitern ausführte, gezeigt, daß in der Nährlösung ein gewisses Gleichgewichtsverhältnis zwischen Kalzium- und Magnesiumsalzen eingehalten werden muß, ein Verhältnis, welches verschieden für verschiedene Pflanzen ist. Benecke<sup>2)</sup> stellt in seinen Versuchen an *Spirogyra* fest, daß das Kalzium auch auf Kalium- und Natriumsalze entgiftend wirkt. Loew und Aso<sup>3)</sup> haben eine solche Wirkung des Kaliums auf Magnesium beobachtet. Dasselbe stellte Hanstein<sup>4)</sup> an den Wurzeln des Weizens fest. Osterhout<sup>5)</sup> zeigt eine entgiftende Wirkung des Natriums auf Kalium, Magnesium und Kalzium; aus seinen Versuchen kann man auch den Schluß ziehen, daß auch umgekehrt Kalium, Magnesium und Kalzium entgiftend wirken und die schädliche Wirkung des Natriums aufheben.

Bis jetzt gab es nur Versuche an grünen Pflanzen und an Pilzen (Osterhout). Es war also aus theoretischen und praktischen Gründen gewiß von Interesse, zu untersuchen, wie sich der Azotobakter in einem Nährboden verhält, in welchem das Gleichgewicht zwischen den Mineralbestandteilen gestört ist.

Die Versuche wurden in der Weise durchgeführt, daß in der Nährlösung, welche den Ergebnissen der oben beschriebenen Versuche entsprechend, alle Mineralbestandteile in hinreichender Menge enthielt, die Menge eines Bestandteiles soweit gesteigert wurde, bis sich eine schädliche Wirkung dieser Steigerung äußerte, und es wurde dann versucht, durch Zusatz eines anderen Bestandteiles das gestörte Gleichgewicht wiederherzustellen. In dieser Weise wurde der Einfluß des Kalziums und Magnesiums auf die Giftwirkung des Überschusses von Natrium und Kalium und der Einfluß des Kalziums auf die Giftwirkung des Überschusses von Magnesium untersucht.

<sup>1)</sup> Zitiert von Benecke in den Ber. d. deutsch. Bot. Ges., 1907, Bd. 25, S. 332.

<sup>2)</sup> Ber. d. deutsch. Bot. Ges. 1907, Bd. 25, H. 6, S. 332.

<sup>3)</sup> Bot. Centralbl., Bd. 105, 1907, S. 370.

<sup>4)</sup> Nyt Magazin f. Naturvidensk., Bd. 47, H. 2, Kristiania 1909.

<sup>5)</sup> Jahrb. f. wissensch. Bot., Bd. 46, 1908, S. 121.

## Versuch XVI.

Es wurden 20 Kulturen zusammengestellt. Die Grundnährlösung enthielt in 100 ccm:

12·5 mg  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$   
 30 „ Na-Humat  
 1·2 g Glukose.

Den einzelnen Kulturen wurden verschiedene Kalimengen von 50 bis 500 mg in Form von Dikaliumphosphat zugesetzt. Der Versuch wurde in zwei Reihen geteilt. Der einen Reihe wurden 4 mg, der anderen 20 mg Monokalziumphosphat zugesetzt. Nach der Impfung mit Azotobakter von einer Agarkultur wurden die Kulturen in einem Thermostaten bei  $28^\circ\text{C}$  gehalten und der Stickstoffgewinn nach 5 Tagen bestimmt. Die Resultate sind in Tab. XVI zusammen-

TABELLE XVI.

Versuchsdauer: 5 Tage.

$\text{K}_2\text{HPO}_4$ mg	4 mg $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	20 mg $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
50	16·24 mg $\text{N}_2$	16·66 mg $\text{N}_2$
	16·66 „ „	16·10 „ „
100	14·86 „ „	16·17 „ „
	15·68 „ „	13·72 „ „
150	10·50 „ „	16·52 „ „
	8·26 „ „	16·38 „ „
250	2·38 „ „	13·86 „ „
	2·24 „ „	16·52 „ „
500	0·56 „ „	8·05 „ „
	0·70 „ „	13·16 „ „

mengestellt. Aus dieser Tabelle ist zu ersehen, daß in Kulturen, welche 50 und 100 mg  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  enthalten, der Gehalt der Nährlösung an Kalziumsalz gleichgültig ist. Sowohl in Gegenwart von 4 wie von 20 mg Kalziumphosphat ist die Stickstoffbindung beträchtlich. Wenn aber die Kalimenge auf 150 mg  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  gesteigert wurde,

dann entwickelten sich nur diese Kulturen normal, wo 20 mg  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  in der Nährlösung vorhanden waren, dagegen zeigen Kulturen mit einem geringeren Gehalt an Kalziumsalz eine schwächere Stickstoffbindung. Weitere Zusätze an Kaliumsalz (bis zu 250 und 500 mg) hemmten überall die Entwicklung der Kultur, jedoch bei Anwesenheit größerer Kalziummengen weniger als bei Gegenwart einer geringeren.

Eine allzu starke Kaligabe wirkt also auf den Azotobakter entwicklungshemmend; diese Hemmung kann aber durch Kalziumsalze aufgehoben werden. Je stärker der Zusatz der Kalisalze ist, desto mehr Kalzium muß der Nährlösung zugeführt werden, um das gestörte Gleichgewicht wiederherzustellen. Gegen dieses Versuchsergebnis könnte man aber den Einwand erheben, daß das Monokalziumphosphat als saures Salz die Alkalinität des  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ , welche vielleicht nach Überschreitung einer gewissen Grenze für den Azotobakter schädlich sein konnte, herabsetzt. Es wäre dann leicht begreiflich, daß diese Alkalinität bei wachsender Menge von  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  für ihre Abstumpfung immer größere Mengen von Monokalziumphosphat erfordern würde. So dürfte es natürlich erscheinen, daß bei größeren Zusätzen von  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  eine entsprechende Steigerung von  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  günstig wirkt.

Um diesem Einwande zu begegnen, mußte der Versuch mit Lösungen von neutraler Reaktion wiederholt werden. Das geschah nun im nächstfolgenden Versuch.

#### Versuch XVII.

Als Kalzium- und Kaliumquelle dienten hier Sulfate. Sonst waren die Mengen des Kaliums, welche in die Nährlösung eingeführt wurden, die gleichen wie im vorigen Versuche. Kalzium wurde in drei verschiedenen Mengen zugesetzt, in welchen die beiden ersten Gaben denjenigen des vorigen Versuches genau entsprachen; der Zusatz der dritten Serie war größer. Die Resultate dieses Versuches finden sich in Tab. XVII.

Aus den Zahlen dieser Tabelle sehen wir, daß der Zusatz von 2.73 mg  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , welcher im Gehalt an Ca einer Gabe von 4 mg  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  entspricht, nicht die gleiche entgiftende Wirkung wie dieses letztere Salz auf die Kaliumverbindungen hatte. Dazu erwies sich diese Menge als unzureichend. Erst bei 13.65 mg  $\text{CaSO}_4$ , was einer Gabe von 20 mg  $\text{CaH}_4\text{P}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  entspricht,

TABELLE XVII.

Versuchsdauer: 5 Tage.

K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> mg	2.78 mg CaSO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O	13.65 mg CaSO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O	25 mg CaSO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O
50	0.35 mg N <sub>2</sub>	9.24 mg N <sub>2</sub>	12.90 mg N <sub>2</sub>
	0.28 " "	10.25 " "	9.52 " "
100	0.14 " "	5.53 " "	8.12 " "
	—	3.78 " "	9.52 " "
150	0.21 " "	0.70 " "	8.54 " "
	0.35 " "	0.70 " "	6.58 " "
250	—	0.56 " "	8.12 " "
	—	0.42 " "	8.54 " "
500	—	0.42 " "	0.70 " "
	—	0.42 " "	0.84 " "

war die Entwicklung der Kultur normal. Mit der Steigerung der Kalimengen bis auf 100 mg K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> machte sich auch bei dieser Gipsmenge eine Schwächung der Entwicklung der Kultur bemerkbar. Die schädliche Wirkung dieser Kalimenge wurde erst durch einen noch stärkeren Kalziumzusatz, nämlich von 25 mg CaSO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O aufgehoben. Auch diese Mengen waren aber noch unzureichend, sobald die Kalimenge bis auf 500 mg K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> erhöht wurde. Aus diesem Versuche geht also hervor, daß auch schwefelsaurer Kalk auf die schädliche Wirkung größerer Mengen von Kalisalzen entgiftend wirkt, wodurch bewiesen wird, daß diese entgiftende Wirkung der Kalziumsalze nicht auf der die allzu alkalische Nährlösung neutralisierenden Wirkung beruht, sondern auf andere Ursachen zurückgeführt werden muß.

## Versuch XVIII.

Dieser Versuch sollte den Einfluß verschiedener Mengen von Natriumsalzen und die diesen Einfluß neutralisierende Wirkung der Kalziumsalze feststellen. Es wurden 32 Kulturen zusammengestellt. Die Grundlösung enthielt in 100 ccm:

20 mg  $K_2HPO_4$   
 12·5 „  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$   
 50 „ Humat  
 1·2 g Glukose.

Die eine Hälfte der Kulturen erhielt je 13·65  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ , die andere je 25 mg  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ; außerdem wurden verschiedene Mengen Natriumsulfat zugesetzt, welche den zugesetzten Mengen von Kaliumsulfat im vorigen Versuch äquivalent waren. Nach 6 Tagen wurde der Stickstoffgewinn bestimmt. Wie aus den in Tabelle XVIII

TABELLE XVIII.  
 Versuchsdauer: 6 Tage.

$Na_2SO_4$ mg	13·65 mg $CaSO_4 \cdot 2H_2O$	25 mg $CaSO_4 \cdot 2H_2O$
—	10·08 mg $N_2$	10·08 mg $N_2$
	9·68 „ „	9·94 „ „
4·08	8·54 „ „	10·36 „ „
	10·36 „ „	9·94 „ „
40·8	9·10 „ „	10·36 „ „
	10·22 „ „	9·80 „ „
81·6	9·52 „ „	10·08 „ „
	8·54 „ „	9·94 „ „
122·4	6·21 „ „	9·52 „ „
	8·73 „ „	10·22 „ „
204·0	2·29 „ „	8·17 „ „
	—	9·29 „ „
408·0	2·01 „ „	6·63 „ „
	1·17 „ „	3·55 „ „
612·0	0·47 „ „	0·61 „ „
	0·61 „ „	0·61 „ „

zusammengestellten Zahlen hervorgeht, schwächt das Natrium die Entwicklung des Azotobaktters in etwas geringerem Grade als das Kalium: Bei 122·4 mg  $Na_2SO_4$  und 13·65 mg  $CaSO_4$  ist die Ent-

wicklung noch ziemlich stark, während bei äquivalenter Menge von Kalisalz (150 mg) und gleicher Kalziummenge die Entwicklung fast völlig aufgehoben war. Ein größerer Zusatz von  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  hemmt die Entwicklung vollständig, jedoch nur bei geringerem Kalziumzusatz. Die Anwesenheit einer größeren Menge von Kalziumsalz (25 mg  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) bewirkt, daß auch bei 408 mg  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  die Entwicklung der Kultur noch bedeutend ist und erst bei 612 mg  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  aufhört. Die Wirkung des Natriums auf den Azotobakter offenbart sich also in derselben Weise wie die Wirkung des Kaliums; eine vollständige Hemmung der Entwicklung findet aber erst bei verhältnismäßig größeren Zusätzen von Natrium- als bei solchen von Kaliumsalzen statt. Eine entsprechend gesteigerte Menge von Kalziumsalzen kann sowohl die schädliche Wirkung der Natrium- wie auch die der Kaliumsalze neutralisieren.

