

VERHANDLUNGEN
DER
PHYSIK.-MED. GESELLSCHAFT
ZU
WÜRZBURG.

HERAUSGEGEBEN
VON DER
REDAKTIONS-KOMMISSION DER GESELLSCHAFT:

PROF. DR. O. SCHULTZE.
DR. D. ACKERMANN. DR. K. HELLY.

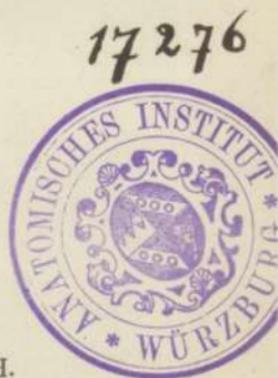
NEUE FOLGE. XLI. BAND.

MIT 7 TAFELN UND 38 ABBILDUNGEN IM TEXT.



WÜRZBURG.

VERLAG VON CURT KABITZSCH.
1912.



Alle Rechte vorbehalten.

Inhalt des XLI. Bandes

| | Seite |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <i>Boveri, Th.</i> , Über das Verhalten der Geschlechtschromosomen bei Hermaphroditismus. Beobachtungen an <i>Rhabditis nigrovenosa</i> . Mit 19 Textabbildungen (Nr. 5) | 83 |
| <i>v. Frey, M.</i> , Die Wirkung einfacher Druckempfindungen aufeinander. (Nr. 3.) | 39 |
| <i>Gahlen, Franz</i> , Entoptischer Befund bei Chorioretinitis. Mit 3 Tafeln. (Nr. 6.) | 99 |
| <i>Goldschmidt, G.</i> , Die Flora des Rhöngebirges VII. (Nr. 8.) | 151 |
| <i>Helfreich, Prof. Dr.</i> , Geschichte der Augenheilkunde an der Universität Würzburg. (Nr. 9.) | 171 |
| <i>Inouye, Tatsuichi</i> , Zwei Abhandlungen zur Mechanik der quergestreiften Muskels. Mit 2 Textabbildungen. (Nr. 3.) | 45 |
| <i>Reiss, August</i> , Studien über die Bakterienflora des Mains bei Würzburg in quantitativer und qualitativer Hinsicht. Mit 2 Tafeln. (Nr. 7.) | 107 |
| <i>Schultze, Oskar</i> , Über den direkten Zusammenhang von Muskelfibrillen und Sehnenfibrillen. Mit 1 Tafel. (Nr. 2.) | 33 |
| <i>Sieber, Franz Wilhelm</i> , Über die physiologische Rolle von Kalk, Magnesia und Phosphorsäure im Kambium. (Nr. 11.) | 215 |
| <i>Sobotta, J.</i> , Die neuesten Ergebnisse der Paläontologie des Menschen und das Abstammungsproblem der heutigen Menschenrassen. Mit 4 Textabbildungen. (Nr. 1.) | 1 |
| <i>Stucken, H. M.</i> , Experimentelle Beiträge zur Wirkung subkonjunktivaler Kochsalzinjektionen. Mit 1 Tafel. (Nr. 4.) | 65 |
| <i>Unger, Wilhelm</i> , Beiträge zur Physiologie des Kalziumoxalates. Mit 13 Textabbildungen. (Nr. 10.) | 191 |

Die neuesten Ergebnisse der Paläontologie des Menschen und das Abstammungsproblem der heutigen Menschenrassen.

Festrede des Vorsitzenden **J. Sobotta.**

Zur Feier des 62. Stiftungstages der Gesellschaft.

In seiner Rektoratsrede vom Jahre 1909 hat *Kiefl* (9) sich mit der Darwinschen Lehre in sehr dankenswerter Weise beschäftigt. So hohe Anerkennung auch seitens der Naturwissenschaft ein Eingehen der Theologie auf das Abstammungsproblem des Menschen verdient, so darf doch folgender Satz der Rede von *Kiefl* nicht unwidersprochen bleiben: „Sollte also die Wissenschaft, wovon sie zur Stunde noch himmelweit entfernt zu sein in allen ihren besonneren Vertretern zugibt, eine leibliche Deszendenz des Menschen aus der Natur je erweisen, so wäre die Theologie darauf nicht unvorbereitet“.

Dass die Naturwissenschaft z. Z. noch himmelweit davon entfernt ist, die Deszendenz des Menschen nachweisen zu können, ist nicht zutreffend. Im Gegenteil, je weiter das Erkenntnis vom Bau des menschlichen Körpers fortgeschritten ist, um so mehr hat die Naturwissenschaft den Nachweis führen können, dass der menschliche Körper sich in keiner Beziehung prinzipiell von dem des tierischen unterscheidet und dass sich z. B. Mensch und menschenähnliche Affen ungleich viel ähnlicher sind als die letzteren irgend einer anderen Tierspezies, selbst die niederen Affen nicht ausgenommen. Bezeichnen doch primitive Völker selbst niedere Affen, mit denen sie den Aufenthalt im tropischen Urwald teilen, in ihrer Sprache nicht als Tiere sondern als Menschen. Selbst der Laie wird in einem Skelet z. B. eines Gorilla die Menschenähnlichkeit ohne weiteres und ohne genaue Prüfung sofort erkennen.

Aber mit diesem Nachweise der durchaus tierischen Gestaltung des menschlichen Körpers wollen wir uns heute nicht beschäftigen. Ebensowenig soll davon heute hier die Rede sein, dass die Entwicklung des Menschen ungeheuer viele Hinweise auf die tierische Verwandtschaft des Menschen enthält, dass die ganze Art und Weise der embryonalen Entwicklung der Menschen keine andere ist, als die der Tiere. Zahllose Tatsachen der menschlichen Embryologie lassen sich überhaupt nur unter der Annahme einer Aszendenz — wie wir besser sagen sollten als Deszendenz — erklären.

Es gibt aber noch eine dritte Beweisreihe für die Deszendenz im Tier- und Pflanzenreiche d. i. die paläontologische. Einer der Hauptgründe, der zur Aufstellung der Abstammungslehre führte, im Gegensatz zu der noch vor hundert Jahren von dem grossen französischen Zoologen *Cuvier* verfochtenen Lehre von der Konstanz der Arten ist die Tatsache, dass die heute lebenden Tierformen in früherer Periode der Entwicklung unserer Erdrinde fehlten und an ihrer Stelle andere Arten sich fanden. Ferner hat die Paläontologie und speziell die Paläozoologie, wie wir die Wissenschaft nennen, die sich mit diesem Gegenstand beschäftigt, nachgewiesen, dass auf früheren Stufen der geologischen Formation entweder gar keine oder nur sehr niedrig organisierte Lebewesen existiert haben, dass dann erst allmählich solche von höherer Organisation aufgetreten sind. Hochentwickelte Tiere wie Vögel und Säugetiere treten überhaupt erst in späten geologischen Formationen auf.

Gerade der Umstand, dass man lange Zeit vergeblich nach Resten fossiler Menschen gesucht hat, hat dazu beigetragen, die Sonderstellung, die selbst die Naturwissenschaft früher dem Menschen zuerkennen wollte, zu festigen. Der schon oben genannte *Cuvier* konnte noch vor etwa 100 Jahren mit Recht den Ausspruch tun: „L'homme fossile n'existe pas“. — Es gibt keine fossilen Menschen. Aber dieser Ausspruch besteht heute ebensowenig mehr zu Recht wie die *Cuvier'sche* Lehre von der Konstanz der Arten, die ihr Urheber noch seinem Zeitgenossen *Lamarck*, dem grössten Vorläufer *Darwins*, gegenüber erfolgreich verteidigen konnte, bis ein noch grösserer kam und die Deszendenzlehre ihren Siegeszug durch die wissenschaftliche Welt antrat, ohne selbst vor der Theologie Halt zu machen.

Aus dem gleichen Grunde, mit dem man dem Menschen wegen Mangels an Fossilien eine Sonderstellung im Tierreich anweisen wollte, hätte man das auch für die Affen tun können, denn man hat lange Zeit hindurch vergeblich auch nach Resten fossiler Affen

gesucht, die jedoch heute ebensogut bekannt sind, wie solche vom Menschen, wenn auch nicht in grosser Zahl. So sind z. B. fossile Anthropoiden, allerdings in sehr spärlichen Resten auch in Europa (Frankreich, Deutschland, Schweiz) neuerdings auch in Afrika gefunden worden, eine bekannte und ausgiebige Fundstätte ganzer Skelette nicht anthropoider Affen ist die von Pikermi in Attika ganz nahe bei dem alten Schlachtfelde von Marathon.

Ehe wir uns noch mit den Resten des fossilen Menschen beschäftigen, müssen wir einen kleinen Exkurs in die Geologie machen. Diese unterscheidet folgende vier hauptsächliche Formationsgruppen, die älteste archaische, die paläozoische, die mesozoische und die känozoische. Die letztere ist die einzige, die für unsere Betrachtungen hier in Frage kommt. Sie zerfällt wiederum in 1. Tertiär 2. Quartär. Das Tertiär wird in vier Unterabteilungen zerlegt, die dem Alter nach als Eocän, Oligocän, Miocän und Pliocän bezeichnet werden. Für Reste fossiler Menschen kommt wohl lediglich das Pliocän in Betracht. Man nennt die letzte Periode des Pliocän auch wohl die Präglazialzeit d. h. die Zeit vor der ersten Kälteperiode des Diluvium (s. u.). Wie während der Dauer der ganzen Tertiärzeit, so herrschte auch im Pliocän ein sehr warmes, tropisches oder mindestens subtropisches Klima in Mitteleuropa. So lebten z. B. anthropoide Affen neben anderen Tropicentieren in unseren Breiten auch eine Elefantenart gab es, den *Elephas meridionalis*, eine Nashornart, *Rhinoceros etruscus*.

Gegen Ende des Tertiärs trat eine merkliche Abkühlung ein; es kam zur ersten Früheiszeit. Das Diluvium, die älteste der beiden Perioden des Quartärs, oder wie es auch unnötig schauerlicherweise genannt wird, die Eiszeit ist nämlich durch eine Anzahl von Kälteperioden und dazwischen gelegene, wieder wärmere Epochen gekennzeichnet. Erstere nennt man Eiszeiten, letztere Zwischeneiszeiten. Wieviel Eiszeiten es in Mitteleuropa gegeben hat, steht wohl z. Z. noch nicht sicher fest. Jedenfalls muss man mit mindestens zwei Früheiszeiten wenn nicht mit mehr, einer Haupteiszeit und einer Nacheiszeit rechnen.

Denken Sie sich nicht, dass während der Eiszeiten alles auf der Erde von Eis gestarrt hätte wie heute am Nordpol; im Gegenteil die Früheiszeiten brachten wohl eine wesentliche Abkühlung in Mitteleuropa gegenüber dem heissen Tertiär, aber die Temperatur war damals entschieden höher als jetzt, namentlich gilt das von den ersten Zwischeneiszeiten. Deutlich zeigt uns das die altdiluviale Fauna.

Elephas antiquus und *Rhinoceros Merckii* waren ebensowenig wie die grossen Raubtiere, die damals Mitteleuropa bevölkerten, Polar-tiere, was wohl am besten der Umstand zeigt, dass sich auch Flusspferde damals in den mitteleuropäischen Strömen tummelten, was ihnen wohl vergangen wäre, wenn strenge Winter harte Eisdecken über die Flüsse gebreitet hätten.

M. H. es ist lange her, dass Flusspferde auf dem Main gelebt haben. Denken Sie nicht etwa, dass das Diluvium nur ein Paar Tausend Jahre gedauert hätte, wahrscheinlich müssen wir mit einer sehr langen Zeitepoche rechnen, sicher wohl mehreren hunderttausend Jahren. Vollzog sich doch während der Eiszeit eine fast vollständige Umwandlung der Fauna. Die altdiluviale *Antiquus*fauna (nach dem Vertreter der Elephantengattung: *Elephas antiquus* benannt) hat nach oder wohl schon während der Periode der Hauptvereisung der der Kälte besser angepassten *Primigenius*fauna Platz gemacht. Denn das riesenhafte Mammut, *Elephas primigenius*, war langbehaart, wie wir nicht bloss aus den gut erhaltenen Resten dieses Ungeheuers wissen, sondern auch aus den Malereien der Diluvialmenschen. Ebenso war das grosse *Rhinoceros tichorhinus* (s. *antiquitatis*) mit langem Pelz versehen, es nahm den Platz des kleineren altdiluvialen *Rhinoceros Merckii* ein.

Die Periode der Hauptvereisung brachte für Mitteleuropa in der Tat ein wesentlich kälteres Klima als es das heutige ist. Die Gletscher der Alpen rückten weit in die lombardische Ebene einerseits, das bayrisch-schwäbische Hochplateau andererseits vor, Norddeutschland war bis an den Nordrand des Harzes und Thüringerwaldes von einer mächtigen Inlandeismasse bedeckt, die z. B. am Nordrande des Harzes noch fast 200 m hoch war. Zwischen den Alpengletschern einerseits und dem norddeutschen Inlandeis andererseits lag ein eisfreier Gürtel, der auch während der Zeit der stärksten Vereisung vom Mammut, *Rhinoceros tichorhinus*, dem gewaltigen Höhlenbären, Höhlenlöwen, Höhlenhyänen und, wie wir noch sehen werden auch vom Diluvialmenschen bewohnt war.

Nach Ablauf der Haupteiszeit wurde das Klima allmählich wieder wärmer, die Gletscher schmolzen im Laufe der Jahrtausende mehr und mehr ab, wo vorher Eis war, breitete sich wieder Fauna und Flora aus, bis eine Nacheiszeit ein nochmaliges Zurückdrängen der Fauna und Flora auf einen eisfreien mitteleuropäischen Gürtel mit sich brachte. Von da an trat langsam und stetig wieder Wärmeezunahme auf. Wir treten in die postglaziale Periode ein, den Be-

ginn des Alluvium, wie wir die jüngere Quartärperiode nennen, in der wir jetzt leben.

In der späteren Diluvialzeit sehen wir Polartiere wie das Rentier aus den, durch Vereisung vollkommen unbewohnbar gewordenen nördlichen Gegenden bis an die Mittelmeerküste herabziehen, um mit dem Mammut in der Postglazialzeit wieder nördliche Regionen aufzusuchen, wo das Renntier heute noch lebt, das Mammut wohl vor wenigen Jahrtausenden erst ausgestorben ist. Ausser dem Mammut kommen im jüngeren Diluvium Wildpferde und Wildrinder vor (letztere z. T. schon in der älteren Eiszeit); von diesen lebt der Wisent noch heute, während der Auerochs, der noch im Mittelalter in Deutschland gejagt wurde, erst seit Jahrhunderten ausgestorben ist. Auch ein gewaltiger Riesenhirsch mit einem mächtigen Geweih war ein Zeitgenosse des Mammuts.