Die nächstfolgenden Versuche werden zeigen, daß ganz ähnlich wie Kalziumsalze sich die Magnesiumsalze dem Überschusse von Natrium- und Kalisalzen gegenüber verhalten.

#### Versuch XIX.

Es wurden 20 Kolben zusammengestellt. Die Grundnährlösung enthielt pro 100 ccm:

14	mg	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
16.4	"	$\text{Na}_2\text{HPO}_4$
50	"	Humat
1.2	g	Glukose.

Die Kulturen wurden in 2 Serien geteilt; der einen wurden 5 mg, der anderen 25 mg  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  zugesetzt. Nach 5 Tagen wurden die Stickstoffgewinne bestimmt. Aus den in Tabelle XIX zusammengestellten Resultaten ist zu entnehmen, daß, wenn die Nährlösung 5 mg  $\text{K}_2\text{SO}_4$  enthielt, die Entwicklung der Kulturen in gleicher Weise von statten ging, ob 5 oder 25 mg Magnesiumsulfat der Nährlösung zugesetzt wurden. 100 mg  $\text{K}_2\text{SO}_4$  wirkten in Gegenwart von 5 mg  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  schädlich, und die Stickstoffbindung erreichte kaum die Hälfte. Die Steigerung des Magnesiumzusatzes bis auf 25 mg  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  hob die schädliche Wirkung dieser Kalimenge vollständig auf; erst bei einer Steigerung des Kalizusatzes auf 500 mg  $\text{K}_2\text{SO}_4$  vermochten 25 mg Magnesiumsulfat die schädliche Wirkung des Kalisalzes nicht mehr aufzuheben.

TABELLE XIX.

Versuchsdauer: 5 Tage.

$K_2SO_4$ mg	5 mg $MgSO_4 \cdot 7H_2O$	25 mg $MgSO_4 \cdot 7H_2O$
5	10.71 mg $N_2$	10.29 mg $N_2$
	9.31 " "	10.15 " "
100	5.95 " "	10.15 " "
	5.81 " "	10.15 " "
150	8.61 " "	10.01 " "
	1.05 " "	9.03 " "
250	1.75 " "	10.99 " "
	4.55 " "	10.15 " "
500	1.05 " "	4.27 " "
	1.19 " "	3.43 " "

Eine ähnliche entgiftende Wirkung größerer Mengen von Magnesiumsalzen äußerte sich ebenfalls gegenüber der schädlichen Wirkung der Natriumsalze, wie aus folgendem Versuche zu ersehen ist.

## Versuch XX.

Die Grundlösung enthielt pro 100 cem:

14 mg	$CaSO_4$
20 "	$K_2HPO_4$
50 "	Humat
1.2 g	Glukose.

Drei Kolben erhielten nur die Grundlösung und je 10 mg  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ , aber kein Natronsalz, die übrigen außer der Grundlösung je 244.8 mg  $Na_2SO_4$  wasserfrei und verschiedene Mengen Magnesiumsulfat, von 10 bis 40 mg. Die Resultate sind in Tabelle XX zusammengestellt. Aus dieser ersehen wir, daß 10 mg  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  zur Entwicklung des Azobakters ausreichen, sofern die Nährlösung kein Natriumsulfat enthielt. Bei Gegenwart von 244.8 mg Natriumsulfat wird die Entwicklung der Kulturen fast vollständig gehemmt und das gestörte Gleichgewicht erst durch

TABELLE XX.

$\text{Na}_2\text{SO}_4$	0	244·8 mg				
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ mg	10	10	15	20	30	40
Stickstoff- gewinn in mg	7·18 10·62 10·78	0·42 0·56	0·84 0·56	0·70 0·56	5·74 5·53	5·75 4·97

einen Zusatz von 30 bis 40 mg Magnesiumsulfat teilweise hergestellt.

Aus diesen Versuchen geht hervor, daß auch die Magnesiumsalze die schädliche Wirkung der Kalium- und Natriumsalze zu neutralisieren vermögen.

Die nächstfolgenden Versuche sollen zeigen, inwiefern größere Mengen von Magnesiumsalzen schädlich auf den Azotobakter wirken, und inwiefern diese schädliche Wirkung durch entsprechende Mengen von Kalziumsalzen aufgehoben werden kann.

#### Versuch XXI.

Es wurden 24 Kulturen zusammengestellt. Die Grundnährlösung enthielt in 100 ccm:

20 mg  $\text{K}_2\text{HPO}_4$   
50 „ Humat  
1·2 g Glukose.

Den Kulturen wurden verschiedene Mengen Magnesiumsulfat, von 50 mg bis 1 g, zugesetzt. Die eine Serie erhielt 2·73 mg  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , die andere 13·65 mg. Nach 6 Tagen wurde der Stickstoffgewinn bestimmt. Die Resultate gibt Tab. XXI wieder.

Auch hier sehen wir, daß der Stickstoffgewinn in dem Maße sinkt, wie die Magnesiumsulfatmengen stark gesteigert werden, wobei die Steigerung des Zusatzes von Kalziumsalz von 2·73 mg auf 13·65 mg  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  deutlich die schädliche Wirkung des Magnesiumsalzes vermindert. Die Unterschiede in diesen beiden Serien waren aber verhältnismäßig gering. Es wurde daher noch ein zweiter Versuch angestellt, in welchem auch größere Mengen

TABELLE XXI.

Versuchsdauer: 6 Tage.

MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O mg	2·73 mg CaSO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O	13·65 mg CaSO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O
50	8·68 mg N <sub>2</sub>	10·22 mg N <sub>2</sub>
	9·38 " "	11·34 " "
100	8·26 " "	10·36 " "
	9·24 " "	9·52 " "
250	8·12 " "	8·57 " "
	7·00 " "	8·26 " "
500	5·18 " "	7·28 " "
	6·02 " "	7·00 " "
750	4·39 " "	6·21 " "
	5·02 " "	5·93 " "
1000	4·95 " "	5·37 " "
	2·57 " "	4·53 " "

von schwefelsaurem Kalk zur Neutralisierung der schädlichen Wirkung der Magnesiumsalze verwendet wurden.

## Versuch XXII.

Grundlösung wie beim vorhergehenden Versuche, Zusatz von 13·65 und 50 mg CaSO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O. Die Resultate sind in Tabelle XXII zusammengestellt.

Wir sehen aus den Zahlen dieser Tabelle, daß der günstige Einfluß des stärkeren Zusatzes von CaSO<sub>4</sub> deutlich hervortritt. Bei Gegenwart von 50 mg CaSO<sub>4</sub> ist überall der Stickstoffgewinn größer als bei 13·65 mg CaSO<sub>4</sub>.

Wenn wir die Resultate beider letzten Versuche in Mittelzahlen zusammenstellen und miteinander vergleichen, so sehen wir deutlich, inwiefern größere Kalziummengen die schädliche Wirkung eines Überschusses an Magnesiumsalzen abschwächen können. Das ist aus Tabelle XXIII zu ersehen.

Der Stickstoffgewinn in Kulturen mit 100 mg MgSO<sub>4</sub> steigt in dem Maße, wie der Zusatz an Kalziumsalzen gesteigert wird, nur

TABELLE XXII.

Versuchsdauer: 6 Tage.

MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O mg	13·65 mg CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	50 mg CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O
100	7·61 mg N <sub>2</sub>	10·55 mg N <sub>2</sub>
	7·75 " "	8·45 " "
500	5·23 " "	9·29 " "
	6·77 " "	8·17 " "
750	6·07 " "	9·29 " "
	5·65 " "	9·71 " "
1000	6·49 " "	7·75 " "
	6·91 " "	7·33 " "

sehr wenig. Dagegen ist bei einem Zusatz größerer Mengen von Magnesiumsalzen der Stickstoffgewinn bei 50 mg Kalziumsulfat doppelt so groß wie bei 2·73 mg. Daraus ist mit Sicherheit zu schließen, daß Kalziumsalze die schädliche Wirkung eines Überschusses an Magnesiumsalzen herabsetzen können.

TABELLE XXIII.

MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	2·73 CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	13·65 mg CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	50 mg CaSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O
Stickstoff gebunden, in mg			
100 mg	8·75 mg N	9·94 mg N	7·68 mg N
500 "	5·60 "	7·14 "	6·00 "
750 "	4·70 "	6·07 "	5·86 "
1000 "	3·62 "	4·95 "	6·70 "

Indessen wirkt ein Überschuß an Magnesiumsalzen weit weniger schädlich als stärkere Zusätze von Natrium- und Kaliumsalzen. Andererseits wird durch Zusatz von Kalziumsalzen die schädliche Wirkung der Kalium- und Natriumsalze viel energischer bekämpft als die der Magnesiumsalze. Man dürfte wohl vermuten, daß viel-

leicht ebenso wie in den an Weizen und *Botrytis* von Osterhout durchgeführten Versuchen, auch an Azotobakter die entgiftende Wirkung des Natriums auf das Kalzium, Magnesium und Kalium und vielleicht auch des Magnesiums auf das Kalzium hervortreten würde. Diese Frage bedarf aber einer besonderen experimentellen Prüfung.

Aus obigen Versuchen geht folgendes hervor:

- 1) Eine Steigerung des Zusatzes von Kalium, Natrium, oder Magnesium über eine gewisse Grenze hinaus wirkt auf den Azotobakter schädlich.
- 2) Diese schädliche Wirkung kann man durch einen Zusatz größerer Mengen von Kalziumsalzen zur Nährlösung herabsetzen oder vollständig aufheben.
- 3) Ähnlich wie das Kalzium wirkt auch das Magnesium entgiftend auf Natrium und Kalium.

*Przyczynek do antropologii Afryki środkowej. — Beiträge zur Anthropologie von Zentral-Afrika.*

Mémoire

de M. **JAN CZEKANOWSKI,**

présenté par M. J. Talko-Hryniewicz m. c. dans la séance du 29 Janvier 1910.

(Planches XV—XVII).

Auch bei den Angehörigen der primitivsten Völkerstämme findet man scharfe und markante Unterschiede. Beim eingehenderen Studium ihrer physischen Eigenschaften kann man in der Regel nachweisen, daß der ethnische Verband körperlich heterogen ist. Ein ethnischer Verband läßt sich nämlich in eine Anzahl homogener oder wenigstens mehr homogener Gruppen zerlegen. Die analytische Bestimmung biologischer Bestandteile (anthropologischer Typen) der ethnischen Verbände bildet die erste Hauptaufgabe der anthropologischen Arbeit.

Ebenso wie der Chemiker die wissenschaftliche Chemie auf der Kenntnis der Elemente aufbaut, muß der Anthropologe seine Wissenschaft auf die Kenntnis der anthropologischen Typen stützen. Seiner direkten Beobachtung sind aber nur ethnische Verbände — Völkerstämme — zugänglich. Von ihnen ausgehend kann erst auf analytischem Wege die Kenntnis der Typen erreicht werden. Der Anthropologe befindet sich in der Lage des Chemikers, der durch Zerlegung chemischer Verbindungen die Elemente erhält.

Die wissenschaftliche Chemie ist erst mit der Entdeckung der Elemente möglich geworden, doch ist sie nicht von ihnen ausgegangen. Etwas Ähnliches sehen wir auch in der Anthropologie. Das Bedürfnis, anthropologische Elemente zu bestimmen, taucht erst verhältnismäßig spät auf. Die Betrachtung des angehäuften

Materials mußte zuerst zu der Überzeugung führen, daß aus bloßem Vergleichen anthropologischer Eigenschaften in sich heterogener ethnischer Verbände wenig Fruchtbare resultiert. Man konnte auf diesem Wege keine übersichtliche Klassifikation der Unterabteilungen des Menschengeschlechtes erreichen.