Bevor ich Ihnen nun Mitteilungen über die Reste fossiler Menschen und menschenähnliche Formen mache, möchte ich auf folgendes hinweisen: Zwischen der paläontologischen Erforschung des Menschen und der der Tiere besteht ein grosser Unterschied in bezug auf das Untersuchungsmaterial. Bei der tierischen Paläontologie kommen in erster Linie die Skeletreste in Betracht, ausserdem nur ganz nebensächlich Fussspuren, Exkreme etc. Beim Menschen gesellen sich dazu die Artefakte, die Erzeugnisse der Intelligenz des fossilen Menschen. Letztere sind ungleich viel länger bekannt als Skeletreste, und lange bevor man solche gefunden hat, war man imstande die Existenz des diluvialen Menschen aus seinen Artefakten nachzuweisen. Als solche kommen in erster Linie die sogen. paläolithischen Steinwerkzeuge in Betracht, d. h. mehr oder weniger roh bearbeitete Feuersteinstücke, die anfangs weniger als Waffen als als Schaber, Messer etc. dienten. Im jüngeren Diluvium gesellen sich dazu Gebrauchsgegenstände aus Tierknochen und -Zähnen. Auch Schmuckgegenstände, namentlich Ketten von durchbohrten Muscheln wurden gefunden. Die interessantesten Artefakte aber sind die — allerdings jungdiluvialen — Malereien in den Grotten von Südfrankreich und Spanien, auf denen der Diluvialmensch nicht bloss seine Jagdtiere: Mammut, Wisent, Renntier, Wildpferde sondern auch sich selbst und seine zeltartigen Behausungen abgebildet hat. Auch sind mehrere aus Mammuthelfenbein gearbeitete Tier- und Menschenfiguren aus der späteren Eiszeit bekannt.

Während nun solche Artefakte schon lange bekannt waren, fehlten Skeletreste vom Diluvialmensch fast ganz. Dicht bevölkert war

damals Mitteleuropa sicher noch nicht. Zerstreute Horden bewohnten namentlich natürliche Zufluchtstätten wie Grotten und Höhlen, und viele, auch die Toten fielen den Raubtieren (Hyänen) zum Opfer, vielleicht auch dem Kannibalismus. Nur unter besonders günstigen Umständen war die Hoffnung auf Erhaltung von Skeletresten berechtigt. Kann es Wunder nehmen, dass die Anthropologie sich den Artefakten zuwandte und sie klassifizierte. Namentlich in Frankreich, wo die meisten und schönsten bearbeiteten Feuersteine gefunden werden, hat die Lehre von diluvialen Industrien ihre höchste Vollendung erreicht.

Damit aber lief die Anthropologie auch Gefahr, sich zu einer Art prähistorischer Archäologie zu entwickeln, auf welchem Standpunkt sie in der That jahrzehntelang stehen geblieben ist, zumal die spärlichen diluvialen Skeletreste, die man fand, mit denen der rezenten Menschen fast vollkommen übereinstimmten, so dass man von der somatischen Anthropologie nichts erhoffen zu können glaubte.

Aus diesem Traum schreckte die Anthropologie der Fund eines eigenartigen Fossils von der Insel Java auf. Es war der *Pithecanthropus erectus*, den der Holländer *Dubois* (5) 1893 dort fand. Zwar erweckte die — wie wir sehen werden im allgemeinen richtige — Beurteilung des Fundes durch seinen Entdecker anfangs vielfache Zweifel, aber selbst wenn sie falsch gewesen wäre, sie hätte das eine gute gehabt, nämlich die Anthropologie wieder auf ihren richtigen Weg zu leiten, denn die Entdeckung von *Dubois* war die Ursache, dass ein fast wieder vergessenes Fossil vom neuen ans Tageslicht geholt wurde und nun endlich seine ihm gebührende Stellung in der Paläontologie des Menschen gefunden hat. Es ist der sogen. Neandertalschädel.

Bevor wir uns mit diesem beschäftigen, möchte ich das Fossil von Java näher besprechen. Ich lege Ihnen hier den Hauptgegenstand des Fundes im Gipsabguss vor, das Schädeldach; ausserdem ist ein Oberschenkelbein gefunden worden. Letzteres zeigt durchaus menschliche Eigentümlichkeiten und unterscheidet sich wesentlich von dem der Affen, so dass sein Entdecker mit Recht dem Träger dieses Knochens den Beinamen „erectus“ geben konnte, denn nur ein Wesen mit aufrechtem Gange hat derartig gebildete Oberschenkelknochen.

Was aber den Fund von Trinil, so heisst der Ort in Mitteljava, wo der *Pithecanthropus* gefunden wurde, so bedeutungsvoll macht, dass ist der Umstand, dass es sich hier weder um die Reste eines Affen noch um die eines Menschen handelt, sondern um ein Wesen,

das insbesondere der Kapazität seiner Schädelhöhle nach und damit in bezug auf die Grösse seines Hirns eine Mittelstellung zwischen beiden einnimmt. Es lässt sich nämlich auch aus solchen Schädelresten, wie es die vorliegende Kalotte ist, ziemlich genau der Schädelinhalt bestimmen und dieser betrug bei *Pithecanthropus* zwischen 850 und 900 ccm. Das ist zwar ein Mass, das erheblich unter der Minimalgrenze des Hirngewichtes eines modernen Europäers bleibt, welches zwischen 1200 und 1800 g zu schwanken pflegt; aber bei niederstehenden Menschenrassen kommen Kapazitäten vor, die selbst bis unter 1000 heruntergehen, so dass sich *Pithecanthropus* der untersten Grenze des menschlichen Hirngewichtes doch immerhin stark nähert, während es sich von dem der anthropoiden Affen erheblich entfernt. Den bei letzteren erreicht die Schädelkapazität niemals auch nur annähernd 600 ccm, meist bleibt sie unter 500 zurück, beträgt selbst bei den anscheinend so gelehrigen Schimpansen meist nur 400 ccm. Dabei sind manche Anthropoiden von gewaltiger Körpergrösse, die wie beim Gorilla die des Menschen weit übertrifft (selbst die Körperhöhe).

Natürlich steigt die Schädelkapazität in einem gewissen Verhältnis zur Körpergrösse und infolgedessen hat ein grosser Gorilla auch eine höhere Kapazität als ein kleiner Schimpanse. Man könnte also an die Auffassung denken, dass *Pithecanthropus* ein gemeiner Affe gewesen sei, aber ein solcher von besonderer Grösse. Dagegen spricht aber die Grösse des Oberschenkelbeins, aus dessen Länge sich eine Körperhöhe von nur 168 cm ergibt, während der Gorilla bis 200 cm hoch wird und noch grösser bei einer Kapazität von höchstens 550 ccm.

Aber selbst wenn das Oberschenkelbein nicht gefunden worden wäre, musste man bei fast 900 ccm Schädelkapazität an eine geradezu riesenhafte Affengestalt denken, wollte man den *Pithecanthropus* unter die Affen rechnen. Ferner zeigt auch das Schädeldach von *Pithecanthropus* noch sonstige Abweichungen von dem der Anthropoiden, die gegen eine Affennatur sprechen, d. i. in erster Linie die mangelhafte Ausbildung der Schläfenlinien. Letztere sind bei den anthropoiden Affen infolge des wehrhaften Gebisses und der mächtig entwickelten Kaumuskulatur sehr kräftig und bilden bei den männlichen Individuen einen gewaltigen Knochenkamm auf dem Schädel. Bei *Pithecanthropus* sind sie kaum stärker entwickelt, als gelegentlich an den Schädeln einer allerdings sehr tief stehenden Menschenrasse, den Australiern.

Es bleibt also für das Fossil von Java keine andere Erklärung¹⁾ übrig, als dass es sich um ein Wesen handelt, das trotz relativ kleiner Statur und schwächlichem Körperbau eine verhältnismässig sehr grosse Schädelkapazität besass und sich vor allem durch diesen Umstand aber auch sonst von den heute lebenden und den tertiären anthropoiden Affen entfernt. Eine weitere Menschenähnlichkeit war der aufrechte Gang, der sich aus der Gestalt des Oberschenkelbeins schliessen lässt. Aus allem ergibt sich, dass der von *Dubois* gewählte Name *Pithecanthropus erectus* eine durchaus zutreffende Nomenklatur darstellt. Mit einer deutschen Bezeichnung dürfen wir dieses Wesen vielleicht als einen Vormenschen benennen. Hinzufügen können wir noch, dass die mangelhafte Entwicklung der Schläfenlinien auf ein menschenähnliches, nicht auf ein wehrhaftes Affengebiss schliessen lässt.

In welcher geologischen Schicht wurde nun der *Pithecanthropus* gefunden? *Dubois* hielt die Fundstätte für tertiär und zwar für pliocän. Damit war im *Pithecanthropus* der so lange gesuchte tertiäre Vormensch gefunden worden. Nun scheint aber in bezug auf das Alter des Fundes dem Entdecker ein Irrtum untergelaufen zu sein. Das Fossil dürfte, wie namentlich die neueren Untersuchungen von *Volz* (31) u. a. ergeben haben, jünger sein und nur dem ältesten Diluvium anzugehören. Vielleicht ist jedoch die Frage über das geologische Alter des *Pithecanthropus* noch nicht spruchreif.

Ich will hier zunächst noch nicht auf die Bedeutung eingehen, die dieses Fossil aus Java für den Stammbaum des Menschen hat. Selbst wenn es gar keine solche besässe, so hätte seine Entdeckung doch das eine gute gehabt, nämlich längst vergessene Schätze aus dem Gebiete der menschlichen Paläontologie von neuem ans Tageslicht zu ziehen und der menschlichen Anthropologie den Weg zu weisen, auf dem sie seit noch nicht zehn Jahren jetzt so erfolgreich wandelt.

Durch den *Pithecanthropus*-fund angeregt unternahm der Strassburger Anatom *Gustav Schwalbe* (24) eine erneute Durchforschung eines zwar schon recht lange bekannten, aber im Bonner Provinzialmuseum fast vergessenen und verstaubten menschlichen Fossils. Es ist der oben schon genannte Neandertalschädel, dessen Abguss ich ihnen vorlege. Es ist vom Schädel ähnlich wie von dem des *Pithecanthropus* nur das Schädeldach gefunden worden.

¹⁾ Man hat auch den (wohl völlig verfehlten) Versuch gemacht *Pithecanthropus* als einen Bastard von Mensch und Gibbon hinzustellen.

Das Fossil, um das es sich hier handelt, wurde im Jahre 1856 ganz zufällig in einer als Teufelskammer bezeichneten Grotte des Neandertals bei Düsseldorf gefunden und die noch erreichbaren Reste (ausser dem Schädeldach die beiden Oberschenkelknochen, Teile der Vorderarmknochen, Fragmente vom Becken, Schultergürtel und Rippen) von *Fuhlrott* (7) gesammelt und an die heutige Aufbewahrungsstätte gebracht. Wahrscheinlich lag ein ganzes Skelet vor, dass bei den Aufräumungsarbeiten zertrümmert wurde. Schon von *Fuhlrott* als eine Besonderheit erkannt, war es namentlich der Bonner Anthropologe *Schaaffhausen*, der 1866—1888 (20, 21) in mehreren Abhandlungen für die Originalität des Fundes eintrat und bis zum Tode trotz lebhaften Widerspruchs die Ansicht verfocht, dass die Neandertalreste einer besonderen, heute nicht mehr existierenden Menschenrasse angehören. Der Widerspruch, den *R. Virchow*, das Haupt der älteren anthropologischen Schule, der Auffassung von *Schaaffhausen* entgegenstellte, genügte, um den Neandertalschädel in Deutschland fast vergessen zu lassen. Ja er und seine Verteidiger mussten sich gefallen lassen, dass sie bespöttelt wurden.

Mehr galt der Prophet ausserhalb seines Vaterlandes. Die französische Anthropologie hat stets an der Originalität des Neandertalschädels festgehalten, ohne aber wissenschaftlich zu fixieren, worin seine Eigentümlichkeiten und seine Abweichungen von der heutigen Menschenrasse bestünden. Diese Unwissenschaftlichkeit der französischen Anthropologie ging soweit, dass sie den Neandertaler mit einem angeblich bei Cannstatt bei Stuttgart gefundenen Schädelfragment zusammenwarfen, von dem es nicht einmal feststeht, ob es überhaupt diluvial ist, und das trotz mancher Eigenarten vielleicht sogar das eines rezenten Menschen¹⁾ ist. Auf keinen Fall hat das Canstatter Fragment auch nur das Geringste mit dem Neandertalschädel zu tun. Er gehört seiner Form nach durchaus zum *Homo recens* im Sinne von *Schwalbe* (s. u.). Die *race de Néanderthal-Cannstatt* der französischen Anthropologie hält keiner wissenschaftlichen Kritik stand.

So standen die Dinge, als *Schwalbe* (23) den *Pithecanthropus*fund *Dubois's* untersuchte und durch ihn angeregt wurde, die Neandertalreste nach so langer Pause wieder ins Tageslicht zu holen (24). Man mag die Auffassung *Schwalbes* über die Abstammung der heute lebenden Menschenrassen von *Pithecanthropus* über Neandertal teilen oder nicht, man mag sie modi-

1) Es soll einem Römergrabe entnommen sein.

fizieren wollen oder sie völlig verwerfen, niemand wird *Schwalbe* das Verdienst streitig machen können, die ganze Frage der Paläontologie des Menschen endgültig ins Rollen gebracht und der menschlichen Anthropologie die Wege gewiesen zu haben, auf denen allein sie mit Erfolg weiterwandeln konnte.

Was *R. Virchow* gegen die Bedeutung des Neandertalfundes eingewandt hatte, konnte *Schwalbe* leicht als irrig nachweisen. Der Schädel, dessen eigenartige Form auch *Virchow* nie geleugnet hat, ist nicht pathologisch verändert, eine Tatsache, die auch *Virchow* noch vor seinem Tode anerkennen musste. *Schwalbe* kam aber zur Überzeugung, dass nur eingehende Messungen des Neandertalschädeldaches Aufschluss über seinen Unterschied gegenüber dem Schädel des rezenten Menschen geben könnten. Zwar fallen einige Eigentümlichkeiten schon ohne weiteres auch dem Laien auf, wenn er das Schädeldach vom Neandertal mit dem eines rezenten Menschen, namentlich dem eines modernen Europäers, vergleicht. Es sind das: 1. die geringe Höhe der so ausserordentlich flachen Kalotte, 2. die fliehende Stirn gegenüber der so stark gewölbten Europäerstirn, 3. die mächtigen Augenbrauenwülste, die dem rezenten Europäer vollständig fehlen, 4. die eigentümliche Form des langen, hinten breiten und vorn schmalen, hinter den Augenbrauenwülsten dicht eingeschnürten Schädeldaches. Vergleichen Sie den Abguss der Neandertal-kalotte mit der des Pithecanthropus, so fällt eine auffällige Übereinstimmung der allgemeinen Formverhältnisse beider sofort in die Augen; es ähnelt das erstere dem letzteren entschieden mehr als dem Schädeldach des rezenten Europäers.

Um nun aber zahlengemäss den Nachweis der absoluten Verschiedenheit der Kalotte vom Neandertal vom Schädel des rezenten Menschen geben zu können, hat *Schwalbe* neue Methoden der Messung in die menschliche Anthropologie eingeführt. Statt die Schädel, wie es in der deutschen Anthropologie bis dahin üblich war, auf die sogenannte deutsche Horizontale zu orientieren, d. h. eine recht willkürlich durch den unteren Augenhöhlenrand und die äussere Gehörgangsöffnung gelegte Linie, die für einzelne Schädelkalotten wie die des Pithecanthropus und Neandertalers auch gar nicht verwertbar war, benutzte *Schwalbe* die *Rieger'sche* Horizontale oder die Glabellainionlinie, d. h. eine, von der als Glabella bezeichneten flachen Stelle des Stirnbeins bis zur Gegend der Protuberantia occipitalis externa (anthropologisch: Inion) gezogene Linie. Projiziert man

auf diesen Horizont die mediane Profilkurve des Neandertalschädels, so lässt sich leicht ein Vergleich mit den Profilkurven anderer, in gleicher Weise orientierter Kurven anstellen, besonders wenn man die Stellen des Bregma und des Lambda bestimmt, d. h. das vordere und das hintere Ende der Pfeilnaht. Verbindet man diese Punkte mit der Glabella bzw. dem Inion, so erhält man den *Schwalbeschen* Bregma- bzw. Lambdawinkel. Fällt man von der höchsten Stellen der Kalotte ein Lot auf die Glabellainionlinie, so

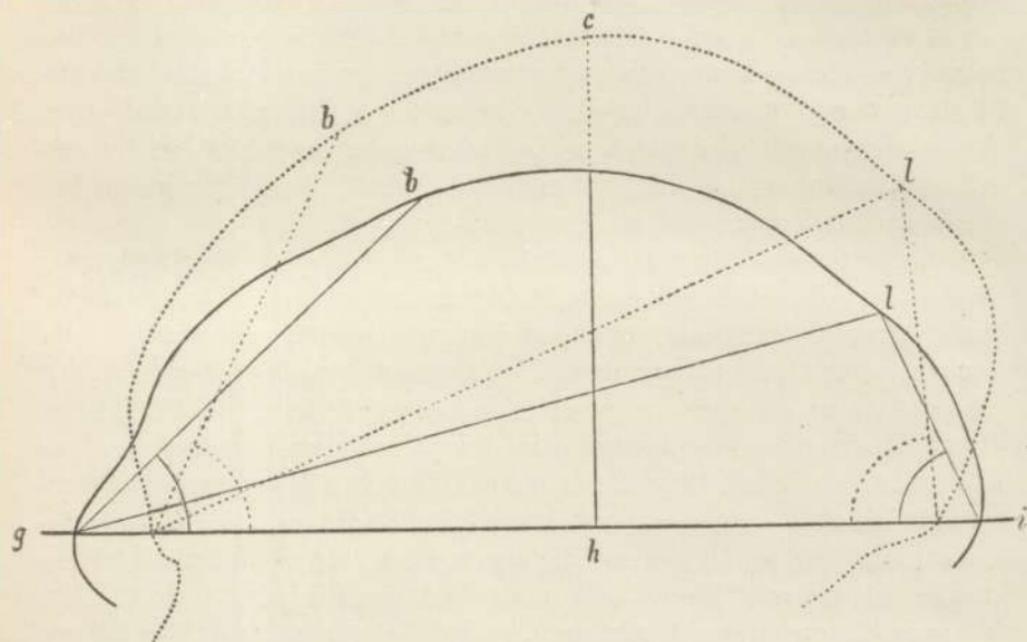


Fig. 1.

Mediane Profilkurven der Schädel von Pithecanthropus (—) und rezentem Europäer (-----), auf die Glabella-Inionlinie projiziert (nach *Schwalbe*). Es sind Lambda und Bregma, ferner die Glabellalambdalinie und Bregma- und Lambdawinkel angegeben.

g = Glabella, i = Inion, b = Bregma, l = Lambda, ch = Calottenhöhe.

erhält man die sog. Kalottenhöhe. Letztere drückt *Schwalbe* auch in Prozenten zur Länge der Glabellainionlinie (letztere auf 100 gesetzt) aus.

Orientiert man in dieser Weise auf den Glabellainionhorizont, z. B. die Profilkurve des Schädels eines modernen Europäers und die der Neandertalkalotte (Fig. 1), so fällt sofort die weit geringere Grösse der Kalottenhöhle der letzteren auf, ferner die geringere Grösse des Bregma- sowohl wie des Lambdawinkels.

Neuerdings hat *Klaatsch* (17) die Messungsmethode des Schädels noch weiter ausgebildet. Er geht dabei nicht mehr vom Glabella-Inion- sondern vom Glabella-Lambda-horizont aus, da er dem Inion, speziell dem sog. Exinion als einer Muskelmarke nicht den hohen Wert für die Gestaltung des Schädels und namentlich seines Hohlraumes zuschreiben möchte wie dem Lambda, zumal Exinion und Endinion sich durchaus nicht immer entsprechen, und das erstere auch seine Lage im Laufe des Alters wechselt. Es ist für den Laien vielleicht die Orientierung auf den Glabellainionhorizont leichter übersichtlich und sie genügt für unsere heutigen Zwecke auch völlig. Die neue von *Klaatsch* als Kraniotrigonometrie bezeichnete Methode der Teilung der Profilkurven in Dreiecke ist für einen, alle Einzelheiten berücksichtigenden Vergleich zweier oder mehrerer Schädel sicherlich viel brauchbarer, da sie es ermöglicht, sofort Vergleichspunkte für beliebige Stellen des Schädels zu finden.

Ich will diese und die anderen unterschiedlichen Merkmale zwischen dem Schädel des rezenten Menschen und dem des Neandertalers unten gemeinsam mit den Kennzeichen zusammenfassen, die sich aus der Untersuchung der übrigen bisher bekannten Vertreter des *Homo primigenius* nach *Schwalbe* ergeben haben. Mit diesem Namen bezeichnet der letztere die diluviale Menschenrasse, die dem Verhalten ihres Schädels nach von dem heutigen Menschen so ausserordentlich abweicht, dass, wie schon ein Blick auf die Neandertalcalotte zeigt, sie dem des *Pithecanthropus* näher steht als dem rezenten Menschen. Kein Zoologe würde zögern, folgert *Schwalbe*, bei so verschiedenartigem Verhalten der Skelete, wie sie die Neandertalrasse und der heutige Mensch speziell der heutige Europäer besitzen, verschiedene zoologische Spezies zu bilden. *Schwalbe* schlägt nun die Namen *Homo primigenius* vor für die Neandertalrasse, *Homo recens* (statt der bisher üblichen *Homo sapiens*) für die heutige Menschenrasse.

Bevor wir uns vom Neandertalfossil abwenden, möchte ich noch erwähnen, dass leider das geologische Alter des Fundes nie genau bestimmt werden konnte. Wahrscheinlich ist das Fossil diluvial, sicher ist das aber nicht. Man hat auch später in nächster Nähe des Fundortes Reste diluvialer Tiere gefunden, aber da die Knochenreste des Neanderthalmenschen bereits disloziert waren, als sie gesammelt wurden, so bleibt die geologische Altersbestimmung unsicher.

Besser steht es damit mit den Funden aus einer Höhle von Spy bei Namur in Belgien die 1885 von zwei Geologen aus Lüttich

(*De Puydt und Lohest*) aufgedeckt wurden. Hier fanden sich am Eingang der Höhle in sicher diluvialen Schutt zwei Menschenkele, hauptsächlich Schädelfragmente mit Unterkiefern, daneben viele Extremitäten und auch Rumpfknochen zusammen mit tierischen Resten der jüngeren Eiszeit, Mammut und Renntier. Die Lagerung der Skele war eine derartige, dass man vermuten muss, die Individuen, denen sie angehören, seien beim Einsturz des Höhleneingangs erschlagen und verschüttet worden.

Die Untersuchung der Spyreste durch *Fraipont* (6) hat grosse Übereinstimmung mit denen des Neandertalfossils ergeben. Nament-

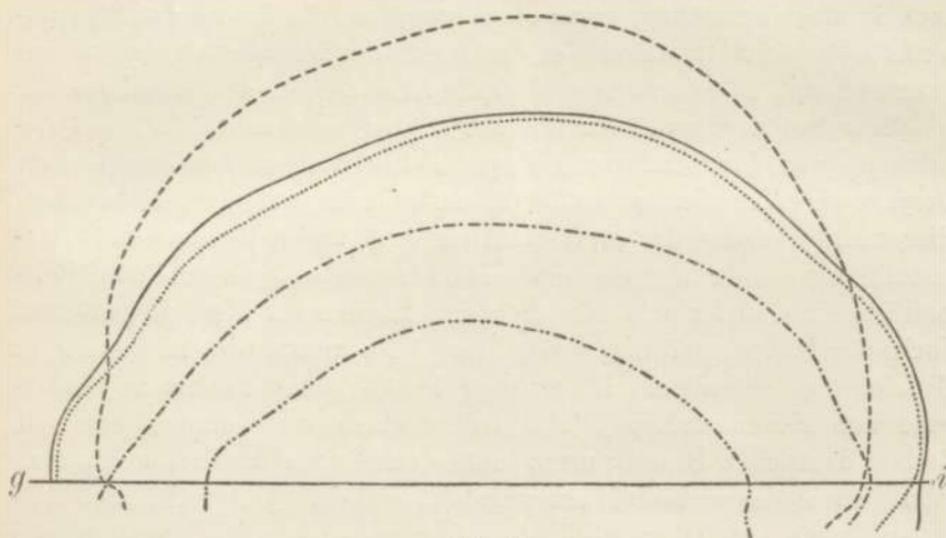


Fig. 2.

Mediane Profilkurven der Schädel von Schimpanse (-----), Pithecanthropus (.....), Spy I (-·-·-·-), Neandertal (———), rezentem Europäer (-----), auf die Glabellaionionlinie projiziert (im wesentlichen nach *Schwalbe*).

lich das Schädeldach von Spy I (die beiden Funde werden als Spy I und Spy II bezeichnet) zeigt fast genau die gleichen Eigenschaften wie das des Neandertalers und seine mediane Profilkurve (Fig. 2) hat nahezu den gleichen Verlauf wie die des Neandertalers; die Kallottenhöhe ist sogar noch etwas niedriger. Die auffälligste, anfangs nur ungenügend gewürdigte Eigentümlichkeit der Spyschädel ist die Gestalt der Unterkiefer. Allerdings sind von Spy II nur Fragmente erhalten; aber die gut konservierte Mandibula von Spy I zeigte bei ziemlich plumper, massiger Gestalt zwar typisch menschliches Gebiss dagegen völliges Fehlen des namentlich beim Europäer so aus-

gesprochenen Kinnvorsprunges; das Kinn ist abgerundet wie bei den Affen¹⁾.

War die Existenz eines vom rezenten Menschen durchaus verschiedenen Diluvialmenschen durch die Spyzunde schon genügend erhärtet, so ist damit die Zahl der bisher aufgedeckten Reste des *Homo primigenius* nach *Schwalbe* noch nicht erschöpft. Zwar misslangen Versuche, eine Reihe bereits früher bekannter diluvialer Skelettfunde unter den Typ einzureihen, dagegen zeigt der vor ca. 40 Jahren bei Gibraltar gefundene Schädel, der erst neuerdings durch den englischen Geologen *Sollas* (29) genau beschrieben worden ist, die gleichen Eigentümlichkeiten wie die Fossilien von Neandertal und Spy, wenn er auch in einer Beziehung, nämlich in bezug auf die Grösse des Bregmawinkels (50°), sich etwas von den Vertretern der Neandertalrasse zu entfernen scheint²⁾. Das genaue geologische Alter des Fundes ist unbekannt.

Sehr bedeutungsvoll für die Fortschritte der menschlichen Paläontologie war der Fund von Krapina in Kroatien, den der Geologe *Gorjanowic-Kramberger* 1905 (8) aufgedeckt und beschrieben hat. Hier konnte wieder das diluviale Alter des Fundes unzweifelhaft festgestellt werden, und zwar ein altdiluviales, da zu den Leitfossilien der Fundschicht Knochen von *Rhinoceros Merckii* gehörten. Nach der Hauptvereisung wird diese Nashornart nirgends mehr in Mitteleuropa gefunden. Es wurden bei Krapina zahlreiche Skeletreste vom Neandertaltyp³⁾, alle leider stark zertrümmert und mit Resten deutlicher Brandspuren, aufgedeckt. Sie dürften wenigstens zehn verschiedenen Individuen angehört haben. Unter den Schädelresten finden sich Ober- wie Unterkiefer neben verschiedenen anderen Teilen des Gesichtsschädels. In den massigen Kiefern steckten auffällig grosse aber menschliche⁴⁾ Zähne.

Der Fund von Krapina ist in folgender Hinsicht beachtenswert:

¹⁾ Auf die verschiedenen Hypothesen der Kinnbildung von *Toldt*, *Walkhoff*, *Weidenreich* u. a. einzugehen, ist hier der Kürze der Zeit wegen nicht möglich. Auch bei niederen rezenten Rassen, wie bei den Australiern und Eskimos, kommen kinnlose Unterkiefer vor.

²⁾ Deswegen dem Gibraltarfossil eine Mittelstellung einzuräumen, wie es von einigen Seiten versucht wird, dürfte mit Rücksicht auf die sonst vollkommene Übereinstimmung zum mindesten überflüssig sein.

³⁾ *Klaatsch* hält nur einen Teil der Krapinafossilien für neanderthaloid, den Rest rechnet er der Aurignacrasse zu (s. a. u. p. 24).

⁴⁾ D. h. die Krapinazähne ähneln den rezenten menschlichen im hohen Grade; trotzdem zeigen sie manche Verschiedenheiten auch von den Spyzähnen. Auf die sehr interessante Zahnfrage einzugehen, würde uns zu weit führen.

1. Es ist durch ihn der Nachweis der Existenz der Menschen in der älteren Eiszeit erbracht, 2. Es ist das erste Mal, dass so erhebliche Anteile des Gesichtsskelets gefunden wurden, um auch dessen Gestalt beim neandertaloiden Diluvialmenschen feststellen zu können. 3. Es konnte aus den Feuerspuren nachgewiesen werden, dass der Diluvialmensch den Gebrauch des Feuers bereits gekannt hat. Man hat aus der Art der Auffindung der Krapinafossilien auf ein kannibalisches Mal schliessen wollen. Ob mit Recht, wollen wir hier nicht näher betrachten.

Die beiden neuesten hierher gehörigen Funde sind nun in Frankreich gemacht worden und zwar in einer Gegend Südfrankreichs, die schon lange als Fundstätte paläolithischer Artefakte, d. h. diluvialer Feuersteingeräte, bekannt war und in der auch früher schon diluviale, allerdings nicht dem Neandertaltyp zugehörige Skelettfunde gemacht worden waren. Es handelt sich um das für die anthropologischen Forschungen so ergiebige Tal der Vezère, eines Nebenflusses der Dordogne, um dasselbe Tal, in dem die berühmten bemalten Grotten der Eiszeit entdeckt wurden, von denen oben schon einmal kurz die Rede war. Die beiden hier in Frage kommenden neuesten Fundstätten liegen in Luftlinie nur ca. 50 km voneinander entfernt, die eine bei Le Moustier im Departement Dordogne, die andere bei La Chapelle aux Saints im Departement Corrèze.

Bei Le Moustier fand im März 1908 der Schweizer Anthropologe *Hauser*, der in dieser Gegend systematisch Grabungen veranstaltet, ein anscheinend in primitiver Weise bestattetes jugendliches Skelet eines etwa 16jährigen Knaben, das mit Hilfe des Breslauer Anthropologen *Klaatsch* (14) glücklich gehoben wurde. Seine Zugehörigkeit zum Neandertaltyp konnte trotz des stark lädierten Zustandes des Schädels leicht nachgewiesen werden, obwohl die so charakteristischen Augenbrauenwülste noch sehr schwach entwickelt waren. Aber der flache Schädel und alle anderen Merkmale waren die für Neandertal, Spy, Krapina bereits festgestellten Kennzeichen des *Schwalbe'schen Homo primigenius*.