Von dem Bewußtsein der Notwendigkeit, die Bestimmung anthropologischer Typen in den Vordergrund der Forschungsarbeit zu stellen, ist die wissenschaftliche Literatur noch nicht genügend tief durchdrungen. Nur in ganz wenigen Arbeiten sehen wir das Bestreben, die anthropologischen Bestandteile der untersuchten Völkerschaften zu ermitteln. Viele Forscher beschränken sich auf Beschreibung einzelner Individuen (z. B. einzelner Schädel) und die meisten betrachten die Zusammenstellung zahlenmäßiger Unterschiede zwischen den Angehörigen einzelner Stämme als den Endzweck ihrer wissenschaftlichen Arbeit.

Es ist nicht zu verwundern, daß die Vertreter der anderen Wissenschaften sich von dem gegenwärtigen Stand der anthropologischen Arbeiten wenig befriedigt fühlen. Der Kulturhistoriker, der gerade von der Anthropologie die Beleuchtung vieler Fragen seines Gebietes erwartet, findet hier für seine Forschung meistens keine sicheren Anhaltspunkte. Und doch kann das Problem des Zusammenhanges zwischen der Kultur und deren Trägern nicht vor der Bestimmung der Bevölkerungselemente in Angriff genommen werden, sondern man muß von der Erforschung der geographischen Verbreitung der einzelnen anthropologischen Typen ausgehen, ehe man an die Beantwortung der Frage nach ihrem Zusammenhange mit den Kulturformen geht. Deshalb ist auch die Kartierung der geographischen Verbreitung anthropologischer Typen eine so wichtige wissenschaftliche Aufgabe. Die anthropologische Karte bildet eine Grundlage zur Beurteilung der Migrationen.

Die Bestimmtheit, mit welcher Stammesnamen in der anthropologischen Literatur verwendet werden, könnte die Meinung erwecken, daß die Forschung ein Zusammenfallen der ethnischen Verbände mit anthropologischen Typen nachgewiesen hat. Wäre das wirklich der Fall, so könnte aus der Verbreitung der ersteren auf die Ausdehnung der letzteren direkt geschlossen werden. Leider ist jedoch das Verhältnis zwischen diesen beiden Gruppen durchaus nicht so einfach.

Ebenso wie die ethnischen Verbände aus Vertretern verschie-

dener Typen zusammengesetzt sind, bildet wieder ein und derselbe Typus den Bestandteil verschiedener Völkerschaften. Deshalb dürfen auch die Namen der Typen und Stämme miteinander nicht verwechselt werden. Gegen diese elementare Forderung wird aber sehr oft gesündigt. Das rührt hauptsächlich daher, weil nur einige europäische anthropologische Typen besondere Namen besitzen. Gewöhnlich bezeichnet man die Typen mit den Namen der Gruppen und Stämme, bei denen sie gefunden und beschrieben worden sind. So spricht man z. B. von einem hamitischen, langköpfigen, langgesichtigen, hochwüchsigen Typus. Hamite ist ursprünglich ein rein linguistischer Begriff. Man fand aber, daß unter den hamitischen Sprachen redenden negroiden Stämmen ein besonderer anthropologischer Typus vorherrscht. Dieser wurde mit dem Namen des hamitischen bezeichnet. Das Wort Hamite dient also zur Bezeichnung zweier, sich nur teilweise miteinander deckender Begriffe. Die linguistische Gruppe der Hamiten schließt nämlich auch die der Mittelmeerrasse angehörenden Berber ein. Vom anthropologischen Standpunkt aus muß man dagegen die eine Bantusprache redenden Batutsi und Bahima ebenfalls zu den Hamiten zählen. Diese Zweideutigkeit führt selbstverständlich zu vielen Mißverständnissen. Das angeführte Beispiel zeigt uns deutlich, daß aus der Verbreitung der hamitischen Sprachen auf die Ausdehnung des hamitischen Typus nicht geschlossen werden kann. Das Studium der Verbreitung anthropologischer Typen muß sich auf direkte Beobachtung körperlicher Eigenschaften der Angehörigen einzelner Stämme stützen.

Beim Studium der europäischen Bevölkerung wurden einige Typen ermittelt, in ihren Grundeigenschaften erkannt und beschrieben. Die Arbeit ist aber sogar hier bei weitem noch nicht abgeschlossen. Man hat Grund genug zur Annahme, daß die Zahl bestimmter Typen in der Zukunft mit dem Fortschritte der Forschung eine wesentliche Vermehrung erfahren wird. Bezüglich der übrigen Weltteile sind unsere Kenntnisse noch viel bescheidener. Über die afrikanische Bevölkerung, die uns hier näher interessiert, finden wir bei Deniker<sup>1)</sup> im Anschlusse an seinen Klassifikationsversuch der Menschenrassen folgende Angaben:

<sup>1)</sup> J. Deniker. The Races of Man. London 1900, p. 285.

A. Woolly Hair, Broad Nose		Races and Sub-races.	
Yellow skin, steatopygous, short stature, dolichocephalic		Bushmen (s. r. Hottentots and Bushmen)	1
Dark skin	{ Reddish - brown, very short stature, sub-dolichocephalic or sub-brachycephalic Black, stature tall, dolichocephalic Brownish - black, medium stature, dolichocephalic	{ Negrito (s. r. Negrillo and Negrito) Negro (s. r. Nigritian and Bantu) Melanesian (s. r. Papuan and Melanesian) . . . . .	2
			3
			4
B. Curly or Wavy Hair.			
	Reddish-brown, narrow nose, tall stature, dolichocephalic	Ethiopian . . . . .	5
	Chocolate-brown, broad nose, medium stature, dolichocephalic	Australian . . . . .	6
	Brownish - black, short stature, broad or narrow nose, dolichocephalic	Dravidian (s. r. Platyrrhine and Lep-torhine) . . . . .	7
Skin of a tawny white, nose narrow, hooked, with thick top, brachycephalic		Assyroid . . . . .	8
C. Wavy Brown or Black Hair, Dark Eyes.			
Clear brown skin, black hair, narrow, straight or convex nose, tall stature, dolichocephalic		Indo-Afghan . . . . .	9
Tawny white skin, black hair	{ Tall stature, elongated face { Aquiline nose, prominent occiput, dolichocephalic, elliptical form of face Straight coarse nose, dolichocephalic, square face Straight fine nose, mesocephalic, oval face	Arab or Semite . . . . .	10
		Berber ( $\frac{1}{2}$ sub-races) . . . . .	11
		Littoral European . . . . .	12
		Ibero-insular . . . . .	13
	Short stature, dolichocephalic	u. s. w.	

Aus dieser Zusammenstellung ist nun ersichtlich, daß Deniker eine Klassifikation der Völker und Sprachgruppen unter Berücksichtigung der anthropologischen Merkmale ihrer Angehörigen anstrebt. Die aufgestellten Gruppen sind aber sehr allgemein und unbestimmt. Infolgedessen kann dieser Klassifikationsversuch nicht als Beantwortung der Frage nach den anthropologischen Grundtypen der afrikanischen Bevölkerung angesehen werden.

Einen systematischen Versuch, die Elemente der afrikanischen Bevölkerung aufzudecken, finden wir in einer älteren Schrift von

Deniker<sup>1)</sup>. Es werden hier auf Grund analytischer Betrachtungen von anthropometrischen Aufnahmen drei Grundtypen der westafrikanischen Bevölkerung aufgestellt. Das Ergebnis seiner Untersuchung faßt der Verfasser in folgenden Sätzen zusammen<sup>2)</sup>: „En résumé les populations nègres de l'Afrique occidentale sont formées au moins du mélange de trois races: une race très grande, dolichocéphale, à nez assez large, très foncée, qui prédomine au nord (Nigritiens ou Guinéens); une autre grande, très dolichocéphale, à nez très large, moins foncée, dominant dans le sud (Bantous occidentaux); cette dernière est souvent mélangée à une troisième race, brachycéphale, très petite, velue, dont le foyer est vers l'équateur (Négrilles). Un mélange analogue se fait aussi sentir parmi les Nigritiens, mais à un plus faible degré, car on ne peut pas nier la présence d'individus petits, brachycéphales et poilus parmi certaines peuplades de la Guinée comme les Achantis. Dans ce cas, il faut admettre l'extension de l'élément négrière très loin vers le nord“.

Einen weiteren Versuch, die anthropologischen Typen der afrikanischen Bevölkerung zu bestimmen, finden wir in dem Werke: „The Uganda Protectorate“ von Sir Harry Johnston<sup>3)</sup>. Im Anschlusse an das anthropologische Gutachten von Shruballs bestimmt Johnston die Komponenten der Bevölkerung von Uganda. Er bezeichnet sie als: „The five main stocks from which the elements of the native races in Uganda are derived“...<sup>4)</sup>. Die Typen tragen folgende Bezeichnungen:

1. The Pygmy-Prognathous type.
2. The Bantu.
3. The Nile Negro.
4. The Masai.
5. The Hamite.

Außerdem erwähnt Johnston noch drei in Uganda fehlende Typen:

6. A Bushmen-Hottentot Stock.
7. The West-African Negro.
8. The Arab or Semitic type.

<sup>1)</sup> J. Deniker et L. Laloy. Les races exotiques à l'Exposition universelle de 1889. L'Anthropologie. Bd. I, S. 257.

<sup>2)</sup> A. a. O. S. 294.

<sup>3)</sup> London 1902. Hutchinson & Co, Paternoster Row.

<sup>4)</sup> A. a. O. S. 475.

Shrubsall kam durch Analyse der anthropometrischen Aufnahmen von Johnston und Doggett zur Aufstellung folgender Gruppen<sup>1)</sup>:

„The Bambute, Baamba, and Banande form a class to themselves characterised by a brachycephalic skull, broad depressed nose with a high index, flattened face, narrow chin, small ears, short stature, slender limbs, and small hands and feet.

„The Masai, who are tall, dolichocephalic, mesorhine, with a low bioculo-nasal index, with relatively greater span than Europeans, though their feet are relatively smaller than those of the Bantu group.

„The Acholi and Bari: tall, mesaticephalic, platyrhine, with small lower limbs, legs and forearms, but small feet and hands.

„A group somewhat less well defined than the foregoing, comprising the Baganda, Basoga, Wanyamwezi, intermediate in most respects, yet with relatively large feet and small hands.

„A few other groups remain to be discussed. The Kavirondo fall into two series, those of Bantu speech and those of Ja-Luo speech, the physical characters of the two approximating to the Basoga and Acholi groups respectively.

„The Lendu in most features would seem to be intermediate between the Nilotic negro and the small races of the Congo Forest zone. In stature and in the proportions of the limbs they agree with the Acholi, in face and ears they more closely resemble the Bambute. In cephalic index and the relatively large size of the feet they agree with neither.

„Karamojo in their bodily proportions would appear to closely resemble, if they have not affinities with, the Bantu-speaking group. In their cranial and facial characters they seem to be intermediate between the Bantu and Masai, though in the proportions of their limbs and the size of the hands they differ widely from the latter people.

„The Suk stand in a somewhat similar relationship to the Acholi.

„The Kamasia, Nandi and Andorobo are a somewhat aberrant group with intermediate characters best expressed in the tables. This is a very heterogeneous group, combining characteristics of other negro types. They are obviously a people of mixed origin.

<sup>1)</sup> A. a. O. S. 491.

„The Bahima are distinguished from the other groups mainly by the prominence and length of the nose. In this feature they approach the European or Hamite. The lower part of the face is narrower than the average negro, the ears approach the European type, and the head is actually larger than in the average negro. In short, in many respects they are negroid rather than negro. In other measurements than those instanced they approximate pretty closely to the Bantu“.