Dasselbe gilt von dem im gleichen Jahre aufgedeckten Funde von La Chapelle. Auch hier wurde durch zwei französische Geistliche (die Herren *Bouyssonie* und *Bardon*) ein ganzes Skelet eines alten etwa 80jährigen Mannes mit verhältnismässig sehr gut erhaltenen Schädel gehoben und durch den französischen Anthropologen *Boule* (3) beschrieben. Alles, was aus den z. T. recht fragmentarischen früheren Funden über die Neandertalrasse oder den Homo

primigenius festgestellt worden war, konnte jetzt durch zwei fast vollständige, sorgfältig aus ihrer diluvialen Lagerstätte gehobene Skelete bestätigt und ergänzt werden. Dabei scheinen die beiden in so geringer Entfernung voneinander gefundenen Fossilien verschiedenen Perioden des Diluvium anzugehören, das von Le Moustier, von *Klaatsch* *Homo Mousteriensis* Hauseri getauft, einer wesentlich älteren als das von La Chapelle. Letzteres ist mit Renntierknochen zusammen gefunden worden und erweist sich daher wie die Spyfunde als ziemlich spätdiluvial¹⁾. Das Fossil von Le Moustier wurde in einer altdiluvialen Kulturschicht gefunden und zwar mit Feuersteingeräten einer paläolitischen Kulturschicht zusammen, die dem sogen. St. Acheul-Typus angehören (Chelléenindustrie). Es ist wie die Krapinafunde altdiluvial.

Welches sind nun die charakteristischen Merkmale dieses in Europa weit verbreiteten Diluvialmenschenstammes (man denke: Krapina, Düsseldorf, Belgien, Südfrankreich, Gibraltar) und wodurch unterscheidet er sich vom rezenten Menschen und speziell rezenten Europäer so, dass *Schwalbe* sich berechtigt fühlen konnte, die neue Spezies *Homo primigenius* aufzustellen? Die Hauptunterschiede zunächst des interessantesten Skeletteils, des Schädels der Neandertalrasse gegenüber dem des rezenten Menschen sind folgende: 1. Der Schädel der Neandertalrasse ist auffällig niedrig dabei scheinbar dolichocephal mit einer Glabella-Inionlänge von rund 200 mm. Dabei ist der Schädel aber in seinem hinteren Abschnitt breit (140—155 mm). Wie *Schwalbe* mit Recht bemerkt, ist die Dolichocephalie nur eine scheinbare, da für die Abmessung des Hohlraumes der Schädelhöhle die vordere Region der Augenbrauenwülste wegfällt; in bezug auf die eigentliche Schädelhöhle ist der Schädel nur mesozephal. Die geringe Höhe der Neandertalschädel ergibt sich leicht aus der geringen Kalottenhöhe, namentlich dem Kalottenhöhenindex (s. o.). In dieser Beziehung bleiben die Schädel aller oben genannten Vertreter des *Homo primigenius* hinter der Minimalgrenze selbst der primitivsten heute lebenden Menschenrassen mehr oder weniger zurück, hinter der des rezenten Europäers ganz gewaltig (80—85 gegenüber 110—115 mm).

2. Der Schädel der Neandertalrasse hat eine deutlich fliehende Stirn. Es ergibt sich die Tatsache am besten aus der Grösse des

¹⁾ Nach anderer Angabe soll das Skelet von La Chapelle der Kulturschicht des Moustérien angehören, also mitteldiluvial sein; jedenfalls aber ist es, obwohl es die charakteristischen Merkmale der Rasse in sehr hohem Masse erkennen, lässt jünger als das von Le Moustier.

Bregmawinkels bgi (Fig. 1). Während dieser beim rezenten Menschen zwischen 54° und 64° zu schwanken pflegt, beträgt er beim Neandertaler nur 44° , bei den Spyschädeln $46-47^{\circ}$, steigt bei Gibraltar und einem der Krapinaschädel auf 50° und nähert sich damit dem von Pithecanthropus (34° , nach anderen 41°).

3. Die Glabellainionlinie ist bei der Neandertalrasse grösser als die Glabellalambdalinie, während beim rezenten Menschen gerade das Umgekehrte der Fall ist. Es hängt diese Tatsache zusammen mit der verschiedenen Grösse des Lambdawinkels, d. h. des Winkels lig (Fig. 1), der beim rezenten Menschen nahezu ein rechter ist, bei *Homo primigenius* ein spitzer (ca. 66°).

4. Die Neandertalrasse hat ganz auffällig starke Überaugenbrauenwülste, richtige *Tori supraorbitales*, die ja eines der auffälligsten Merkmale der Neandertalkalotte sind. Beim rezenten Menschen, speziell dem rezenten Europäer fehlen sie, gelegentlich werden sie allerdings noch bei einer sehr tief stehenden Menschenrasse, den Australiern gefunden, bei einigen nicht neandertaloiden Diluvialschädeln finden sich Andeutungen von ihnen. Wie das jugendliche Skelet von Le Moustier zeigt, erreichen sie ihre volle Ausbildung erst im erwachsenen Zustand.

5. Es finden sich bei der Neandertalrasse ausserordentlich grosse weite Augenhöhlen, die von den *Tori supraorbitales* überlagert, dem Gesichte des *Homo primigenius* ein ganz fremdartiges Aussehen gaben.

6. Es findet sich bei der Neandertalrasse eine ausserordentlich grosse, fast kreisrunde knöcherne Nasenöffnung.

7. Der Unterkiefer der Neandertalrasse ist kinnlos, dabei seiner Form und Grösse nach massiger als der des rezenten Menschen¹⁾.

Das alles sind Eigentümlichkeiten des *Homo primigenius*, die ihn vom rezenten Menschen und ganz besonders vom rezenten Europäer leicht unterscheiden lassen; die grosse Mehrzahl dieser Merkmale ist eine so prägnante, dass die Differentialdiagnose ob *Homo primigenius* oder *Homo recens* gar keine Schwierigkeiten verursacht. Ebenso wie auf den ersten Blick die Neandertalkalotte sich von der des rezenten Menschen unterscheidet, lässt sich die Unterscheidung auch an anderen Teilen des Schädels z. B. dem Gesichtsschädel und Unterkiefer durchführen.

Alle die Kennzeichen nun, die die Neandertalrasse charakteri-

¹⁾ Wenigstens des rezenten Europäers.

sieren, deuten auf niedere, affenähnliche oder wenigstens vormenschliche Zustände hin, wie sich ja auch die Neandertalcalotte auf den ersten Blick der des Pithecanthropus so nähert, dass auf diese Ähnlichkeit der *Schwalbe*'sche Stammbau des Menschengeschlechtes aufgebaut ist. Fehlen des Kinnes, Supraorbitalwülste, Grösse der Kiefer, geringe Höhe des Schädels, fliehende Stirn, alles das sind Merkmale, die an die Vormenschen und an die Affen erinnern.

Ausser den oben genannten Schädeln und Schädelfragmenten gehören die Kieferfragmente von La Naulette in Belgien, Marlarnaud in Frankreich, Ochos in Mähren, Schipkahöhle in Mähren dem *Homo primigenius* an. Auch die in Resten altdiluvialer Fauna in Taubach bei Weimar gefundene Zähne dürften vom *Homo primigenius* stammen, während Funde aus Argentinien namentlich der Atlas von Monte Hermoso noch nicht genügend untersucht sind, um ein sicheres Urteil fällen zu können.

Die oben genannten Merkmale kennzeichnen die Absonderheiten des Schädels einer Menschenrasse der Eiszeit, die, wie wir oben schon gesehen haben, eine weite geographische Verbreitung in Europa besass. Ich sage einer Menschenrasse und nicht eines Vormenschen, weil trotz der so auffällig geringen Höhe des Schädels die Kapazität des Schädels keine kleine war. Sie wird für den Neandertalschädel mit 1240 ccm berechnet und scheint auch für die anderen, bisher bekannten Vertreter der Rasse durchaus innerhalb der Grenzen des rezenten Menschen selbst des rezenten Europäers gelegen zu sein, wenn auch der untern Grenze näher als der oberen¹⁾. Immerhin muss es sich bei dieser, im Verhältnis zur geringen Körpergrösse (s. u.) recht stattlichen Kapazität um intelligente, aber dem Grade der Intelligenz nach dem rezenten Europäer doch erheblich nachstehende Wesen gehandelt haben. Dass sie die Verfertiger der älteren paläolithischen Artefakte Europas waren, kann wohl kaum bezweifelt werden. Trotzdem charakterisiert sich, durch die oben genannten, an vormenschliche Stufen erinnernde Merkmale die Neandertalrasse oder der *Homo primigenius* von *Schwalbe*, als eine sehr primitive, dem Vorfahrenzustande ähnliche Menschenform hohen geologischen Alters.

Sind nun die Besonderheiten des *Homo primigenius* nur auf den

¹⁾ Die Angabe von Boule, dass der Schädel von La Chapelle eine Kapazität von 1800 ccm hätte, bedarf wohl noch der Nachprüfung.

Schädel beschränkt oder zeigte auch der übrige Körperbau ähnliche Abweichungen von denen des rezenten Menschen? Diese anfangs von der anthropologischen Forschung aus entschuldbaren Gründen vernachlässigte Frage muss in dem Sinne beantwortet werden, dass auch hier ähnliche Unterschiede vorliegen wie beim Schädel, wenn sie auch vielleicht im ersten Augenblick nicht so in die Augen springen. Es ist das Verdienst des jetzigen Breslauer Anthropologen *Klaatsch* (10), dem wir neben *Schwalbe* die besten neueren Arbeiten aus dem Gebiete der menschlichen Paläontologie verdanken, auf das Extremitätenskelett der Neandertalrasse aufmerksam gemacht zu haben. Ich will hier in Kürze nur folgendes erwähnen: Die Neandertalrasse war von ziemlich niedriger Statur, ca. 160 cm hoch, aber von gedrungenem Körperbau, die Extremitäten waren ziemlich kurz, aber von durchaus menschlicher Proportion (d. h. nicht etwa lange Vorderextremitäten wie die anthropoiden Affen¹⁾, die Extremitätenknochen plump und dick, namentlich an den Gelenkenden, das Becken zeigte ähnliche Verhältnisse wie das der Affen, wenn auch in viel geringerem Masse, nämlich steilgestellte Darmbeinschaulen, verhältnismässig kleinen Beckenraum.

Es ist also durch die paläontologischen Untersuchungen der letzten Jahre nachgewiesen worden, dass im Diluvium und zwar während einer langen Periode der Eiszeit vor und nach der Hauptvereisung eine Menschenform in Mitteleuropa gelebt hat, die sich ganz ausserordentlich von allen heute lebenden Menschenrassen²⁾ unterscheidet, vor allem vom rezenten Europäer, und die dabei viele primitive, an Vormenschen und höhere Affen erinnernde Eigentümlichkeiten zeigt, ohne aber mit diesen identisch zu sein, eine Menschenrasse, die trotz aller primitiven Zustände ihres Körpers doch bereits intelligent war.

Es drängen sich nun zwei Fragen auf: 1. in welcher verwandtschaftlichen Beziehung steht diese Menschenrasse (*Homo primigenius-Schwalbe*) zu dem vormenschlichen *Pithecanthropus*, 2. in welcher Weise ist sie mit dem rezenten Menschen verwandt?

Es führt uns das auf den *Pithecanthropus* und auf die vormenschlichen Fossilien überhaupt zurück. Im Jahre 1907 wurde

¹⁾ Die langen Vorderextremitäten der rezenten Anthropoiden namentlich des Gibbon sind höchstwahrscheinlich sekundäre, durch das Baumleben und Klettern erworbene Eigentümlichkeiten.

²⁾ Das gilt auch für die Australier; denn trotz der grossen Primitivität dieser Rasse, ist die Colottenhöhe doch eine grössere als beim Neanderthaler (s. u. p. 28).

nämlich noch ein weiterer Fund aufgedeckt, dessen Objekt ebenfalls als ein vormenschliches bezeichnet werden muss. Es handelt sich um einen Unterkiefer, den sein Beschreiber *O. Schoetensack* (23) in Heidelberg *Homo Heidelbergensis* nennt, obwohl er selbst dem Fossil eine viel tiefere Stufe anweist als es die menschliche ist.

Die Bedeutung dieser *Mandibula Heidelbergensis* ist folgende: 1. es ist sicher der älteste vormenschliche Skeletrest, denn er stammt vielleicht noch aus dem Pliocän, also noch aus dem Tertiär oder wenigstens aus den frühesten Perioden des Diluviums, jedenfalls ist er noch präglazial. Er wurde in den Sandgruben von Mauer bei Heidelberg fast 25 Meter unter der Oberfläche gefunden in einer Schicht, die typisch pliocäne Tierreste enthielt, wie solche von *Rhinozeros etruscus*, während die höher gelegenen Schichten der Mauerer Sande bereits zahlreiche Knochen von Tieren der Diluvialfauna ergeben hatten. Von geologischer Seite wird das hohe Alter des Fundes nicht bestritten und die Einwände, die *Wilser* (33) dagegen gemacht hat, sind erst kürzlich von *Regel* (20) entkräftet worden.

2. Das Fossil von Mauer würde kein Anatom für ein menschliches erklären, trüge es nicht ein typisch menschliches Gebiss¹⁾. Es ist ein gewaltiger, ungefügter Knochen von äusserst primitiver Gestalt, mit dem verglichen der schlanke Unterkiefer des rezenten Menschen ein geradezu zierlicher Knochen ist. Aber selbst gegenüber den Unterkiefern von *Spy*, *Krapina*, *Le Moustier* hat die *Mandibula Heidelbergensis* noch ein direkt tierisches Aussehen. Das negative abgerundete Kinn²⁾ tritt noch deutlicher hervor als beim *Homo primigenius*, der Unterkieferkörper ist noch massiger, vor allem aber ist es der Unterkieferast, der durch seine enorm breite und plumpe Gestalt, fast völlig fehlende und daher äusserst flache Inzisur und dicken und wenig spitzen Krähenschnabelfortsatz an die Unterkiefer der anthropoiden Affen wieder weit mehr sich anschliesst als an den der Neandertalrasse. Andererseits besitzt aber der Unterkiefer von Mauer nach *Schoetensack* gewisse primitive Eigentümlichkeiten, die noch über die der anthropoiden Affen hinausgehen, so dass *Schoeten-*

¹⁾ D. h. die Zähne weichen wohl in mancher Hinsicht von der des rezenten Europäers ab, vor allem sind sie durch auffällig weite Pulpahöhlen charakterisiert; andererseits aber stehen sie denen des Menschen doch viel näher als denen der anthropoiden Affen.

²⁾ Es ist wiederum das Verdienst von *Klaatsch* die Unterkieferfrage in wissenschaftlich einwandfreier Seite in Angriff genommen zu haben. *Klaatsch* orientiert die Unterkiefer behufs Vergleich untereinander auf den Alveolarhorizont. Es würde uns zu weit führen hier näher auf diese Frage einzugehen.

sack und mit ihm *Klaatsch* das Fossil von Mauer einer gemeinsamen Stammform der Anthropoiden und des Menschen zuschreiben¹⁾. Andererseits wird man auch den Gedanken vertreten können, dass die *Mandibula Heidelbergensis*, wie das auch *Schwalbe* (29) annimmt, einer dem *Pithecanthropus* verwandten vormenschlichen Form angehöre.

Es würde uns zuweit führen, wollten wir näher auf die Bedeutung der Heidelberger *Mandibula* hier eingehen. Sein hohes Alter, das mit rund 1 Million Jahre nicht zu hoch gegriffen sein dürfte, seine plumpe primitive, von der der Neandertalrasse erheblich abweichende Form stempeln ihn trotz seines menschlichen Gebisses mit absoluter Sicherheit für eine vormenschliche Form. Die Versuche des französischen Anthropologen *Boule* (4), das Fossil von Mauer in die Neandertalrasse einzureihen, sind wie der anatomisch total falsche Rekonstruktionsversuch mit dem Schädel von La Chapelle zeigt, ganz verunglückt.

Welche Stellung nehmen nun diese vormenschlichen Funde zum Neandertaltyp oder dem *Homo primigenius* von *Schwalbe* ein? *Schwalbe* (29) hält trotz des vielleicht nur diluvialen Alters des *Pithecanthropus* daran fest, dass dieser ein Glied des menschlichen Stammbaumes sei, der vielleicht mit tertiären Anthropoiden wie dem auch in Frankreich gefundenen *Dryopithecus* begänne und sich über *Pithecanthropus* und *Homo primigenius* zum rezenten Menschen fortsetze. Dem Fossil von Mauer soll eine ähnliche Stelle zukommen wie dem *Pithecanthropus*. Das relativ geringe Alter des *Pithecanthropus* allein spräche nicht gegen die *Schwalbe*'sche Auffassung. Wir sehen es ja oft, dass sich Urformen neben ihren Abkömmlingen lange Zeit erhalten können; so wird der erst seit Jahrhunderten ausgestorbene, schon im älteren Diluvium auftretende Auerochs für die Stammform des Hausrindes gehalten, hat aber viele Jahrtausende neben ihm gelebt; ähnlich ist das Verhältnis zwischen Wolf und Hund. So könnte sich nach der Auffassung von *Schwalbe* *Homo primigenius* schon im ältesten Diluvium oder selbst im Tertiär

¹⁾ Es dürfte im ersten Augenblick absurd klingen, dass eine Form mit menschenähnlichem Gebiss auch der Vorfahr der Anthropoiden mit ihrem starken wehrhaften Gebiss sein sollte. Es hat jedoch sowohl der tertiäre *Dryopithecus* (s. o.) als auch eine kürzlich in Ägypten gefundene, tertiäre Anthropoidenart ein fast mehr menschen- als affenähnliches Gebiss. Das gleiche gilt von den menschenähnlichen Zähnen des schwäbischen Böhnerzes, die *Branco* (2) beschrieben hat und einem tertiären Anthropoiden zuschreibt.

von Pithecanthropus abgezweigt haben, ohne dass dieser hätte zugrunde gehen müssen. Beide haben sehr wohl in Diluvium nebeneinander leben können.

Schwierigkeiten erwachsen der *Schwalbe'schen* Auffassung insofern, als die Ableitung des Homo recens vom Homo primigenius durch nicht genügend gut begründete Zwischenstufen gestützt wird. *Schwalbe* (28) will zwar in einigen, nicht neandertaloiden Schädeln aus dem Diluvium wie dem von Brück (s. u.) solche Zwischenformen erkennen. Ob das zutreffend ist, werden erst weitere Studien diluvialer Menschenreste mit Sicherheit unterscheiden können.

Dieser monophyletischen Abstammungslehre des rezenten Menschen über Pithecanthropus und Homo primigenius setzt nun *Klaatsch* (19) neuerdings eine polyphyletische bzw. für den Europäer mindestens diphyletische Auffassung entgegen. Ehe wir uns mit dieser beschäftigen können, müssen wir auf eine Anzahl diluvialer Fossilien des Menschen eingehen, die vom neandertaloiden Typ abweichen. Schon 1853 hat man in Engis in Belgien zusammen mit Mammutknochen einen menschlichen Schädel gefunden, dessen — allerdings spät — diluviales Alter feststeht, der sich aber von dem des rezenten Menschen in nennenswerter Weise nicht unterscheidet.

Fast das gleiche gilt von den bekannten älteren Skelettfunden des Vézèrethals bei Cro-Magnon, die 1868 aufgedeckt wurden (drei Skelette, zwei männliche, ein weibliches). Sie gehörten Individuen von hohen Statur, ziemlich gut gewölbten Schädeln und ziemlich hoher Schädelkapazität an. Man vermutet wohl mit Recht in diesen spätdiluvialen Skelettfunden die Reste der künstlerisch veranlagten Renntierjäger, die ihre Grotten mit so naturgetreuen Bildern geschmückt haben. Sie stammen aus der spätdiluvialen Kulturperiode des Magdalénien nach der paläolithischen Station La Madeleine im Vézèrethal benannt. Da noch weitere diluviale Skelete den gleichen Typus erkennen lassen, der sich, wie gesagt, an den des rezenten Europäers ausserordentlich eng anlehnt, so spricht man in der Anthropologie auch wohl von der Cro-Magnonrasse. Sie ist bisher nur aus dem späteren Diluvium bekannt. U. a.¹⁾ gehören ihr die Skeletreste von Chancelade bei Périgueux (Dept. Dordogne) an, die von *Testut* (31) genau beschrieben worden sind (hoher Schädel mit 1700 ccm Kapazität aber grossen Orbitae), das erste (1900) in

¹⁾ Ausser den hier bezeichneten Schädeln und Skeletresten gibt es noch eine Reihe weiterer z. T. aber nur ungenügend untersuchter menschlicher Fossilien aus dem Diluvium.

den Grotten von Grimaldi bei Mentone gefundene Skelet, die Fragmente von Egisheim im Elsass, von Laugerie-basse im Vezèretal u. a., alles sicher diluviale Funde, wenn auch von der letzten Periode des Diluviums, der Nacheiszeit.

Die ältesten dieser Funde waren es, die bei vielen Anthropologen die Überzeugung stärkten, dass von der somatischen Untersuchung der diluvialen Menschenskelete nichts Neues für die Frage der Abstammung der Menschen zu erwarten sei, dass vielmehr auch die ältesten Menschen genau so gebaut gewesen wären wie der rezente Mensch. In der Tat sind die Schädel der Cro-Magnonrasse meist hoch gewölbt, überschreiten die Minimalgrenze des rezenten Menschen oft erheblich; das gleiche gilt vom Bregmawinkel; es fehlte ihnen also auch eine typisch-fliehende Stirn, ferner völlig die Supraorbitalwülste der Neandertalrasse; der Unterkiefer zeigte bereits ein positives Kinn, wie es nicht einmal alle heute lebenden Menschenrassen haben. Aus allen diesen Umständen lässt sich wohl mit Bestimmtheit schliessen, dass die Cro-Magnonleute die direkten Vorfahren des rezenten Europäers sind.

Nun bleiben aber noch eine Reihe diluvialer Skeletreste übrig, die weder neandertaloid sind noch auch der spätdiluvialen Cro-Magnonrasse angehören. Am längsten bekannt von diesen ist wohl der Schädel von Galley-Hill an der Themsemündung, 1888 gefunden. In bezug auf Kalottenhöhe und Bregmawinkel nimmt dieser enorm dolichocephale Schädel von 205 mm Glabellainionlinie und nur ca. 130 mm Breite, der anscheinend sogar recht altdiluvial ist, eine Mittelstellung ein zwischen denen der Neandertalrasse einerseits und der Cro-Magnonrasse bzw. dem rezenten Europäer andererseits. Dagegen fehlen dem Schädel von Galley-Hill alle sonstigen Charaktere der Neandertalrasse auch die Supraorbitalwülste, an deren Stelle zwar andeutungsweise durch Stirnhöhlen bedingte Hervorragungen treten, ohne aber eigentlich typische *Tori supraorbitales* zu bilden.

Eine ganz ähnliche Schädelbildung, wie die von Galley-Hill, zeigt das zwar kürzere aber noch schmälere, ebenfalls ganz auffällig dolichocephale Schädeldach, das 1871 bei Brüx in Böhmen gefunden wurde und dessen diluviales Alter ebenfalls feststeht. Während *Schwalbe* (28) diesen wirklich dolichocephalen Schädel für eine Mittelstufe zwischen *Homo primigenius* und *Homo recens* anzusehen geneigt ist, wofür allerdings nur die Kalottenhöhe und die Grösse des Bregmawinkels sprechen würde, während die Form des Schädels trotz ihrer Dolichocephalie sich entschieden viel mehr an die des rezenten Eu-

ropäers anlehnt als an die des *Homo primigenius*, scheinen die neuesten Funde mehr für die von *Klaatsch* (19) vertretene Auffassung zu sprechen.

Ausser den Fossilien von Galley-Hill und Brüx gehören in diese Kategorie diluvialer, dolichocephaler, nicht der Cro-Magnonrasse angehöriger Schädel das Fossil, dessen Benennung nach seinem Fundorte als Brunn I¹⁾ in der Regel bezeichnet wird. 1891 aus ziemlich erheblicher Tiefe mit Mammut- und Renntierknochen zusammen gehoben, zeigt es ganz ähnliche Eigenschaften wie Galley-Hill und das Fossil von Combe-Capelle, dem neuesten hier in Frage kommenden Funde. Auch die späteren (1902) in den Grotten von Grimaldi bei Mentone aufgedeckten, anscheinend bestatteten Skelette, die nach Ansicht einiger französischen Anthropologen zahlreiche Merkmale von Negerskeleten zeigen und vielleicht einer negroiden Rasse angehörten, scheinen sich der Aurignacrasse, wie wir sie nach dem neuesten Funde benennen wollen, anzuschliessen. Da sie dicht über einer altdiluvialen (*Antiquus*-)Fauna gefunden worden sind, dürften sie sehr wesentlich älter sein als das an gleicher Stelle früher freigelegte Fossil vom Cro-Magnontyp (s. o. p. 23).

Eine genaue Charakterisierung dieses anscheinend schon im älteren Diluvium in Mitteleuropa auftretenden und von der Neandertalrasse durchaus abweichenden Menschenstammes ist nun erst durch den neuesten paläontologischen Fund eines Diluvialmenschen möglich geworden. Es handelt sich um das 1909 wiederum durch *Hauser* (18) aufgedeckte Skelet bei Combe-Capelle bei Montferrand in der Grafschaft Périgord im Tal der Couze (Dept. Dordogne). Das sehr gut erhaltene und durch Kalkaufnahme fast versteinerte und harte Skelet konnte von *Klaatsch* (18) viel vollständiger geborgen werden als das brüchige Knabenskelet von Le Moustier. Es gehört einem 40—45-jährigen Manne an und ist in der Lage, wie es gefunden wurde, bestattet worden. Die Fundstätte gehört der diluvialen Kulturschicht des unteren Aurignacien an und lag ca. 2¹/₂ m tief.

Die paläontologische Bedeutung dieses Fossils ist abgesehen von der guten Erhaltung und der Härte der Knochen folgende: 1. Es handelt sich um ein ziemlich altdiluviales Skelet eines Vertreters einer Menschenrasse der Eiszeit, die nicht dem *Homo primigenius* von *Schwalbe* zuzurechnen ist. 2. Das Skelet ist vom Augenblicke seiner Bestattung an bis zum Zeitpunkt der Aufdeckung durch *Hauser* sicher

¹⁾ Als Brunn II wird ein in der Nähe von Brunn gefundenes Schädelfragment bezeichnet.

unberührt geblieben, wahrscheinlich ein bis mehrere hunderttausend Jahre. 3. Die Fundstätte konnte von Anfang an, ehe auch nur ein Skeletteil disloziert worden war, geologisch genau untersucht werden. Dass das Skelet von der älteren Eiszeit her unberührt lag, ergab die ungestörte Schichtung der Reste der jüngeren Kulturepochen, die sich oberhalb der Fundstätte des *Homo Aurignacensis* Hauseri — so nennt *Klaatsch* das Fossil — fanden. Es konnten mehrere übereinandergelegene, Feuersteinartefakte enthaltende Schichten (2 Lagen jüngeren Aurignaciéens und Solutréen) genau bestimmt werden, die wiederum durch etwa 15–20 cm dicke sterile Lagen, d. h. solche ohne Artefakte getrennt waren.

Wäre hier während oder nach der Eiszeit gegraben worden, so hätte der Wechsel von sterilen und von Kulturschichten nicht ungestört bleiben können. In der Tat ist er nur da gestört worden, wo durch die Bestattung die unter dem unteren Aurignacien gelegene Kulturschicht, das Moustiérien, nach Durchbrechung der trennenden sterilen Lage z. T. freigelegt worden war. Oberhalb der Fundstätte konnte, durch sterile Lagen getrennt, noch ein mittleres und oberes Aurignacien und darüber Kulturschichten der jüngeren Eiszeit nachgewiesen werden (s. o.).

Die Hauptmerkmale des Schädels vom Combe-Capelle stimmen mit den Charakteristika von Brünn I und Galley-Hill in hohem Masse überein, so Kalottenhöhe, Bregmawinkel, Dolichocephalie. Supra-orbitalwülste fehlten völlig wie überhaupt die typischen Merkmale der Neandertalrasse. Auch der Unterkiefer hat kein negatives Kinn und, wenn auch noch kein positives wie der moderne Europäer so doch ein neutrales. Überhaupt lehnt sich der Schädel von Combe-Capelle viel näher an den rezenten Menschen speziell rezenten Europäer an, als an den der Neandertalrasse. Auch der Gesichtsschädel ähnelt (kleinere Augenhöhlen, längliche Apertura piriformis) weit mehr dem rezenten Europäer als dem *Homo primigenius*, zeigt aber nach *Klaatsch* Anklänge an die Australier (Einziehung der Nasenwurzel). Auch der Cro-Magnonrasse ist das Gesicht vom Combe-Capelle ähnlich. Das gleiche gilt vom Extremitätenskelet; es ist weit graziler als das der Neandertalrasse, dem rezenten Europäer viel ähnlicher, obwohl die Körpergrösse keine erheblichere ist, als sie sich aus neandertaloiden Skeleten ergibt.

Dieser neueste diluviale Fund eines ganzen menschlichen Skelets, das trotz relativ hohen Alters doch von dem z. T. wohl sicher jün-

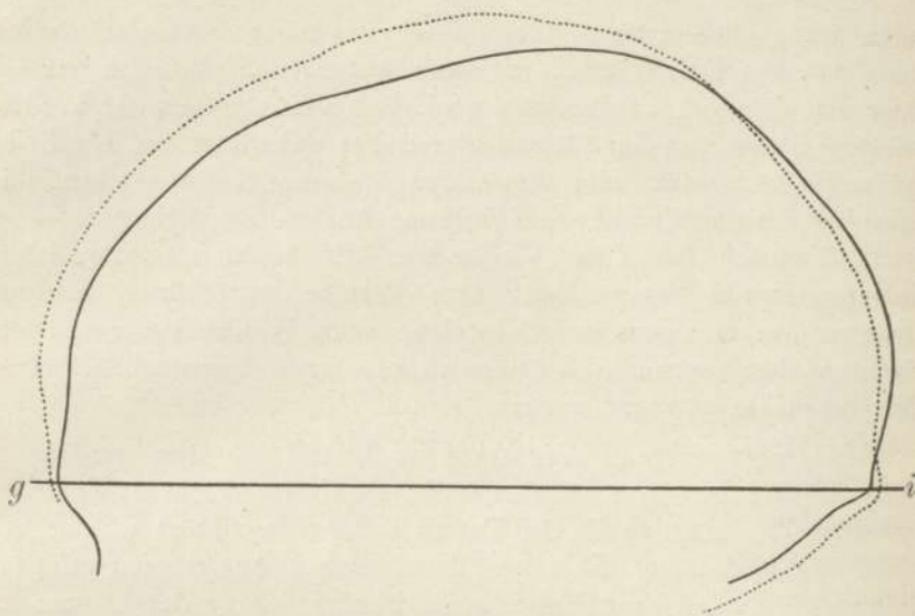


Fig. 3.