Infolge der geringen Zahl anthropometrischer Beobachtungen, die den Arbeiten von Deniker und Shruballs zugrunde liegen, können beide Untersuchungen keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben. Trotzdem sagen sie uns, was durch Analyse der afrikanischen Bevölkerung erhalten werden kann. Sie stellen einige anthropologische Typen fest und bestimmen deren Haupteigenschaften. Selbstverständlich reichten die dürftigen Angaben, aus denen es noch möglich war, die Typen approximativ zu ermitteln, nicht mehr zum Entwerfen einer Karte ihrer Verbreitung aus. Johnston versucht zwar auf seiner Plate VIII<sup>1)</sup> die Verbreitung der einzelnen Typen zu kartieren, da es aber an Anhaltspunkten für eine exakte Kartenkonstruktion fehlte, so mußten sämtliche Angaben leider sehr allgemein gehalten werden.

Der Entwurf einer anthropologischen Karte setzt eine größere Anzahl sich über ein Gebiet erstreckender Beobachtungen voraus. Es muß ein Netz anthropologischer Beobachtungspunkte geschaffen werden, denn nur dann kann man sich Rechenschaft über die territorialen Verschiedenheiten der anthropologischen Merkmale geben. Auf dieser exakten Basis können die Verbreitzonen der einzelnen Typen objektiv festgestellt werden, ohne an die allgemeinen Eindrücke der Forscher zu appellieren.

In vorliegender Arbeit habe ich mir die Aufgabe gestellt, eine anthropologische Karte von Zentral-Afrika zu entwerfen. Während meiner Reisen in den Jahren 1907—1909 ist es mir gelungen, einen bedeutenden Teil des Nil-Kongo-Zwischengebietes mit einem Netze anthropologischer Punkte zu bedecken. Die Zahl der untersuchten Individuen erreicht die Höhe von 4517, und die Beobachtungen werden noch durch eine osteologische Sammlung von 1018 Nummern (Schädel und Skelette) vervollständigt. Die Beobachtungen an Lebenden,

<sup>1)</sup> A. a. O. S. 486.

verteilen sich über das ganze Reisegebiet in einer Weise, wie sie in der beigelegten Karte (Taf. XVI) angegeben ist. Die Größe der schwarzen Kreise steht im Verhältnis zur Zahl der an einzelnen Orten gemachten Beobachtungen. Die kleine Karte gestattet uns infolgedessen einen Überblick über den Verlauf der anthropologischen Aufnahmen. Die Kreise häufen sich entlang der Reiseroute und zeigen die maximale Arbeitsintensität in den gut bevölkerten Landschaften von Ruanda, am Westufer des Albert-Sees und im Uele-Becken. Im Urwalde waren den anthropologischen Arbeiten durch die Spärlichkeit der Bevölkerung Schranken gesetzt. Die geringe Zahl der in Uganda gemachten Beobachtungen hat ihre Ursache in der allgemeinen Ermüdung nach der Kongoreise. Jede Gelegenheit, Leute aus entlegeneren Gebieten zu beobachten, wurde ausgenützt, weil dadurch der Umfang der aufgenommenen Zone erweitert wurde. So stammen z. B. die Angaben über Manyema aus Beobachtungen an Expeditionsträgern. Auf Messungen an Soldaten (Askari) mußte ich mit schwerem Herzen verzichten. Im Kongostaate bilden nämlich die Freiwilligen nur einen kleineren Teil des Kontingents; das Gros des Ersatzes wird durch die Häuptlinge im ganzen Lande gestellt, so daß wir infolgedessen in der *Force Public* die Vertreter sämtlicher Kongostämme finden. Es ist wirklich schade, daß die Soldaten nicht als typische Vertreter der Bevölkerung angesehen werden können, weil man dann einfach auf Grund der Untersuchung einiger Garnisonen die anthropologische Karte des ganzen Kongobeckens entwerfen könnte. Da aber einerseits bei der Einstellung der Soldaten eine starke, von militärischen Gesichtspunkten geleitete Auslese vorgenommen wird, andererseits die Häuptlinge, um ihre eigenen Leute zu schonen, meistens Sklaven und Fremde zum Militärdienst stellen, so sah ich mich gezwungen, von der allerdings bequemen Soldatenuntersuchung abzusehen.

Das umfangreiche anthropologische Beobachtungsmaterial konnte bis jetzt noch nicht durchgearbeitet werden, da die statistische Untersuchung sehr viel Zeit und Mühe erfordert. Hier soll nur ein Versuch gegeben werden, die Grenzen der anthropologischen Provinzen genauer zu fixieren.

Anthropologische Untersuchungen haben nachgewiesen, daß der Kopfindex ein Merkmal bildet, das bei geringer Variabilität in homogenen Gruppen große Unterschiede in der ganzen Spezies

zeigt. Dank dieser Eigenschaft kann aus der Verbreitung der Kopf-  
formen auf die Heterogenien der anthropologischen Schicht verhält-  
nismäßig besser als auf Grund anderer Merkmale geschlossen wer-  
den. Deshalb möchte ich, um eine Basis zur Beurteilung der Ver-  
breitung einzelner Typen in Zentral-Afrika zu schaffen, eine Karte  
der Kopfindices als vorläufige Mitteilung der noch längere Zeit be-  
anspruchenden Publikation vorausschicken.

Die Bevölkerung ist nicht gleichmäßig über das ganze Unter-  
suchungsgebiet verteilt. Will man aber auf einer Karte ein zusam-  
menhängendes Bild ihrer anthropologischen Eigenschaften geben, so  
müssen einige mehr oder weniger willkürliche Annahmen gemacht  
werden. So pflegt man in der Regel anzunehmen, daß die Bevölke-  
rung der berücksichtigten territorialen Einheiten (Kreise z. B.)  
keine lokalen anthropologischen Unterschiede aufweist. Dieser Vor-  
aussetzung gemäß würde man bei Wiederholung der Untersuchungen  
an verschiedenen Orten desselben Kreises stets dieselben Mittel-  
werte finden und kann dann auch auf der Karte die Oberfläche  
der entsprechenden Gebiete mit gleichmäßiger Färbung bezeichnen.  
Deshalb stellen die anthropologischen Karten eine Mosaik heteroge-  
ner Felder dar. Die Tatsache, daß die Grenzen der einzelnen Aus-  
schnitte durch politische und nicht anthropogeographische Momente  
bestimmt sind, verschleiert die erhaltenen Bilder. Die allgemeinen  
Gesetzmäßigkeiten werden durch die getroffene vereinfachende An-  
nahme entstellt und kommen in der graphischen Darstellung weni-  
ger scharf zur Geltung, als es a priori zu erwarten wäre. Nur dann,  
wenn die berücksichtigten territorialen Einheiten genügend klein  
sind, erhält man trotz allem ein hinreichend exaktes Bild der an-  
thropologischen Eigenschaften der untersuchten Bevölkerung.

Anders ist es aber in den Fällen, wo das gesammelte Material  
nach territorialen Einheiten nicht gegliedert werden kann. Liegt  
eine anthropologische Routenaufnahme vor, so haben wir nur mehr  
oder weniger zusammenhängende Ketten von Beobachtungen, und  
die alte Voraussetzung, daß die Bevölkerung der einzelnen politi-  
schen Unterabteilungen keine lokalen Unterschiede aufweist, ge-  
nügt hier nicht mehr, um zusammenhängende Bilder ganzer Ge-  
biete zu erhalten. Es muß hier der Kartenkonstruktion eine andere  
Annahme zugrunde gelegt werden. Sie lautet: bewegt man sich  
zwischen benachbarten anthropologischen Beobachtungspunkten auf  
geraden Linien, so verändern sich die anthropologischen Eigen-

schaften der Bevölkerung gleichmäßig. Sind die Größen irgend eines anthropologischen Merkmales in einzelnen Punkten bekannt, so kann auf Grund der obigen Annahme der wahrscheinliche Verlauf der Grenzen verschiedener Größen des untersuchten Merkmales bestimmt werden. Bei einem hinreichend dichten Beobachtungsnetze erhält man auf diesem Wege ein exakteres Bild, als nach der früher angegebenen Methode. Die Annahme der gleichmäßigen Veränderung des anthropologischen Milieus ist weniger willkürlich als die Annahme der Gleichmäßigkeit territorieller Bezirke.

Um die Konstruktion der anthropologischen Karte auf Grund eines Beobachtungsnetzes zu erklären, wollen wir zum folgenden schemati-

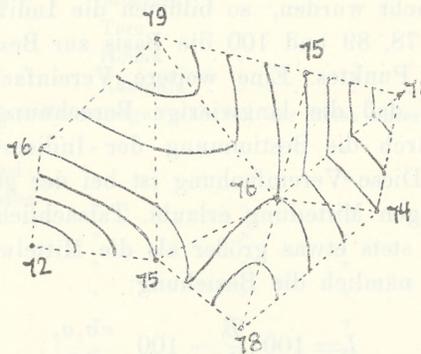


Fig. 1.

sehen Beispiele (Fig. 1) greifen: Es wurden in 5 Beobachtungspunkten für den Kopfindex die Mittelwerte 71, 74, 76, 79 und 75 festgestellt. Durch Verbindung der Punkte wird ein Dreiecknetz gebildet. Die Linien werden so geführt, daß die einzelnen Dreiecke möglichst kleine Oberflächen besitzen und ihre Seiten sich gegenseitig nicht schneiden. Steigt auf einer Linie der Kopfindex von 74 auf 76, so ist in der Mitte der Linie unter der gemachten Voraussetzung die Größe 75 zu erwarten. Auf einer anderen Linie sinkt der Index-Mittelwert von 79 auf 75. Hier würden zwischen den Endpunkten in gleichen Entfernungen Zwischenpunkte zu erwarten sein, die den Mittelwerten 76, 77, und 78 entsprechen. Mit gleichem Recht könnte man noch Punkte auf den Verlängerungen der Verbindungslinien bestimmen. Dies gilt aber nur in sehr beschränktem Maße. Durch Verbindung der Punkte, die denselben Zahlengrößen entsprechen, erhält man Linien, die die wahrscheinlichen Verbrei-

tungsgrenzen der verschiedenen Größen angeben. Unsere anthropologische Karte wurde nach dieser Methode konstruiert.

Da mein anthropologisches Material bis jetzt noch nicht durchgearbeitet ist, so wurde dieser vorläufigen Karte der Verbreitung der Kopfformen ein Netz von 71 approximativ bestimmten anthropologischen Punkten zugrunde gelegt. Aus den an den einzelnen Punkten gemachten Beobachtungen wurden bei größeren Beobachtungsreihen nur 10 Individuen ausgewählt. Die Auswahl geschah nach folgendem Prinzip: Es wurden nur diese Individuen in Betracht gezogen, die die ganze Beobachtungsserie in 9 gleich große Gruppen zerlegten. So z. B., wenn an einem Orte 100 Beobachtungen gemacht wurden, so bildeten die Individuen 1, 12, 23, 34, 45, 56, 67, 78, 89 und 100 die Basis zur Bestimmung des anthropologischen Punktes. Eine weitere Vereinfachung erfuhr die Arbeit dadurch, daß die langwierige Berechnung der Mittelwerte der Indices durch die Bestimmung der Indices der Mittelwerte ersetzt wurde. Diese Vereinfachung ist bei der geringen Genauigkeit der vorläufigen Mitteilung erlaubt. Tatsächlich sind die Indices der Mittelwerte stets etwas größer als die Mittelwerte der Indices. Es besteht hier nämlich die Beziehung:

$$I = 100 \cdot \frac{B}{L} - 100 \cdot \frac{r \sigma_L \sigma_B}{L^2}.$$

$I$  bezeichnet hier den Index der Mittelwerte,  $L$  und  $B$  die Mittelwerte der beiden Merkmale, aus denen der Index berechnet wurde (Länge und Breite des Kopfes),  $\sigma_L$  und  $\sigma_B$  ihre stetigen Abweichungen und  $r$  den Korrelations-Koeffizienten der beiden Merkmale. Da aber in unseren Beobachtungen die mittlere Länge des Kopfes stets größer ist als 180 mm, die  $\sigma_L$  und  $\sigma_B$  um 6 und 5 mm schwanken und der Korrelations-Koeffizient zwischen Länge und Breite des Kopfes die Größe von 0,5 nicht übersteigt, so hat das zweite Glied unserer Gleichung eine geringe Größe. Es ist nämlich

$$100 \cdot \frac{r \sigma_L \sigma_B}{L^2} < 100 \cdot \frac{0,5 \cdot 6 \cdot 5}{180^2} = \frac{15}{18^2} < 0,05$$

und spielt infolgedessen für uns gar keine Rolle. Eine wesentliche Erleichterung bietet uns eine Auswahl von nur 10 Individuen, ohne daß wir bei dieser Vereinfachung irgend welche wesentliche Entstellung der Ergebnisse zu befürchten haben.