Mediane Profilkurven der Schädel von Combe-Capelle (—) und Engis (.....) auf die Glabella-Inionlinie projiziert (modif. nach *Klaatsch*).

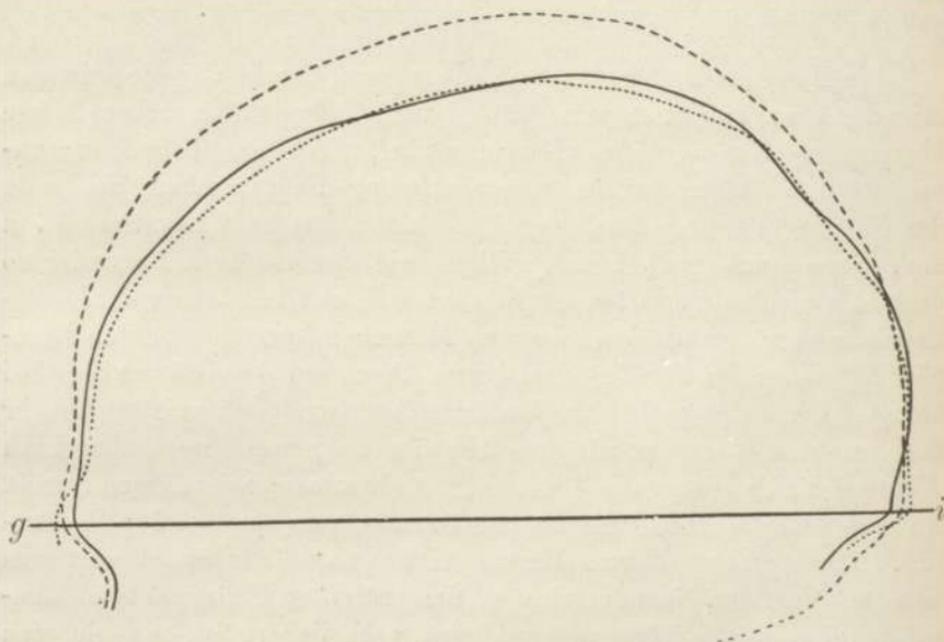


Fig. 4.

Mediane Profilkurven der Schädel von Combe-Capelle (—), Brünn I (.....), und rezentem Europäer (-----), auf die Glabella-Inionlinie projiziert (modif. nach *Klaatsch*).

geren (Spy, La Chapelle) z. T. aber auch bestimmt älteren¹⁾ (Krapina, Le Moustier) Neandertaltyp so erheblich abweicht, dass es sich in jeder Hinsicht der Cro-Magnonrasse und nicht zuletzt auch durch seinen grazileren Knochenbau dem rezenten Europäer anschliesst, hat *Klaatsch* (15, 19) veranlasst, einen polyphyletischen Ursprung des heutigen Menschengeschlechtes anzunehmen.

Klaatsch verwirft den von *Schwalbe* aufgestellten Stammbaum: tertiäre Anthropoiden (vielleicht *Dyopithecus*?) — *Pithecanthropus* — *Homo primigenius* — *Homo recens*. Nach *Klaatsch* kommen die Anthropoiden als solche als unmittelbare Vorfahren der Menschen nicht in Betracht, auch keine der tertiäre Formen. Vielmehr stammen beide aus einer gemeinsamen vormenschlichen (*Propithecantropus*) Wurzel (*Homo Heidelbergensis*?). *Pithecanthropus* scheidet nach *Klaatsch* aus der unmittelbaren Vorfahrenreihe des Menschen schon seines geringen geologischen Alters wegen aus; er stellt einen früh abgetrennten Seitenzweig dar, der auf dem Wege zur Menschwerdung stehen geblieben ist, ohne die menschliche Entwicklungsstufe erreicht zu haben.

Dass der rezente Mensch vom Neandertaler abstammen soll, erscheint *Klaatsch* ausgeschlossen, schon weil wirkliche Zwischenstufen fehlen, ferner weil schon im älteren Diluvium eine dem rezenten Europäer ungleich viel ähnlichere Menschenrasse, die *Aurignacrasse*, wie man sie wohl am besten bezeichnet, auftritt, die in keiner verwandtschaftlichen Beziehung zur Neandertalrasse steht. Auch ist die Feuersteinkultur des Aurignacien grundsätzlich verschieden von der älteren Industrien, ohne dass Übergänge festzustellen sind.

Angeregt durch die Untersuchungen von *Dr. Melchers* in Berlin findet *Klaatsch* beim genaueren Studium der Skelete der Neandertal- und *Aurignacrasse* auffällige Anklänge des schlanken Körperbaues der letzteren an asiatische Grossaffen, namentlich den Orang-Utan, während die plumpe Neandertalrasse innige Beziehungen zu den afrikanischen Grossaffen, speziell dem Gorilla hat. *Klaatsch* kommt auf Grund dieser Erwägungen zu der Annahme, dass sich die *Aurignacrasse* von der Wurzel der asiatischen, die Neandertalrasse von der der afrikanischen Anthropoiden ableitet²⁾.

¹⁾ Der zu der *Aurignacrasse* gehörige Schädel von Galley Hill kann in bezug auf geologisches Alter selbst mit den Krapinafossilien konkurrieren.

²⁾ Dass der Mensch trotz der sonst nachgewiesenen Verwandtschaft mit anthropoiden Affen nicht von diesen direkt abstammt, ergibt schon des Verhalten der oberen Extremitäten, deren Länge bei den Anthropoiden erst erworben ist. Das gleiche gilt vielleicht für das Gebiss.

Die ältere Bevölkerung Mitteleuropas war die weitverbreitete plumpe Neandertalrasse von gorilloidem Typ, die schon in der älteren, vielleicht sogar in der ältesten Eiszeit dort sesshaft war. Ihre nicht gerade grosse Schädelkapazität und ihr starker Körperbau lassen auf weniger intelligente als kräftige Bewohner Europas schliessen, die auch nur eine relativ primitive Steinkultur besaßen. Andererseits stellten sie einen zwar primitiven und vormenschenähnlichen, aber doch in mancher Hinsicht schon typisch ausgebildeten Menschenstamm dar. Später, aber bereits im älteren Diluvium, kam nun nach *Klaatsch* von Osten her der orangoiden, schlankknochige und hochschädelige Aurignacmensch. Was ihm an Körperkraft gegenüber dem Neandertalmenschen fehlt, ersetzte ihm seine Intelligenz und seine höhere Steinkultur. So konnte er den stärkeren Neandertalmenschen besiegen und z. T. verdrängen, ohne ihn aber anscheinend zunächst auszurotten.

Wahrscheinlich vermischte er sich aber auch mit ihm (durch die Weiber der erschlagenen Männer) und das Resultat dieser, im allgemeinen zugunsten der Aurignacrasse ausgefallenen Mischung ist vielleicht die Cro-Magnonrasse. Gerade der Umstand, dass diese, dem rezenten Europäer in vieler Beziehung so ähnliche, spätdiluviale Menschenform keine so allgemein ausgesprochenen Charaktere hat, dass sie sich mit wenigen Worten zusammenfassen liessen, spricht für eine Mischrasse. So erinnert das ziemlich flache Schädeldach des Alten von Cro-Magnon noch an den Neandertaltyp, Gesichts- und Extremitätenskelet schliessen sich aber ganz dem Aurignactyp an. Der Schädel von Chancelade hat noch grosse neandertaloide Augenhöhlen, ist aber hochgewölbt; auch das Extremitätenskelet entspricht der Aurignacrasse.

Somit hätten nach *Klaatsch* zwei ganz verschiedene, aus getrennter Wurzel hervorgegangene Menschenrassen Mitteleuropa während der Eiszeit bevölkert. In anderen Erdteilen lassen sich aber weitere Spuren einer polyphyletischen Abstammung des Menschen nachweisen. Hierher gehören nach *Klaatsch* in erster Linie die noch heute auf paläolithischer Kulturstufe stehenden Australier, die nach *Klaatsch* trotz stärker gewölbten Schädel in mancher Hinsicht noch unter der Neandertalrasse stehen¹⁾ (affenähnliche Schläfenlinien, Fossa praenasalis u. a.). Sie stellen eine andere, frühzeitig vom affenähn-

¹⁾ *Klaatsch* verwirft deswegen auch den Namen *Homo primigenius*, während *Schwalbe* ihn mit demselben Rechte gebrauchen zu dürfen glaubt, wie *Elephas primigenius* in Gebrauch ist.

lichen oder vormenschlichen Stamm abgezweigte Menschenrasse dar, ebenso wie *Pithecanthropus*.

Ich will mich hier weder für die *Schwalbe'sche* Auffassung entscheiden noch für die von *Klaatsch*. Beide Ansichten über die Entstehung der heutigen Menschenrassen haben Gründe für und Gründe gegen sich. Mag sich durch zukünftige Funde die Frage nach dem Stammbaum des Menschen im einzelnen lösen wie sie will, die eine Tatsache wird schon heute in erster Linie mit Sicherheit festgestellt werden können, und daran wird auch der kritischste Skeptiker nichts mehr ändern können, dass der Mensch im Laufe der geologischen Formationen ähnliche Veränderungen durchgemacht hat wie die Tiere auch, und dass ältere geologische Formationen als die heutige auch vormenschliche Entwicklungsstufen gekannt haben, die weder Menschen waren noch Affen. Auch der Mensch hat sich im Laufe der letzten Jahrhunderttausende aus primitiven Formen zu höheren entwickelt.

Bisher sind drei Menschentypen aus dem Diluvium bekannt, von denen die eine und zugleich wohl älteste weit mehr auf affenähnliche und vormenschliche Ahnen aus dem Tertiär hinweist als auf den heutigen Menschen, während eine zweite ebenfalls sehr alte Rasse im Gegensatz dazu einen viel höher entwickelteren, durchaus reinmenschlichen Typus darstellt. Die dritte Rasse ist wahrscheinlich ein Mischungsprodukt der beiden ersteren und vielleicht die unmittelbare Stammform des rezenten Europäers.

Der Satz von *Cuvier*: „L'homme fossile n'existe pas“ ist von der heutigen anthropologischen Forschung längst widerlegt. Wir haben bereits ein ziemlich reichliches paläontologisches Material zur Bestimmung des menschlichen Stammbaumes zur Verfügung, nicht bloss primitive, vom heutigen Menschen durchaus abweichende Formen, sondern auch Vormenschen sehr hohen geologischen Alters, die weder Mensch waren noch Affe.

Noch ist das dem Schosse der Erde entrissene paläontologische Material, namentlich das vormenschliche ein spärliches. Aber angesichts der Fortschritte, die seit noch nicht zehn Jahren die Paläontologie des Menschen gemacht hat, ist kaum daran zu zweifeln, dass auch für die tertiären Vorfahren des Menschen, deren Artefakte in Gestalt der sog. Eolithen (Archäolithen anderer Autoren) schon längst bekannt sind, weitere Belegstücke gefunden werden ausser *Pithecanthropus* und *Homo Heidelbergensis*.

Nachtrag: Erst während der Korrektur geht mir durch die Freundlichkeit des Herrn Kollegen *Beckenkamp* die neueste, dieses Thema berührende Veröffentlichung von *Branca* (*Branco*) zu (*W. Branca*, Der Stand unserer Kenntnisse vom fossilen Menschen. Leipzig. Veit & Co. 1910). Im grossen und ganzen decken sich die Ausführungen *B.'s* über den diluvialen Menschen mit den meinigen. Als durchaus irrtümlich muss ich aber die Angabe *B.'s* bezeichnen, dass der neanderthaloide Typ noch heute vorkomme in Gestalt der Australier. Trotz der grossen Primitivität dieser niedern Menschenrasse, deren Schädel ja nach *Klaatsch* z. T. noch tieferstehende Merkmale aufweisen als die des Neanderthalers, unterscheidet sie sich doch wesentlich (höhere Schädel) von der Neanderthalrasse. Ebenso wenig darf das Canstattfragment als Beweis für rezentes Vorkommen der Rasse angeführt werden. *Schwalbe* hat seine Verschiedenheit vom „*Homo primigenius*“ mit Sicherheit nachgewiesen. Dass *B.* die *Mandibula Heidelbergensis* unter die Neanderthalrasse einreihen will, ist mir absolut unverständlich. Ich habe noch keinen Anatomen gesehen, dem nicht bei Betrachtung dieses Fossils seine wenig menschenähnliche Form auf den ersten Blick sofort aufgefallen wäre. Sollte sich *B.* durch den — wie schon oben ausgeführt total verunglückten — Versuch von *Boule* (p. 21) haben täuschen lassen? Die *Mandibula Heidelbergensis* unterscheidet sich anatomisch mehr von der der Neanderthalrasse als diese vom rezenten Menschen.

Literaturverzeichnis.

1. *Ameghino*, Le *Diprothomo platensis* un précurseur de l'homme du pliocène inférieur de Buenos Aires. 1899.
2. *Branco*, W., Die menschenähnlichen Zähne aus dem Bohnerz der schwäbischen Alp. Jahrb. Ver. f. vaterl. Nat. Württemberg 1898.
3. *Boule*, L'homme fossile de La Chapelle aux Saints. L'Anthropologie XIX. 1908.
4. *Derselbe*, Dasselbe II. Ebenda. XX. 1909.
5. *Dubois*, E., *Pithecanthropus erectus*. Eine menschenähnliche Übergangsform aus Java. Batavia 1894. 2 Taf.
6. *Fraipont J. et Lohest, M.*, La race humaine de Néanderthal ou de Cannstadt en Belgique. Archiv de Biol. T. VII. 1887.
7. *Fuhlrott, C.*, Menschliche Überreste aus einer Felsengrotte des Düsseltals. Verhdlg. naturh. Ver. preuss. Rheinl. und Westf. 16. Jahrg. 1859.
8. *Gorjanowić-Kramberger, K.*, Der diluviale Mensch von Krapina in Kroatien. Wiesbaden 1906.
9. *Kiefl, F. X.*, Charles Darwin und die Theologie. Festrede (Rektorats-). Würzburg 1909.
10. *Klaatsch, H.*, Die wichtigsten Variationen am Skelet der freien unteren Extremität des Menschen und ihre Bedeutung für das Abstammungsproblem. *Merkel-Bonnet's Ergebnisse*. 1900 (1901).
11. *Derselbe*, Das Gliedmassenskelet des Neandertalmenschen. Verhdlg. anat. Ges. Bonn 1901.
12. *Derselbe*, Die Fortschritte der Lehre von den fossilen Knochenresten des Menschen in den Jahren 1900—1903. *Bonnet-Merkel's Ergebnisse*. Bd. XII. 1902 (1903).
13. *Derselbe*, Die Fortschritte der Lehre von der Neandertalrasse (1903—1908). Ebenda. Bd. 17. 1909.
14. *Derselbe* und *Hauser, O.*, *Homo Monsteriensis* Hauseri etc. Arch. f. Anthropol. Bd. 8. 1909.
15. *Derselbe*, Die neuesten Ergebnisse der Paläontologie des Menschen und ihre Bedeutung für das Abstammungsproblem. Zeitschr. f. Ethnol. 1909.
16. *Derselbe*, Die fossilen Menschenrassen und ihre Beziehungen zu der rezenten. Korrespl. d. Ges. f. Anthr., Ethnol. und Urgesch. XL. 1909.
17. *Derselbe*, Kraniomorphologie und Kraniotrigonometrie. Archiv f. Anthropol. N. F. VIII. 1909.
18. *Derselbe* und *Hauser, O.*, *Homo Aurignacensis* Hauseri. Prähistor. Zeitschr. 1910.
19. *Derselbe*, Die Aurignacrasse und ihre Stellung im Stammbaum der Menschheit. Zeitschr. f. Ethnol. 1910.