Unserer anthropologischen Karte wurden folgende Punkte zugrunde legt.

Stamm	Ort der Untersuchung	Index der Mittelwerte
1. Bahamba	Kanasi . . . . .	74·3
2. Baziba	Kifumbiro . . . . .	74·3
3. Banyambo	Rufua-Mpororo . . . . .	72·5
4. Banyaruanda	Kakoma am Mohasisee . . . . .	73·7
5. "	Nyansa . . . . .	74·0
6. Balera	Ruasa . . . . .	76·7
7. Bagoye	Nyundo . . . . .	75·3
8. Balondo	Rutshuru . . . . .	77·2
9. Banyankole	Mbarara . . . . .	74·4
10. Batoro	Toro . . . . .	74·5
11. Banyoro	Hoima . . . . .	74·9
12. Baganda	Kampala . . . . .	73·4
13. Basindja Expeditionsträger während der Reise untersucht		75·8
14. Wasukuma	" " " "	75·8
15. Wanyamwezi	" " " "	74·6
16. Wanyanyembe	" " " "	74·9
17. Wafipa	" " " "	76·5
18. Wasalala	" " " "	76·6
19. Babembo	" " " "	77·3
20. Babuyu	" " " "	75·7
21. Babwari	" " " "	76·4
22. Manyema	" " " "	79·4
23. Bakusu	" " " "	79·6
24. Kasongo	" " " "	79·7
25. Barega	" " " "	78·9
26. Bakondjo	Vitshumbi . . . . .	79·3
27. "	Makoma . . . . .	77·5
28. "	Kazindi . . . . .	77·1
29. Baamba	kwa Kasudju . . . . .	78·5
30. Bakondjo	Mbeni . . . . .	78·0
31. Babira	Mawambi . . . . .	79·7
32. Bandaka	Burika . . . . .	80·0
33. Mubali	Avakubi . . . . .	77·6
34. Bakumu	Makala . . . . .	78·2
35. Barumbi	" . . . . .	79·8
36. Balengora	" . . . . .	78·4
37. Babira	Baruti . . . . .	76·3
38. "	Andisidi . . . . .	76·9
39. "	Shindano . . . . .	79·3
40. "	Irumu-Mahagi-Weg . . . . .	77·5
41. Maberu	Ngayu . . . . .	76·6
42. Mabudu	Nepoko . . . . .	74·9



Aus unserer anthropologischen Karte ersehen wir eine Reihe wichtiger Tatsachen. Wir wollen sie hier einer kurzen Besprechung unterziehen. Auf Grund der Karte läßt sich nämlich der erforschte Teil des Nil-Kongo-Zwischengebietes folgendermaßen gliedern:

1. Gebiet extremer Bahima-Dolichocephalie.
2. " extremer hamito-nilotischer Dolichocephalie.
3. " der Bantu-Dolichocephalie.
4. " " Mangbetu-Dolicho-Mesocephalie.
5. " südnilotischer Mesocephalie.
6. " der Sudan-Subbrachycephalie.
7. " " Urwald-Brachycephalie.

Das am schärfsten ausgesprochene extremdolichocephale Gebiet erstreckt sich vom Nordwestufer des Victoria-Sees bis zu den Seen Kivu und Tanganika. Die extremen Langköpfe gehören hier den herrschenden Bahima-Batutsi an. Die niedrigsten Kopfindices finden wir in Mpororo, wo sich die Bahima am reinsten erhalten haben und den größten Teil der Bevölkerung bilden. Die Figur 1 (Taf. XVII) gibt einen typischen Vertreter dieses schönen Menschenschlages. Hoher Wuchs, lange Gesichter und vor allem schmale, lange Nasen bilden neben dem schlanken Körperbau die Hauptmerkmale dieser Gruppe, wie das auch schon von Shruballs hervorgehoben wurde. Die Bahima können als Vertreter des hamitischen Typus angesehen werden.

Eine andere extrem-dolichocephale Zone finden wir am Bahr-el-Gebel im Gebiete der hamitisch sprechenden Bari. Wir haben hier ein Zusammenfallen der hamitischen Sprache mit der Dolichocephalie. Dem allgemeinen Eindrücke nach sind die Bari wesentlich stärker als die Bahima vernegert. Trotzdem können sie nicht mit den Acholi zusammengestellt werden, wie das Shruballs auf Grund von 3 Beobachtungen getan hat. Diese extrem-dolichocephale Zone scheint durch Latuka und Turkana mit dem Masai-Gebiete zusammenzuhängen. Trotz der Erhaltung der hamitischen Sprache spielt hier der hamitische anthropologische Typus eine geringe Rolle. Deshalb ist es auch sehr wahrscheinlich, daß wir hier einen anderen anthropologischen Typus vor uns haben. Diese dunkle Frage kann nur durch eine eingehende, mehrere Merkmale berücksichtigende anthropologische Analyse beleuchtet werden.

Das ganze Zwischenseengebiet<sup>1)</sup> bildet eine Zone, die von dolichocephalen Elementen besetzt ist. Die Masse der Bevölkerung kann aber auch hier nicht dem hamitischen Typus zugezählt werden. Im Gegensatz zu den herrschenden Bahima ist die unterjochte Bevölkerung weniger dolichocephal. Die Mittelwerte schwanken hier um 75 herum, wenn sie in Mpororo bis auf 72·5 im Durchschnitt sinken. Breiteres Gesicht, stärker entwickelte Backenknochen, schwerer, klotziger Körperbau charakterisieren diesen Menschen-schlag. Man pflegt diesen Typus mit der Bantukultur in Zusammenhang zu bringen. Shrub-sall hat Basoga, Baganda und Wanyamwezi zu einer Gruppe zusammengefaßt (vergl. S. 419), was nur darin seine Erklärung findet, daß er aus den wenigen ihm zur Verfügung stehenden Daten auf dolichocephalen Bantu-Typus geschlossen hat. Figur 2 (Taf. XVII) gibt uns einen typischen jungen Muntaryuanda als Vertreter des eben besprochenen Typus.

Das Umbiegen unserer Index-Grenzlilien im südlichen Manyema gestattet uns die Vertreter desselben Typus im Baluba-Gebiete, südlich der Lukuga zu erwarten. Es ist nicht ausgeschlossen, daß die Andeutung Denikers (vergl. S. 418), der vom dolichocephalen Bantu-Typus in West-Afrika spricht, auf dasselbe anthropologische Element bezug nimmt. Wäre das der Fall, so würde der sog. Bantu-Typus im Süden von der Urwaldzone quer durch Afrika gehen. Die Untersuchungen von Wolf sprechen jedenfalls dafür.

Andere dolichocephale Elemente finden wir im Mangbetu-Gebiete in den Becken von Bomokandi und Nepoko. Es muß hervorgehoben werden, daß wir hier die Sitte der Kopfdeformation treffen. Man könnte daher einwenden, daß die dolichocephale Insel ein künstliches Erzeugnis eines sozialen Brauches ist. Ich glaube aber nicht, daß dieser Umstand für unsere Karte von Bedeutung sein konnte. Das strenge Ausscheiden von Individuen mit Spuren von Kopfdeformation beim Messen bietet eine Garantie dafür. Die Langköpfigkeit der Mangbetu steht in einem engen Zusammenhange mit einer Reihe west-afrikanischer Kulturelemente, die hier plötzlich auftreten. Ich möchte nur ganz flüchtig die viereckige Hütte, die Sitte der Beschneidung, die Holzschnitzerei und Trommelsprache erwähnen, Momente welche für westliche Zusammenhänge sprechen. Die helle Hautfärbung weist auf den unteren

<sup>1)</sup> Unter Zwischenseengebiet verstehen wir die Länder zwischen den Seen Victoria, Albert, Edward, Kivu und Tanganika.

Aruwimi hin. Dafür spricht auch der Verlauf der Grenzlinien auf unserer Karte. Die von Wolf festgestellte Dolichocephalie der Bangala hängt vielleicht mit derjenigen der Mangbetu zusammen. In den nach dem Süden verschlagenen Wellen derselben Flut würde vielleicht der Grund des Auftretens relativ schmalerer Köpfe am oberen Kongo bei den Balengora und Bakumu liegen. Das fehlende Material gestattete aber nicht, einen Zusammenhang mit den dolichocephalen der Guinea-Küste nachzuweisen. Das dolichocephale Mangbetu-Gebiet entsendet im Uelebecken zwei Ausläufer nach dem Osten. Einer geht dem Uele, der andere dem Urwaldrande entlang. Diese Tatsachen stimmen mit den durch Überlieferung nachweisbaren Migrationen überein. Fig. 3 (Taf. XVII) zeigt uns einen recht guten Vertreter dieses Typus.

Die Zone der südnilotischen Mesocephalie umfaßt in einem breiten Streifen die Gebiete, die im Norden und Osten vom Victoria-Nil und Victoria-See gelegen sind. Im Westen kommt sie im Uele-Becken mit dem Gebiete der Mangbetu-Dolichocephalie in Kontakt und umfaßt die Oberläufe von Uele und Ituri. Dunkle Hautfarbe, nicht geringe Körpergröße, kurzes Gesicht bilden neben der Mesocephalie (um 77 herum) die auffallendsten Merkmale dieses Typus. Die besten Vertreter dieses Typus finden wir bei den Acholi. Im Westen der mesocephalen Zone, bei den Momvu und Mombutu, kann schon eine starke Beimischung der Urwald-Brachycephalen und des langköpfigen Mangbetu-Elementes nachgewiesen werden. In Fig. 4 (Taf. XVII) finden wir zwei Männer; der kleinere kann als ein guter Vertreter des eben besprochenen Typus angesehen werden, während der größere schon eigentlich mehr den früher besprochenen, nilotischen extrem-dolichocephalen Typus darstellt.

Die Gebiete im Norden vom Uele sind von dem subbrachycephalen Sudan-Typus bewohnt. Die starkgebauten, muskulösen Azande können als seine schönen Vertreter angesehen werden. Das Vordringen der Azande nach dem Süden kommt auf unserer Karte in der Umgebung der Bomokandimündung sehr schön zum Ausdruck. Man sieht hier sehr gut, wie sich die kurzköpfigen Sudaner in das Mangbetu-Gebiet einkeilen. Über die Verbreitungsgrenzen des subbrachycephalen Sudan-Typus fehlen jegliche Anhaltspunkte. Man kann aber erwarten, daß er bis zum Tshad-Becken reicht. Die Photographie Nr. 5 (Taf. XVII) gibt die Abbildung des Azande-Sultans Gangi.

Im Urwalde südlich vom Aruwimi und im Westen vom großen afrikanischen Graben herrscht der brachycephale Urwaldtypus vor, bei dem die Indices die Höhe von 79 im Mittel übersteigen. Geringe Körpergröße, kurzes Gesicht mit hervorstehenden Backenknochen (Taf. XVII Fig. 6) bilden neben der hellen Hautfarbe die Hauptmerkmale dieses Typus. Die Frage, in welchem Zusammenhange der oben besprochene Typus mit den Zwergen steht, kann hier noch nicht beantwortet werden. Die Zwerge (Taf. XVII Fig. 7) wurden hier einstweilen noch außer acht gelassen, da sie zu sehr von der übrigen Bevölkerung abweichen. Sie konnten infolgedessen für die Konstruktion einer allgemeinen Übersichtskarte mit den übrigen Urwaldbewohnern nicht zusammengeworfen werden. Was die weitere Verbreitung des Urwaldtypus anbetrifft, so scheinen die oben<sup>1)</sup> zitierten Worte von Deniker dafür zu sprechen, daß man diesen Typus auch in der Nähe der west-afrikanischen Küste begegnet. Es ist daher nicht ausgeschlossen, daß er in der Urwaldzone des Kongobeckens die Hälfte des Kontinents durchquert.

Im Berichte über die ersten 14 Monate meiner afrikanischen Forschungsarbeit<sup>2)</sup> wurde der anthropologische Teil mit folgenden Behauptungen abgeschlossen:

A. Im Osten vom Großen Afrikanischen Graben ist die Bevölkerung ausgesprochen dolichocephal. Im Westen herrscht die Tendenz zur Brachycephalie vor. Die Azande bilden keine Ausnahme, da ihr Kopfindex ebenso wie bei den Pygmäen um 79 schwankt. Die eventuelle Neigung der Mangbetu zur Dolichocephalie kann nicht als eine Ausnahme zitiert werden, da die Mangbetu die Schädel zu deformieren pflegen (Zuckerhutform).

B. Die Bevölkerung ist im Osten vom Großen Afrikanischen Graben dunkler als im Westen. Die Becken des Aruwimi und Uele sind durch auffallend helle Völkerschaften besetzt. Die Pygmäen und Mangbetu sind die hellsten. Im Osten vom Großen Afrikanischen Graben finden wir nur bei den Batutsi in Ruanda, vereinzelt bei den Wasukuma ähnliche Hautfarben (25—26 nach dem Schema von Luschan).

C. Der Große Afrikanische Graben scheint nicht im Zusammenhange mit der Grenze zwischen den kleinwüchsigen und den großen Völkerschaften zu stehen. Diese Grenze fällt eher mit dem Urwaldrande zusammen. Die Urwaldbewohner sind kleiner als die Bewohner der freien Ebene.

<sup>1)</sup> S. 418.

<sup>2)</sup> Jan Czekanowski, Die anthropologisch-ethnographischen Arbeiten der Expedition S. H. des Herzogs Adolf Friedrich zu Meklenburg für den Zeitraum vom 1. Juni 1907 bis 1. August 1908. Zeitschrift für Ethnologie, Jahrgang 1909, S. 591—615.

D. Die Batwa vom Ruwenzori scheinen mit den Kivu-Batwa außer Namen und Beschäftigung nichts Gemeinsames zu haben. Der Name Mutwa, Batwa scheint eine allgemeine Bezeichnung für kleine Menschen zu sein. Die Batwa vom Ruwenzori sind mit den Urwaldpygmäen identisch. Die Kivu-Batwa sind kleine Neger mit dunkler Haut und einer Körpergröße von etwa 1,60 m im Durchschnitt. Die Urwaldpygmäen sind hell, und ihre Körpergröße schwankt um 1,42 m. Beide Völkerschaften leben ausschließlich von Jagd und bebauen den Boden nicht. Nachdem man die Vertreter der beiden Stämme gesehen hat, ist es ganz unmöglich, sie zu verwechseln. Das Bezeichnen der Kivu-Batwa als Zwerge ist falsch, da Menschen mit 1,60 m Körpergröße kaum als solche angesehen werden können. Ob die Kivu-Batwa unter ihren Ahnen Pygmäen zählen, läßt sich nicht auf Grund des „allgemeinen Eindruckes“ entscheiden. Es ist möglich, daß sie ursprünglich Pygmäen waren und nur nachträglich, durch Mischung mit den Nachbarn, ihren ursprünglichen Typus eingebüßt haben. Diese Annahme erscheint mir aber unwahrscheinlich. Es ist Tatsache, daß die Kivu-Batwa von den Banyaruanda ganz verschieden sind. Sie weichen aber in der Richtung der Kongoneger ab, deshalb müßte man nach ihren Verwandten unter den Bachua der Tschuapa suchen. Diese sollen ebenfalls keine Zwerge sein.

E. Die Pygmäen lassen sich überall im Gebiete zwischen dem Ruwenzori und Uele feststellen. Sie sprechen sowohl am Uele wie am Ituri die Sprache der Balese und behaupten, keine andere zu besitzen.

F. Die großgewachsenen, dunklen Vertreter des „Nilotischen Typus“ lassen sich sogar im Südwesten des Victoriasees feststellen. In Uganda sind sie sehr häufig. Das scheint der Grund der Korrelation zwischen der dunklen Hautfärbung und der Körpergröße, die man überall am Victoriasee beobachten kann, zu sein.

G. Die Flüsse und Seen und nicht die Berge bilden die anthropologischen Grenzen im untersuchten Gebiete. So spielt der Große Afrikanische Graben eine auffallende Rolle. Der Uele-Kibali ist auch äußerst wichtig. Der oben aufgestellte Satz ist aber nicht allgemein gültig. Der Semliki bildet z. B. nicht auf seinem ganzen Laufe eine anthropologische Grenze. Das Gebiet zwischen dem Ruwenzori und dem Semliki ist von Unyoro-Toro ganz verschieden und schließt sich dem Kongowalde nicht nur faunistisch, sondern auch anthropologisch an.

Unsere Karte gestattet uns, den ersten Satz dieser Zusammenstellung ganz wesentlich zu vervollständigen. Auch bezüglich des letzten kann eine Anzahl Ergänzungen gemacht werden.

Der Große Afrikanische Graben bildet eine sehr scharf ausgesprochene anthropogeographische Grenze. Die Landstreifen zwischen den einzelnen Seen bilden natürliche Völkerstraßen. Zwischen Kivu und dem Albert-See strahlen die Urwaldbrachycephalen nach dem Osten aus. Die Flächen im Süden des Albert-Sees stellen die Zone einer in umgekehrter Richtung gehenden Ausstrahlung dar. Durch das Zwischengebiet des Eduard- und Albert-Sees strahlen nachweislich die Langköpfe nach dem Westen ins Urwaldgebiet aus.

Als eine weitere Ergänzung der oben aufgestellten Thesen könnte man noch hinzufügen, daß die historisch nachweisbaren Wanderungen auch auf der Karte der Kopfindices festgestellt werden können. Das Vordringen der Babira nach dem Nordosten verriät die Insel kurzköpfiger Elemente, die wir auf unserer Karte im Südwesten des Albert-Sees sehen. Die Expansion der Mangbetu kommt in den dolichocephalen Streifen am Urwaldrande und an den Uele-Ufern zum Ausdruck. Dasselbe gilt noch in viel höherem Maße für die Bahima-Wanderung.

Die Untersuchung eines Merkmales konnte uns nicht zur Bestimmung anthropologischer Typen bringen. Das kann nur durch eingehendere Analyse erreicht werden. Diese Untersuchung gestattet uns, bezüglich der Typenfrage nur zwei kurze Sätze zu formulieren:

1. Im Nil-Kongo-Zwischengebiet finden wir 7 anthropologische Provinzen, die mit einer entsprechenden Zahl anthropologischer Typen in Zusammenhang gebracht werden können. (Dabei wird von den Zwergen abgesehen).

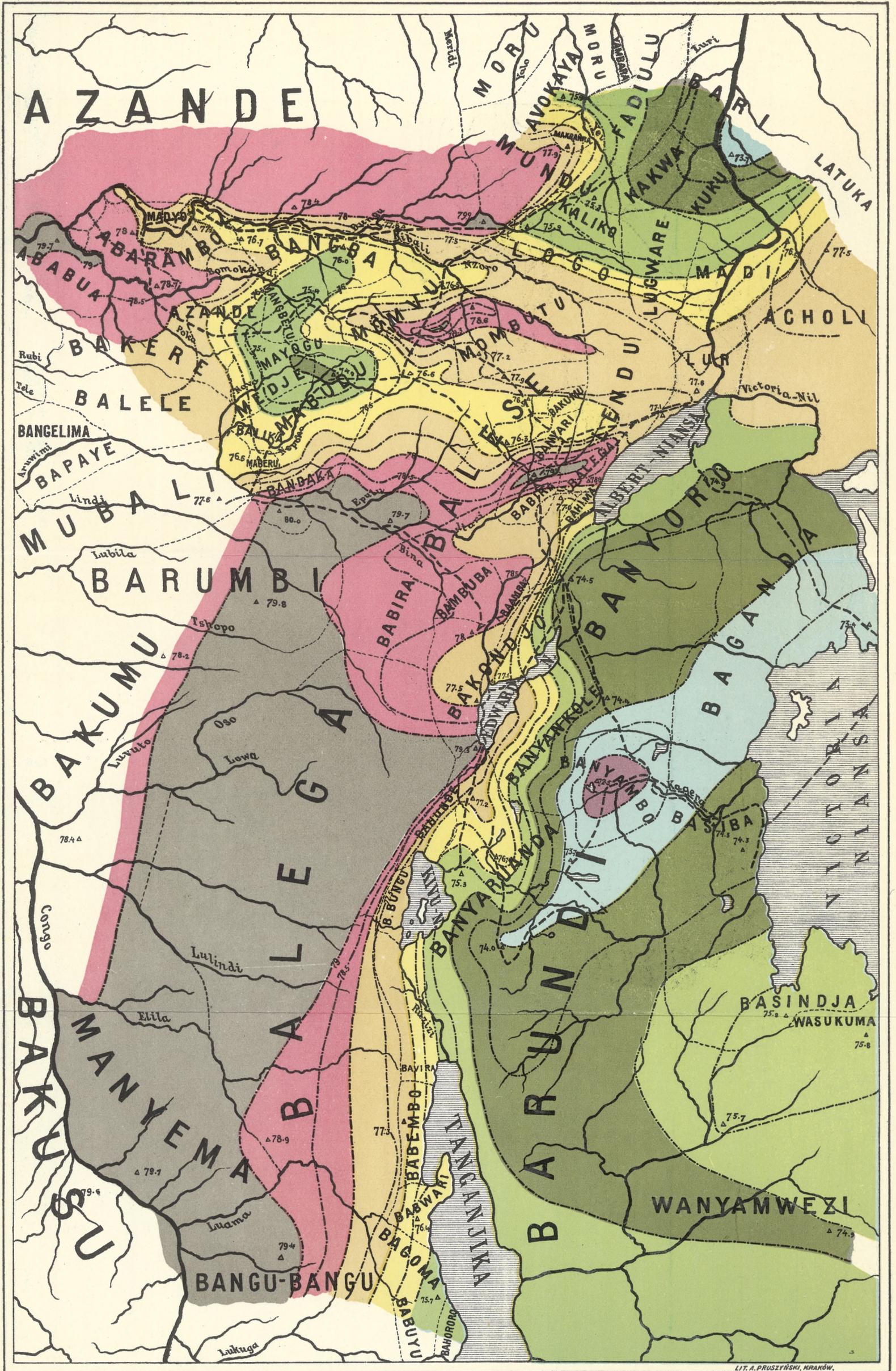
2. Im untersuchten Gebiete läßt sich ein Zusammenhang zwischen den ethnischen und kulturellen Gruppen einerseits und den anthropologischen Typen andererseits nicht leugnen.