20. *Regel*, Besprechung über *A. Sauer's* Exkursion in die Maurer Sande und in die altdiluviale Neckarschlinge des Elsenztales. Zentralbl. f. Anthrop. Bd. 15. 1910.
21. *Schaaffhausen, D.*, Über einen Fund zahlreicher fossiler Knochen und Zähne einer Grotte, der sog. Teufelskammer im Neandertal. Verh. naturh. Ver. d. preuss. Rheinl. u. Westf. 23. Jahrg. 1866 u. Sitzber. niederrh. Gesellsch. 1875.
22. *Derselbe*, Der Neandertalfund. Bonn 1888.
23. *Schoetensack, Otto*, Der Unterkiefer des Homo Heidelbergensis aus den Sanden von Mauer. Leipzig 1906.
24. *Schwalbe, G.*, Studien über Pithecanthropus erectus Dubois. Zeitschr. f. Morph. und Anthropol. Bd. I. 1899.
25. *Derselbe*, Der Neandertalschädel. Bonner Jahrb. Heft 106. 1901.
26. *Derselbe*, Über die Vorgeschichte des Menschen. Gesellsch. Deutsch. Naturf. u. Ärzte. 1903.
27. *Derselbe*, Zur Frage der Abstammung des Menschen. Zeitschr. f. Morph. und Anthr. Sonderb. 1906.
28. *Derselbe*, Das Schädelfragment von Brüx und das von Cannstatt. Ebenda. 1906.
29. *Derselbe*, Über *Darwin's* Werk: „Die Abstammung des Menschen“. Zeitschr. f. Morphol. und Anthropol. Bd. XII. 1910.
30. *Sollas*, On the cranial and facial characters of the Neanderthal race. Philosophic. Transact. Vol 199.
31. *Testut, L.*, Recherches anthropologiques sur le squelette quaternaire de Chancelade, Dordogne. Bull. soc. Anthrop. Lyon 1889.
32. *Volz*, Das geologische Alter der Pithecanthropusschichten. Neues Jahrb. f. Minerol. 1907.
33. *Wilser, L.*, Leben und Heimat des Urmenschen. Leipzig 1910.

Über den direkten Zusammenhang von Muskelfibrillen und Sehnenfibrillen.

Von
Oskar Schultze, Würzburg¹⁾.

Mit 1 Tafel.

Bekanntlich ist die herrschende Anschauung über die Art der Verbindung von Muskel und Sehne die, dass die Fasern des Muskels an dessen Übergang in die Sehne derart ihr Ende finden, dass der Zusammenhang von Muskel und Sehne nur durch das Perimysium vermittelt wird. Dieses soll geradezu die Sehne bilden, während die Muskelfaser selbst ohne jeden histologischen Zusammenhang mit der Sehne stehen soll. Wenige gelegentlich geäußerte Stimmen, dass es anders ist, zuletzt die von *Golgi*²⁾, haben keinen Anklang gefunden.

Schon im Laufe einer Reihe von Jahren habe ich Beobachtungen gemacht, welche es mir nahelegten, dass die Enden der quergestreiften Muskelfasern der Vertebraten keine „freien“ seien, sondern dass sie in direktem Zusammenhang mit den Bindegewebsfibrillen stehen. Die betreffenden Objekte waren vornehmlich Längsschnitte der Myotome von Säugerembryonen, sowie Sagittalschnitte von Schwänzen von Amphibienlarven und bezogen sich auf die Myosepten; ferner Flächenbilder unter dem Doppelmikroskop präparierter platter Bauchmuskeln von Amphibienlarven in zartester erster Anlage u. a. In letzter Zeit fand ich gelegentlich der Untersuchung des Sarkoplasmas der von

¹⁾ Siehe auch meinen Vortrag in den Sitzungsberichten der phys.-med. Gesellschaft zu Würzburg vom 16. Februar 1911: Die Kontinuität der Muskelfibrillen und Sehnenfibrillen.

²⁾ *C. Golgi*, Contribuzione all'istologia dei muscoli volontari. *Annali universali di Medicina* 1880 und *Rendiconti del reale istituto Lombardo*. Vol. XIII.

*Rollet*¹⁾ ausführlicher beschriebenen interessanten Flossenmuskeln des Seepferdchens in den Muskelfasern dieser Muskeln ein Objekt, an welchem mir alsbald zunächst durch die Präparation klar wurde, dass das von *Ranvier*²⁾ gegebene Bild des Sehnenendes dieser Fasern, ebenso wie dessen Beschreibung, nicht befriedigen kann. Es zeigte sich vielmehr, dass jede einzelne Muskelfaser innerhalb der leicht isolierbaren feinen Muskelbündel kontinuierlich in ein entsprechendes, anfangs gut isolierbares Sehnenfibrillenbündel übergeht. Die Untersuchung der durch Präparation isolierten Fasern ermöglichte es vermöge des eigenartigen sarkoplasmareichen Baues der Faser bei Gebrauch der Immersionslinse mit voller Sicherheit festzustellen, dass sich die Myofibrillenbündel kontinuierlich noch innerhalb des Sarkolemmas in Sehnenfibrillenbündel fortsetzen. Aber noch mehr. Die Zerfaserung der Sehnenenden der mit Osmiumsäure oder Formol konservierten einzelnen Muskelfasern mit sorgfältig zugespitzten Nadeln unter starker Vergrößerung des Doppelmikroskops liess mit Sicherheit erkennen, dass jede Myofibrille direkt zu einer Sehnenfibrille wird. Weiterhin konnte ich an Längsschnitten von Muskelfaserenden jedermann klar zeigen, dass diese bereits durch die Präparation gewonnenen Befunde durch die Schnittmethode bestätigt und auf das Deutlichste demonstriert werden können.

Zur Herstellung der Präparate bediente ich mich teils der von mir beschriebenen Osmium-Hämatoxylinmethode³⁾, teils des säurefreien Formols (von Höchst). Säuren und säureenthaltende Mischungen sind zu vermeiden. Es kamen zur Anwendung: 1. Formol und Alkohol absol. 1:2. 2. Formol und Alkohol 70% 1:9. 3. Formol und Aqua dest. 1:3 und 1:9. Nach 24stündiger oder längerer Einwirkung wurde bei 1. und 2. in Alkohol von 96% übertragen, bei 3. jedoch erst nach vorherigem 24stündigen Einwirken von Alkohol von 60%. Der starke Alkohol wurde einmal gewechselt, dann wurden die zum Schneiden bestimmten Stückchen unter dem Präparirmikroskop zugeschnitten und in Kaliumbichromatalkohol übertragen. Dieser besteht aus Kaliumbichromat in wässriger 2% iger Lösung und Alkohol

1) *A. Rollet*, Über die Flossenmuskeln des Seepferdchens (*Hippocampus antiquorum*) und über Muskelstruktur im Allgemeinen. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 32. 1888.

2) *Ranvier*, Technisches Lehrbuch der Histologie. 1888. S. 478.

3) *O. Schultze*, Neue Methoden der histologischen, aufhellenden und korrodierenden Technik mit Besprechung der Ergebnisse und Demonstrationen. Verh. d. phys.-med. Gesellsch. zu Würzburg. N. F. Bd. 40. 1910.

von 96% zu gleichen Teilen. Die Mischung muss klar sein (eventuell Schütteln im Masszylinder), wird unmittelbar vor Gebrauch bereitet und mit den Objekten sofort dunkel gestellt. Nach 1—2 Tagen wird die klar gebliebene Flüssigkeit abgegossen und durch ausgereifte 0,5% ige Hämatoxylinlösung in 70% igem Alkohol ersetzt. Die Farbe ist also die nämliche wie bei der Osmiumhämatoxylinmethode. Sie darf nicht zu dunkel werden. Sobald dies der Fall ist, wird sie — gewöhnlich schon nach einigen Minuten — durch neue ersetzt. Das geschieht im Laufe der ersten 12 Stunden zwei- bis dreimal. Nach 2 Tagen wird mit mehrmals zu wechselndem 70% igem Alkohol nachbehandelt, bis dieser nur leicht gelblich bleibt, dann entweder direkt eingebettet oder nach Übertragen in Aqua dest. mit Pikrofuchsin (in der Zusammensetzung nach *Gieson*) nachgefärbt. Bei Stückchen, deren grösste Dicke nur einige Zehntelmillimeter beträgt, gelingt die Färbung bei Einwirkung von einigen Stunden tadellos, so dass die an feinsten Schnitten dunkelgrau gebliebenen Myofibrillen sich von den leuchtend roten Bindegewebsfibrillen färberisch deutlich unterscheiden. An den Übergangsstellen geht die graue Myofibrille unter Aufhören der Querstreifung allmählich in die rote leimgebende Fibrille über.

Die entweder nur mit Chromhämatoxylin oder mit diesem und mit Pikrofuchsin behandelten Stückchen verarbeite ich mit grossem Vorteil — als Ersatz für die meist überflüssig umständlichen kombinierten Celloidin-Paraffineinbettungen — in folgender Weise weiter. Aus dem reinen Spiritus (96%) wird in eine Mischung von Kollodium (4%) und Spiritus 1:2 übertragen, in welcher die Stücke in gut verschlossener Schale (Deckel mit Vaselineinschmieren) 24 Stunden verweilen. Absoluter Alkohol kommt nicht zur Benutzung. Aus dem Kollodiumalkohol kommen die Objekte in Chloroform-Zedernöl \overline{aa} , dann direkt in Paraffin von 64° S.P. (nur für einige Minuten). Zur genauesten Orientierung unter Lupenkontrolle beim Schneiden, sowie zur Anfertigung tadelloser Serien bis zu 1 μ Dicke meist bei querrer Messerstellung benutze ich jetzt stets das neue Tetrandermikrotom nach *Paul Meyer*¹⁾. Es ist ebenso teuer wie ausgezeichnet.

Fig. 1 stellt einen Längsschnitt des Insertionsendes einer Muskelfaser aus dem Rückenflossenmuskel von Hippocampus dar. (Zeiss Hom. J. 2 mm Apert. 1,4 comp. Oc. 6). Die mit Chromhämatoxylin

¹⁾ *P. Mayer*, Ein neues Mikrotom: das Tetrander. Zeitschr. f. wiss. Mikroskopie. Bd. 27. 1910.

vorbehandelten Stückchen waren mit Pikrofuchsin nachbehandelt. Die Rotfärbung der Sehnenfasern ist bei der Reproduktion fortgelassen worden. Sie erstreckt sich an dem Präparat von dem dunkelrot gefärbten Sehnenbündel aus in die Faser derart fort, dass sie sich unter allmählicher Verblassung bis zu der Stelle erhält, wo die Sehnenfibrillen aufhören und die Querstreifung auftritt. Das in diesen Muskelfasern so reichliche Sarkoplasma hat einen ausgesprochenen filaren Bau. Ebenso wie es zwischen den Myofibrillenbündeln (Muskelsäulchen) angehäuft ist, erfüllt es auch die Zwischenräume oder bereits zu Sehnenfibrillenbündeln gewordenen Stränge. Die Fibrillenbündel durchbohren das Sarkolemm wie die Plasmodesmen die Tüpfel in der Membran von Pflanzenzellen. Denn die Histogenese lehrt, dass sich auch diese Kontinuität aus Protoplasma hervorgegangener Fasern auf Plasmodesmen zurückführt. Darüber an anderer Stelle. Die Kontinuität der Myofibrillen und der Sehnenfibrillen vollzieht sich an diesen Muskelfasern so, dass sich oft feststellen lässt, dass jedes Muskelsäulchen in ein entsprechendes Sehnenfibrillenbündel noch innerhalb der Muskelfaser übergeht.

Fig. 2 stellt einzelne aus einem in Zedernöl gelegenen Schnitte von 1μ Dicke infolge ihres isolierten Verlaufes besonders deutliche Fibrillen von Hippocampus dar. An drei Fibrillen ist der kontinuierliche Übergang je einer Muskelfibrille in je eine Sehnenfibrille klar. In dem vierten Falle gehen zwei dicht zusammenliegende Myofibrillen in eine homogene Faser über. Ich möchte aber annehmen, dass hier eine Verklebung von zwei Sehnenfibrillen stattfand. Die gezeichneten Fasern lagen noch ganz innerhalb der Muskelfasern.

Genau sowie diese Muskelfasern von Hippocampus verhalten sich hinsichtlich des Sehnenendes die Muskelfasern von Amphibienlarven eines bestimmten Stadiums. Die Muskelfasern der Myotome von Rana-Larven von 1,3 cm Länge, welche noch reichliche Dotterelemente neben schön ausgebildeten Chondriokonten besitzen, verlieren kurz vor dem Übergang in die Myosepten die Querstreifung. Noch innerhalb der Sarkolemmen gehen sie kontinuierlich in die homogenen Fibrillen über, welche in die Myosepten eintreten und zu den Bindegewebsfibrillen werden.

Ist der Dotter aufgesaugt, so lässt sich an geeigneten Längsschnitten immer noch die Kontinuität der beiderlei Fibrillen nachweisen. Fig. 3 zeigt dieses Verhalten von dem Schwanz einer grossen 5 cm langen noch äussere Kiemen tragenden Larve von Triton cristatus. Das Präparat war in Alkoholformol (2:1) konserviert und mit Kalibichromatalkohol, Hämatoxylin und Pikrofuchsin nachbe-

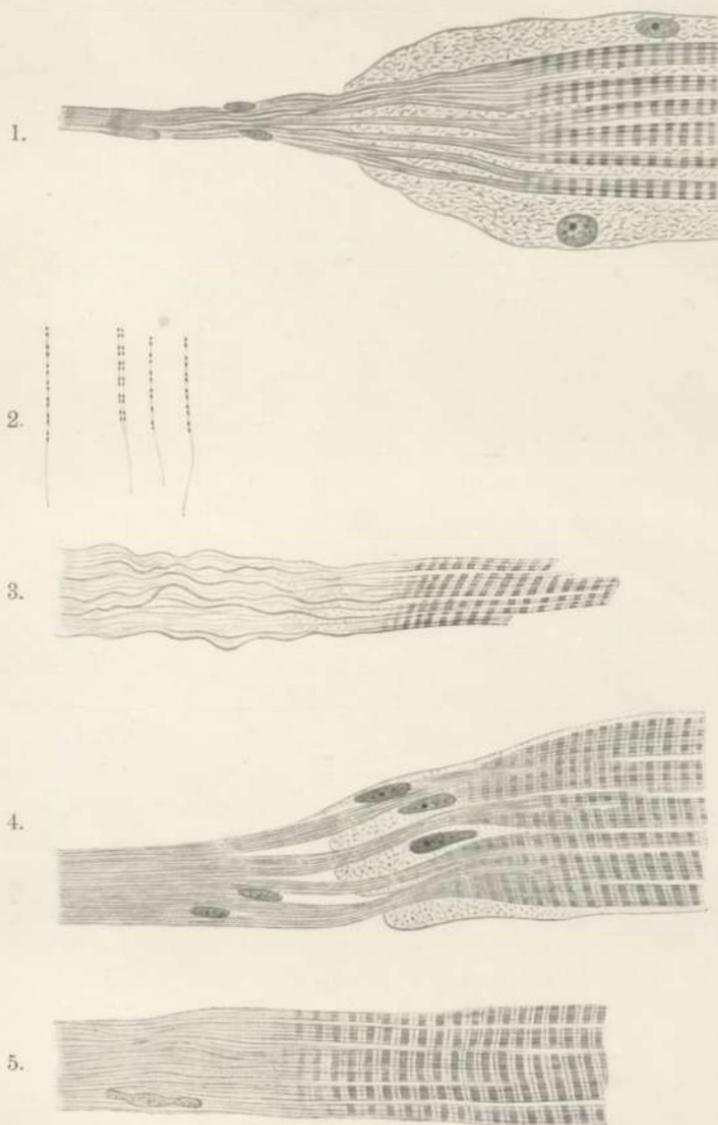
handelt worden. (Schnittdicke 2μ , Untersuchung der Mikrotomschnitte ohne Aufkleben in Zedernöl.) Für diesen, wie für viele andere Fälle, ist typisch die etwas stärkere feingranuliert erscheinende Protoplasmamasse zwischen den Fibrillen an der Übergangszone. Die leuchtend rote Färbung der Bindegewebsfibrillen gegenüber der schwarzen der Myofibrillen ist auf der Tafel nicht reproduziert worden. Ein Sarkolemm war hier nicht zu sehen.