### Erklärung der Tafeln XV—XVII.

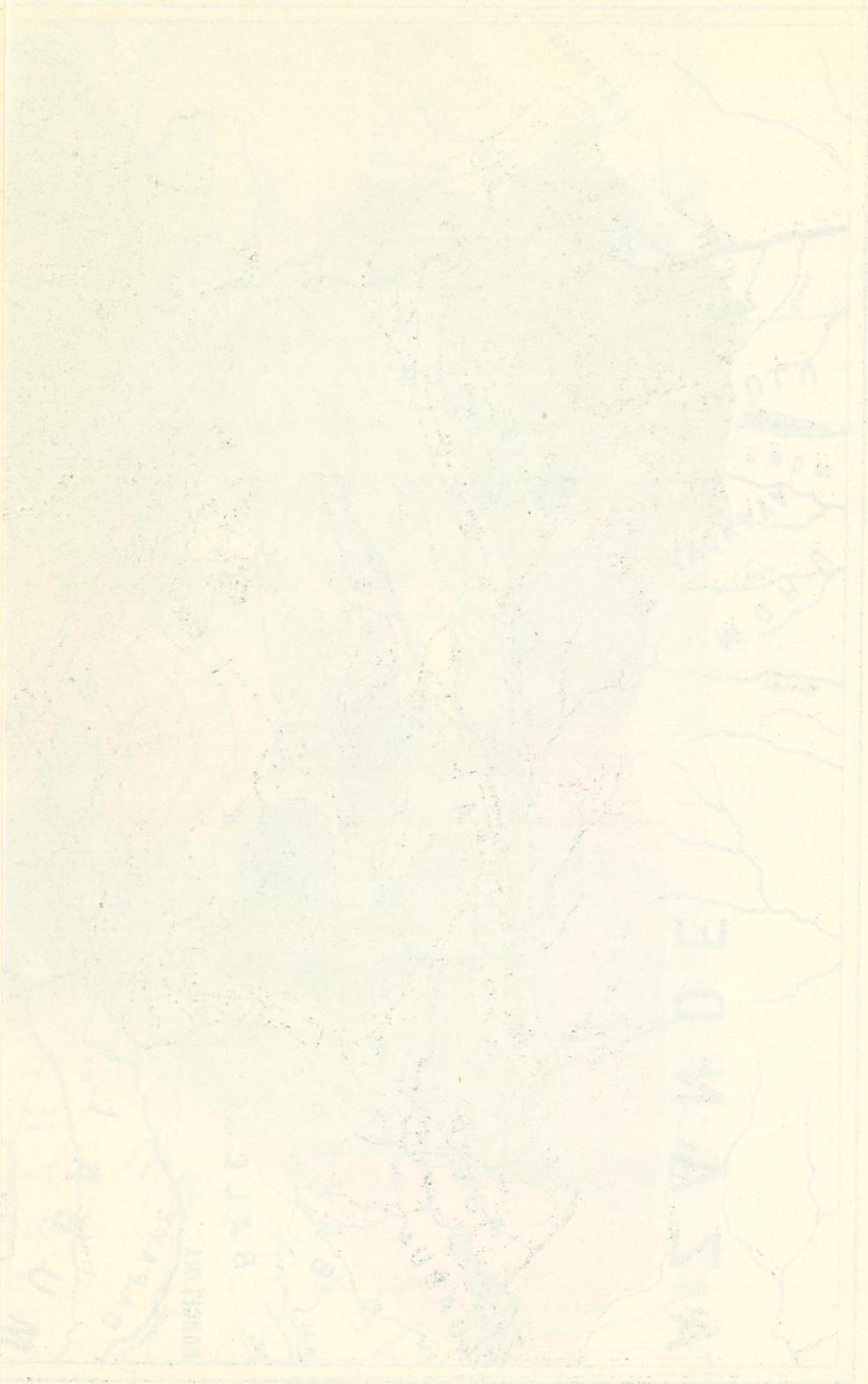
Tafel XV. Verbreitung der Kopfformen. (Vergl. S. 426).

Tafel XVI. Verteilung der anthropologischen Beobachtungen. (Vergl. S. 421).

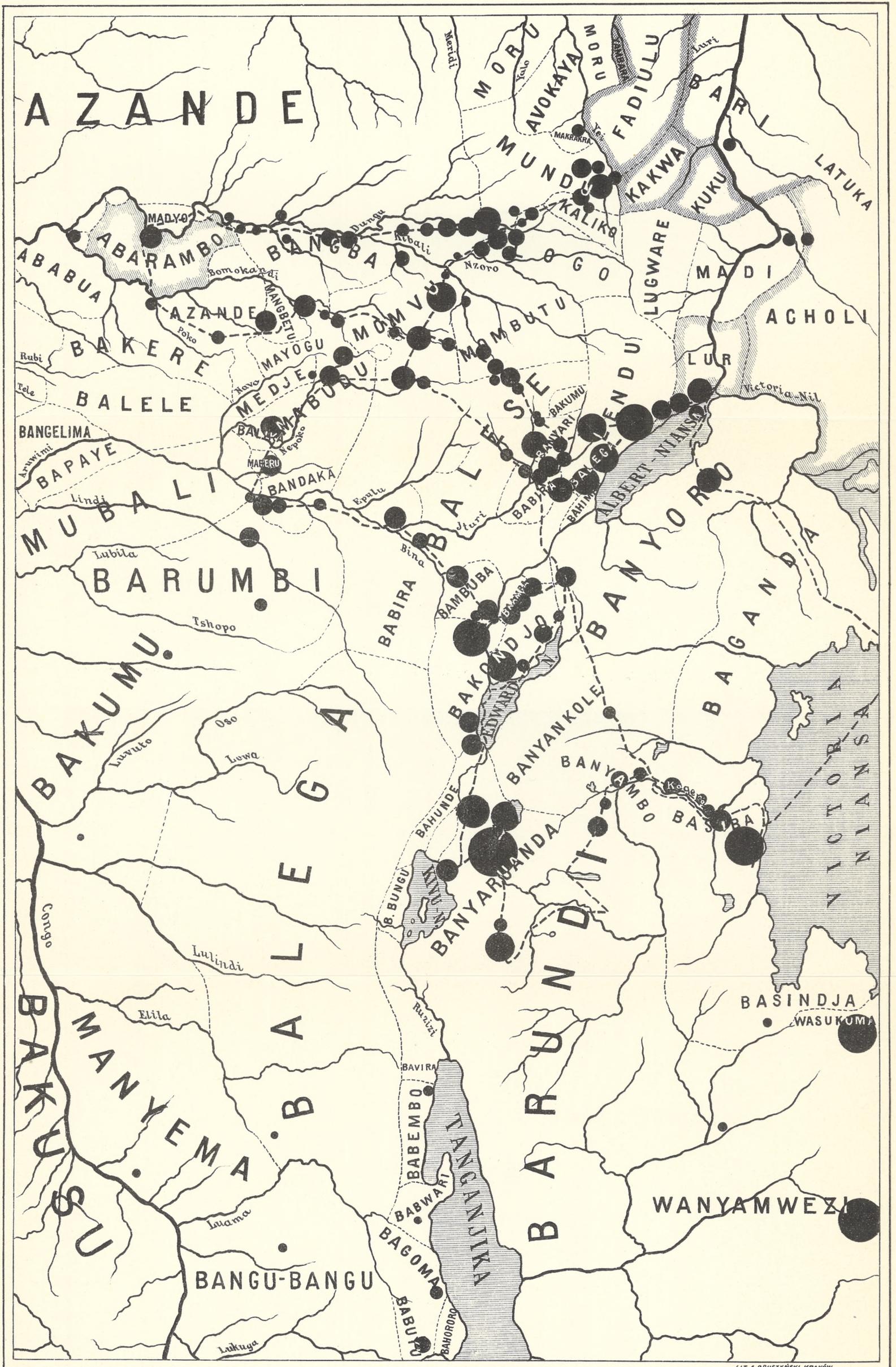
Tafel XVII. Anthropologische Typen des untersuchten Gebietes.



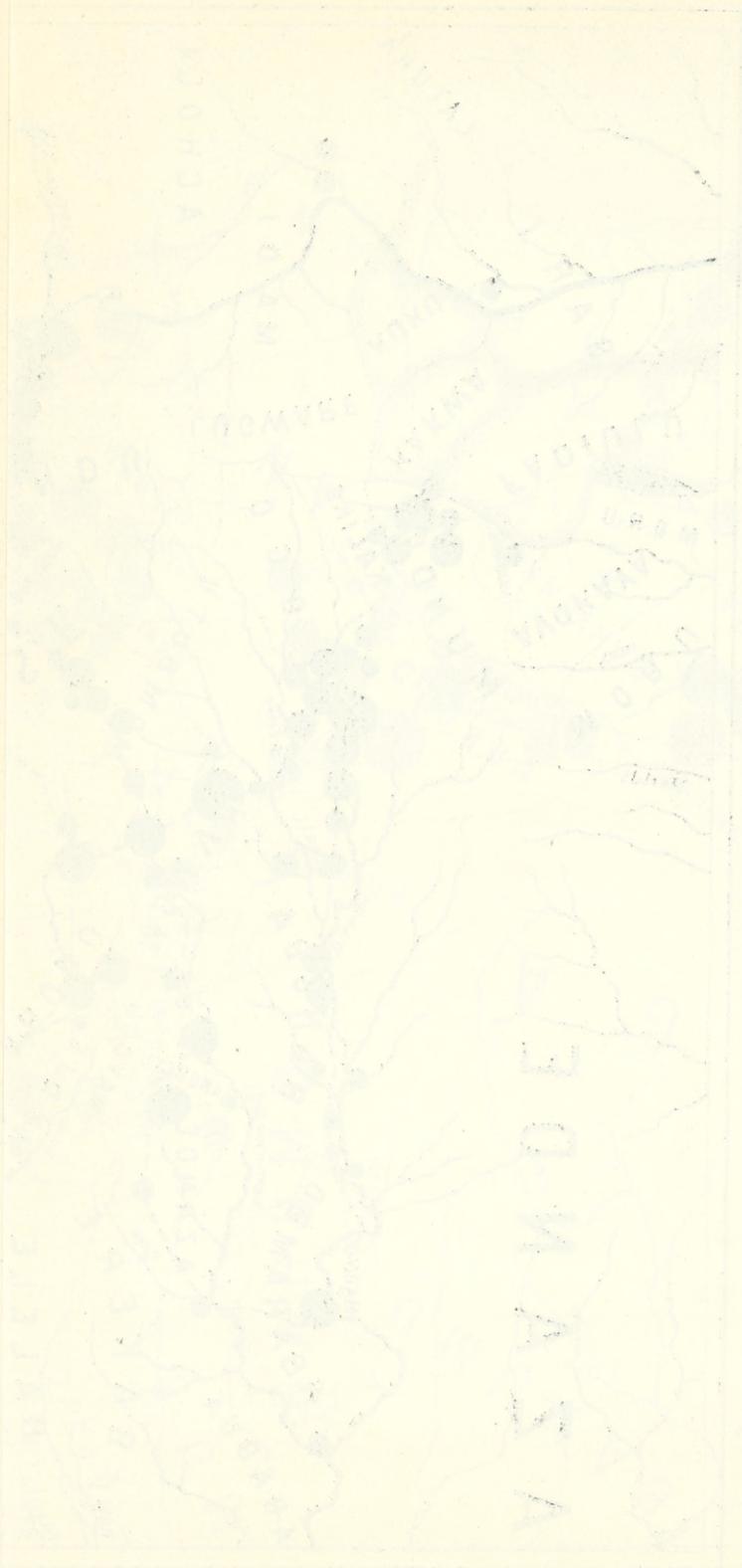
LIT. A. PRUSZYŃSKI, KRAKÓW.



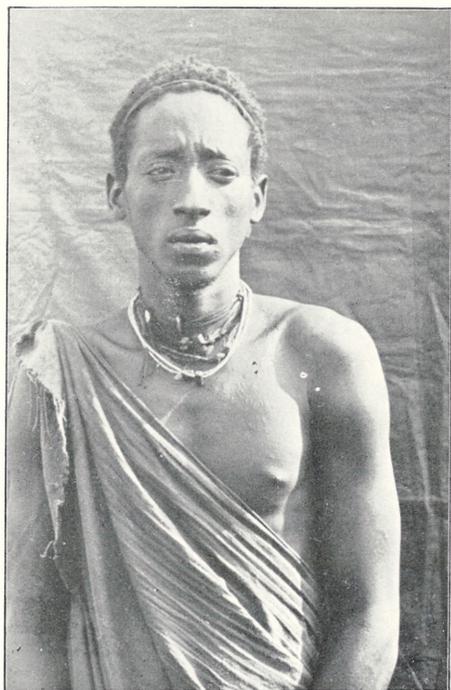
Wzrost i rozwój systemu dróg krajowych, 1945-1970



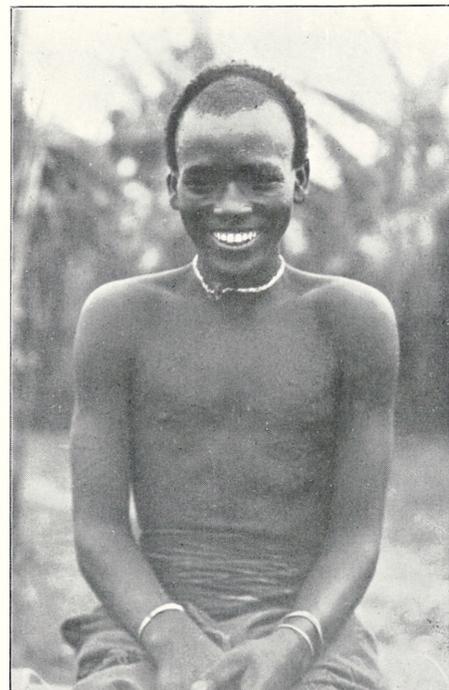
LIT. A. PRUSZYŃSKI, KRAKÓW.



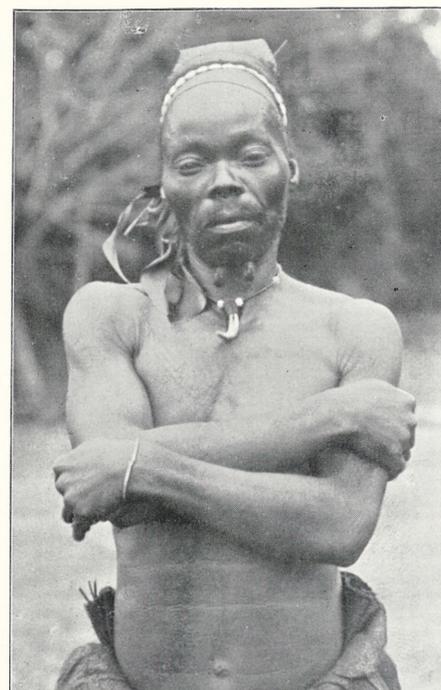




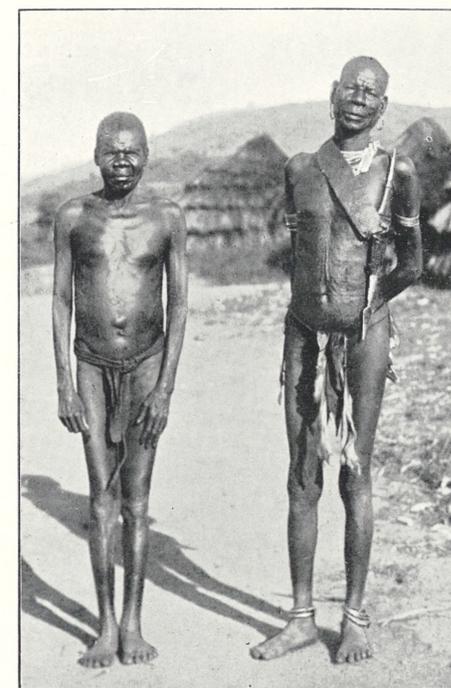
Nr. 1. Muhima aus Mpororo.



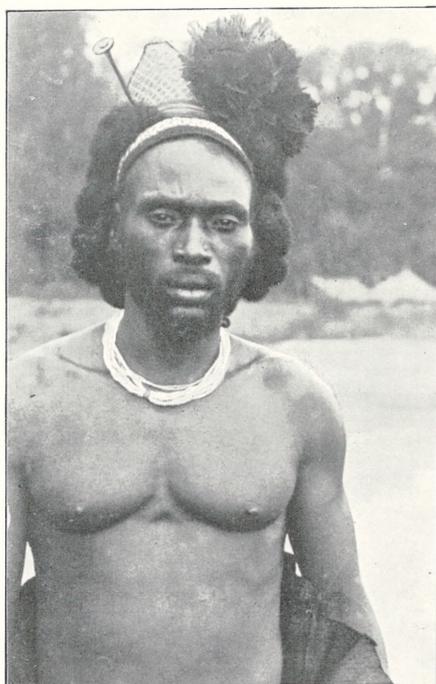
Nr. 2. Munyaruanda.



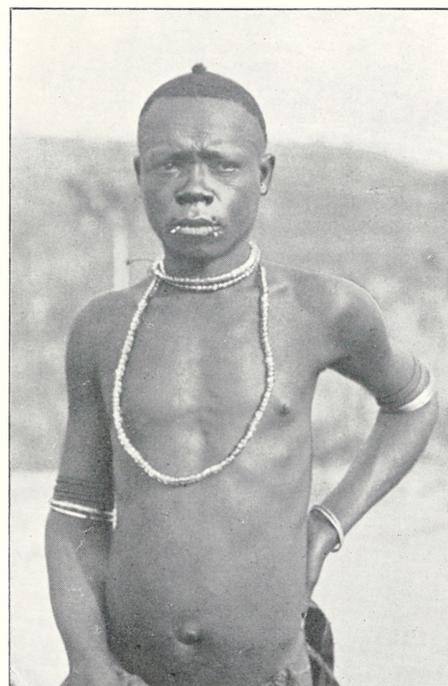
Nr. 3. Mangbetu.



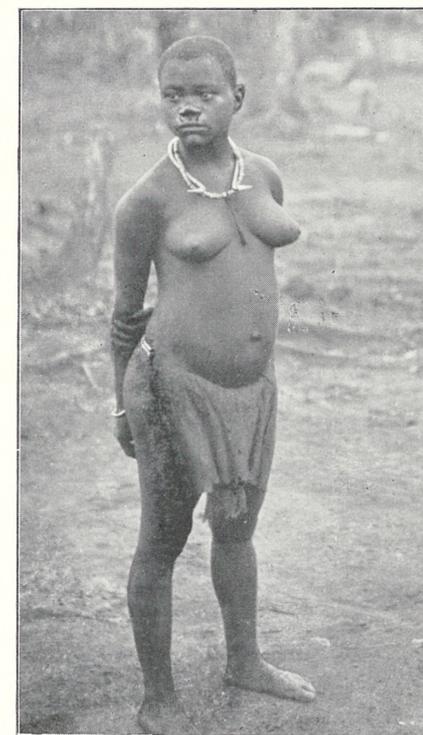
Nr. 4. Alur.



Nr. 5. Azande-Sultan Gangi.



Nr. 6. Muamba aus dem Semliki-Thale.



Nr. 7. Zwergin aus dem Ituriwalde.

1914-15

1914-15

BULLETIN INTERNATIONAL  
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE CRACOVIE  
CLASSE DES SCIENCES MATHÉMATIQUES ET NATURELLES.

SÉRIE B: SCIENCES NATURELLES.

DERNIERS MÉMOIRES PARUS.

(Les titres des Mémoires sont donnés en abrégé).

R. Hulanicka. Terminaisons nerveuses dans la peau de <i>Rana escul.</i>	Oct. 1909
W. Rogala. Lamellibranchen aus dem Lemberg-Nagorzanyer Senon	Oct. 1909
S. Krzemieniewski. Phototaktische Bewegungen . . . . .	Nov. 1909
J. Nowak. Obere Kreide in der Umgebung von Halicz . . . . .	Nov. 1909
J. Talko-Hryncewicz. Les Tchouvaches du Volga . . . . .	Nov. 1909
L. Sawicki. Die Bevölkerung der Westkarpaten . . . . .	Nov. 1909
J. Nowak. Zur Kenntnis des Senons im Königreich Polen . . . . .	Déc. 1909
J. Nusbaum et M. Oxner. Regenerationserscheinungen bei den Nertinen . . . . .	Janv. 1910
B. Fuliński. Beitr. z. Embryonalentwicklung der <i>Agelastica alni</i> L.	Janv. 1910
G. Poluszyński. Über einige Abnormitäten im Baue der Geschlechtsausführungsgänge bei <i>Helix pomatia</i> L. . . . .	Janv. 1910
A. Dzierzbicki. Beiträge zur Bodenbakteriologie . . . . .	Janv. 1910
E. Janczewski. Suppléments a la Monographie des Groseilliers .	Fév. 1910
E. Schechtel. Eine neue Art von Hydrachniden: <i>Limnesia polonica</i> n. sp. und das Weibchen von <i>Arrenurus nodosus</i> Koen.	Fév. 1910
T. Garbowski. Neue cytologische Experimente am Seeigellei . .	Fév. 1910
E. Malinowski. Monographie du genre <i>Biscutella</i> L. . . . .	Fév. 1910
W. Mazurkiewicz. Die anatomischen Typen der Zimtrinden . .	Mars 1910
W. Szafer. Geo-botanische Verhältnisse d. galiz. Miodobory-Hügelzuges . . . . .	Mars 1910
W. Szafer. Schwefelflora in der Umgebung von Lemberg . . . .	Mars 1910
H. Zapałowicz. Revue critique de la Flore de Galicie. XV . . .	Mars 1910
N. Cybulski. Beziehung zwischen den Aktionsströmen und dem tätigen Zustand der Muskeln . . . . .	Mars 1910
A. Wrzosek et A. Maciesza. Experimental Studies on the Hereditary Transmission of Brown-Séquard's Epilepsy of guinea-pigs	Mars 1910
S. Kopeć. Morphologische und histologische Folgen der Kastration und Transplantation bei Schmetterlingen . . . . .	Mars 1910
W. Staniewicz. Digestion de la graisse dans les infusiores ciliés .	Avril 1910
J. Stach. Ontogenie der Schneidezähne bei <i>Lepus cuniculus</i> L. .	Avril 1910
F. Rogoziński. Phosphorstoffwechsel im tierischen Organismus .	Avril 1910
W. Poliński. Entwicklung d. subkutanen Lymphgefäße der Säuger	Avril 1910
W. Łoziński. Zur Anthropogeographie d. Podolischen Canyongebietes	Avril 1910

## TABLE DES MATIÈRES.

---

MAI 1910.

	Page
W. ŁOZIŃSKI. Zur Anthropogeographie des Podolischen Canyongebietes (Schluß) . . . . .	337
J. WOŁOSZYŃSKA. Algenleben im oberen Prut . . . . .	346
R. REISER. Beiträge zur Kenntnis der Gattung Epirrhizanthus	351
P. WIŚNIEWSKI. Über Induktion von Lenticellenwucherungen bei Ficus . . . . .	359
E. ROSENHAUCH. Experimenteller Beitrag zur Phlyktanätiologie	368
H. KRZEMIENIEWSKA. Der Einfluß der Mineralbestandteile der Nährlösung auf die Entwicklung des Azotobaktens . . .	376
J. CZEKANOWSKI. Beiträge zur Anthropologie von Zentral-Afrika	414

---

Les livraisons du «Bulletin International» se vendent séparément. — Adresser les demandes à la Librairie «Spółka Wydawnicza Polska», Rynek Gł., Cracovie (Autriche).

---

*Prix: 4 K 50 h.*

---

---