Wie an den Sehnenenden, so ist auch an den Zwischensehnen zweibäuchiger Muskeln (untersucht wurde *M. omohyoideus infantis*), den Raphen (*M. mylohyoideus*) und den *Inscriptiones tendineae* das beschriebene Verhalten festzustellen. Hier nur ein Bild von einer *Inscriptio tendinea M. recti abdominis ranae esculentae* (Fig. 4). Die Behandlung war dieselbe wie bei dem vorigen Präparat von Triton. Das Sarkolemm umschliesst am Ende der Muskelfaser eine reichliche Sarkoplasmaanhäufung. Der Schnitt zeigt vier deutliche innerhalb der Muskelfaser gelegene Sehnenfibrillenbündelchen. Sie gehen kontinuierlich in entsprechende Muskelsäulchen über. Drei von ihnen durchbohren deutlich das Sarkolemm und erst nach der Durchbohrung treten die Bündel zu dem zu der Muskelfaser gehörigen Sehnenbündel zusammen. Neben diesem Verhalten findet sich sehr häufig das, welches oben von Trit. *cristatus* beschrieben wurde: Kontinuität der beiderlei Fibrillen, ohne dass eine Durchbohrung des Sarkolemmas erkennbar ist (s. auch Fig. 5).

Schliesslich gebe ich von den mir zur Verfügung stehenden menschlichen Präparaten hier noch eine Abbildung aus dem *M. intercostalis internus*. Im Jahre 1850 sagte *Kölliker* im zweiten Bande seiner mikroskopischen Anatomie gelegentlich der von ihm auch abgebildeten Muskelfasern (Fig. 62) des genannten Muskels: „So absonderlich es auch klingen mag, so muss ich doch, soll ich den Eindruck bezeichnen, den solche Muskel- und Sehnenfibrillengrenzen auf mich gemacht haben, sagen, dass es der eines kontinuierlichen Zusammenhanges der Muskel- und Sehnenfibrillen war, womit ich jedoch nicht gemeint bin, einen solchen Zusammenhang als wirklich und ganz bestimmt vorkommend hinzustellen.“ Meine Fig. 5 stellt solchen Zusammenhang auch für diesen Muskel fest. *Kölliker* hat zwar die Abbildung auch in die späteren Auflagen aufgenommen, den betreffenden Text aber fortgelassen. Die „absonderlich klingende“ Auffassung war unmodern geworden. Es gibt auch entwicklungs-hemmenden Modernismus.

Erklärung der Figuren auf Tafel I.

1. Muskelfaserende mit Sehnenübergang aus dem Rückenflossenmuskel von Hippocampus. Zeiss. Hom. Immers. 2^{mm} Apert. 1,4. Comp. Oc. 6.
 2. Einzelfibrillen aus dem gleichen Muskel. Kontinuierlicher Übergang in die Sehnenfibrillen. C. oc. 8.
 3. Übergang der Muskelfibrillen in die Sehnenfibrillen im Myoseptum; vom Schwanz einer 6 cm langen Larve von Triton cristatus. Vergrößerung wie bei 1.
 4. Übergang der Muskelfaser von Rana esculenta in die Inscriptio tendinea vom M. rectus abdominis. Vergrößerung wie bei 1.
 5. Sehnen- und Muskelfibrillen vom M. intercostalis internus des Menschen. Vergrößerung wie bei 1.
-



Schultze, Direkter Zusammenhang von Muskelfibrillen und Sehnenfibrillen.

Die Wirkung einfacher Druckempfindungen aufeinander¹⁾.

Von

M. von Frey.

Erregt man gleichzeitig zwei oder mehrere Druckpunkte der Haut mit überschwelligen Reizen, so ist der Erfolg nicht genügend gekennzeichnet durch die Angabe, dass die Erregungen unterschieden oder verschmolzen werden. Es treten vielmehr gewisse Wirkungen der Erregungen aufeinander zutage, deren genauere Verfolgung ich gemeinsam mit Miss *H. D. Cook* unternommen habe. Dabei sind wir von einer Anzahl von Versuchspersonen in dankenswerter Weise unterstützt worden. Andeutungen der hier zu beschreibenden Erscheinungen sind bereits von *A. Brückner* gesehen und in einer Arbeit aus dem Würzburger physiologischen Institut 1901 mitgeteilt worden.

Zuerst ein paar Worte über die Methode. Es hat sich als zweckmässig herausgestellt nicht beliebige Punkte der Haut sondern vorher bestimmte Druckpunkte von niederem Schwellenwert zu erregen, weil auf diese Weise starke Reize ohne erhebliche Deformation der Haut gegeben werden können. Es wurden daher nach erprobtem Verfahren die Druckpunkte in dem gewählten Versuchsfelde (Volarseite des linken Unterarms) in eine Karte eingetragen, die empfindlichsten derselben ausgewählt und auf der Haut evident gehalten.

Nach Feststellung des Arms in einer genau passenden Gipsform wurden auf die gewählten Druckpunkte die abgeschliffenen Enden von Kupferdrähten aufgesetzt, die ihrerseits an sogenannten Reizhebeln

¹⁾ Vortrag gehalten am 24. April 1910 auf dem IV. Deutschen Psychologentage zu Innsbruck.

befestigt waren. Die Berührungsfläche der Drähte mit der Haut betrug ungefähr 0,3 qmm, der dauernd ausgeübte Druck 50 mg. Die Empfindung der Berührung verschwand in kurzer Zeit. Die Reizhebel waren mechanisch oder elektrisch so gekuppelt, dass sie entweder alle gleichzeitig oder in beliebiger Kombination bezw. einzeln hintereinander in die Haut gedrückt werden konnten. Besondere Sorgfalt wurde auf die feine Abstufung der Reizstärke verwendet.

Die Wirkungen, die eine gegebene Erregung durch gleichzeitig vorhandene Nebenerregungen erfährt, betreffen ihre scheinbare Stärke, ihre Verschmelzung mit oder Trennung von den Nebenreizen und ihren scheinbaren Ort.

I. Die Stärke einer Erregung wird durch Nebenreize vermehrt oder gebahnt in einem Grade, der abhängig ist von der Stärke und Entfernung des Nebenreizes. Bahnung auf 12 cm Entfernung ist sicher beobachtet. Der Vorgang ist unabhängig davon, ob die beiden Reize unterschieden oder verschmolzen werden, ob die Versuchsperson geübt ist oder nicht.

Der Vorgang lässt sich in verschiedener Weise aufzeigen. Zwei unterschwellige Erregungen können sich gegenseitig zu überschwelligen verstärken. Wird von zwei überschwelligen subjektiv gleichstarken Reizen der eine verstärkt, so erscheint auch der andere stärker als vorher. Werden drei Reize, von denen zwei nahe beisammen, der dritte entfernter steht, zunächst einzeln gegeben und in ihrer Stärke möglichst gegeneinander abgeglichen, so erscheinen sie nicht mehr als gleich, wenn sie gleichzeitig gegeben werden, weil die Bahnung für die einander naheliegenden Punkte grösser ist als für den entfernten.

Aus diesen Erfahrungen folgt, dass die isolierte Erregung der Leitungsbahn eines Druckpunktes nicht möglich ist, dass sie vielmehr wirksam wird in einem Hautgebiete, das vom Reizorte nach allen Seiten sich erstreckt, und bei genügender Stärke einen Halbmesser von 12 cm und mehr haben kann. Der Bezirk mag als Bahnungsgebiet des betrachteten Druckpunktes bezeichnet werden. Ist die Erregung des Bahnungsgebietes in der Regel auch nur eine unterschwellige, so genügt sie doch, um dort vorhandene latente Erregungen über die Schwelle zu heben. Andererseits werden Erregungsvorgänge irgendwelcher Art, die sich im Bahnungsgebiete abspielen, ihrerseits auch auf die Leitungsbahn des betrachteten Druckpunktes einwirken und die dort gesetzte Erregung modifizieren können. Auf solche Einflüsse

des Bahnungsgebietes dürfte die Beobachtung zu beziehen sein, die von jeder Versuchsperson bestätigt worden ist, dass nämlich die einzelnen Druckpunkte bei gleichartiger Reizung Empfindung liefern, die nicht nur der Stärke sondern auch der Qualität nach verschieden sind, indem sie bald als deutlich, scharf umschrieben, klar, bald als stumpf, diffus, undeutlich usw. geschildert werden. Der Vorgang scheint ferner Licht zu werfen auf die sehr häufig gemachte Beobachtung, dass ein und derselbe Reiz bei wiederholter Darbietung seinen Charakter so ändern kann, dass er kaum wieder zu erkennen ist. Es scheint mir sehr wahrscheinlich, dass nach Verletzung eines Nerven, die bekanntlich nicht nur von Degeneration des distalen Stumpfes sondern auch von proximal fortschreitenden histologischen Veränderungen gefolgt ist, die Bahnungserscheinungen eine Modifikation erleiden, die sich im Stadium der Regeneration sehr wohl durch einen abweichenden Empfindungscharakter verraten kann. Vielleicht ist auf diese Weise ein Teil der eigentümlichen Beobachtungen zu erklären, auf welche *H. Head* sowie *Trotter* und *Davis* in ihren wichtigen Untersuchungen gestossen sind.

II. Erregung und Nebenerregung können unterschieden werden oder zu einem einheitlichen Eindruck verschmelzen. Bleibt der Abstand der Reize unter einem gewissen, von dem gewählten Körperabschnitt abhängigen Werte (simultane Raumschwelle), so tritt jedesmal Verschmelzung ein. Bei grösseren Abständen ist die Unterscheidung eine bedingte. Von grösster Bedeutung ist, ob die Reize unter sich gut abgeglichen sind. Ist dies der Fall, so wird die Unterscheidung sehr erleichtert, während ungleich starke Reize zur Verschmelzung neigen. Es beruht dies nicht etwa auf einer objektiven Verkleinerung des Reizabstandes infolge Ausbreitung der durch den starken Reiz gesetzten Deformation, denn Verstärkung des schwächeren Reizes kann ihn sofort wieder unterscheidbar machen. Überhaupt wird durch Reizverstärkung, wenn sie nur für alle gleichzeitig gegebenen Reize in paralleler Weise geschieht, die Unterscheidung stets erleichtert.

Wie man sieht, stimmt die letztere Erfahrung nicht mit den Folgerungen, die seinerzeit *J. Bernstein* aus der Irradiationshypothese gezogen hat, und dahin lautet, dass starke Reize schwerer unterscheidbar sein sollen. Man wird vielmehr die bekannte Erfahrung heranziehen müssen, dass starke Eindrücke leichter ins Bewusstsein eintreten und sich darin gegenüber konkurrierenden Erregungen be-

haupten. Im Falle der Verschmelzung ungleich starker Erregungen könnte man auch von einer Hemmung sprechen, welche die schwächere Erregung durch die starke erfährt. Der Ausdruck ist aber missverständlich, weil er die Vorstellung einer Verminderung der Erregungsstärke in sich schliesst. Eine solche ist nicht nachzuweisen, im Gegenteil sprechen alle Erfahrungen dafür, dass die Bahnungsvorgänge auch in diesem Falle ungeschmälert fortbestehen. Der starke Reiz hat auf den schwachen nicht eine unterdrückende Wirkung im Sinne einer Verminderung der Stärke sondern er scheint ihm nur die Bestimmtheit und Schärfe (Eindringlichkeit nach *G. E. Müller*) zu nehmen, die er für sich allein haben würde. Die Unterdrückung des schwächeren Reizes durch den stärkeren beruht also nicht auf einer Hemmung im Sinne des physiologischen Sprachgebrauches sondern auf einer Verdrängung aus dem Bereich der Aufmerksamkeit (*G. Heymans*).

Will man die simultane Zweiheitsschwelle möglichst klein machen, so muss man starke und gut abgegliche Reize anwenden. Man kommt dann auf der Volarseite des Unterarms auf Werte von 1,5—3 cm d. h. auf ungefähr die Hälfte des *Weberschen* Wertes.

III. Die Unterscheidung gleichzeitiger Reize und ihre Lokalisation sind verschiedene und unter Umständen voneinander trennbare Funktionen. Ebenso wie bei sukzessiver Erregung benachbarter Druckpunkte eine Unterscheidung möglich ist, ohne dass eine Aussage über deren Lage gemacht werden kann, so kann auch bei simultaner Reizung zweier oder mehrerer Punkte die Unterscheidung verbunden sein mit dem Unvermögen zu lokalisieren. Der Fall ist natürlich hier seltener, weil die zur Unterscheidung nötigen Entfernungen grösser sind, was die Lokalisation erleichtert. Sehr häufig sind die Fälle, in denen zwei Reize bei fortdauernder Unterscheidung ganz verschieden lokalisiert werden, je nach den besonderen Versuchsbedingungen. So scheinen sie bei simultaner Darbietung näher beisammen zu sein als bei sukzessiver, bei ungleicher Reizstärke näher als bei gleicher, bei geringer Stärke näher als bei hoher u. a. m. Endlich wechselt auch die scheinbare Entfernung und die Lage mit dem wechselnden Zustand des Bahnungsgebietes. Im allgemeinen lässt sich sagen, dass die Lokalisation durch den stärksten der gleichzeitigen Reize beherrscht wird und dass die schwächeren Reize an ihn herangezogen erscheinen. Derartige Anziehungen sind bereits von *Brückner* und namentlich von *Pearce* beobachtet worden. Zwei

gleichstarke Reize ziehen sich gegenseitig an und erscheinen in die Mitte der Strecke gerückt, durch die sie bei sukzessiver Darbietung getrennt sind.

Die physiologischen Vorgänge, die den beschriebenen Einwirkungen entsprechen, sind gegenwärtig noch unbekannt, doch lässt sich mit grosser Wahrscheinlichkeit sagen, dass sie in um so höheren Abschnitten des Zentralnervensystems vor sich gehen werden, je verwickelter und bedingter sie sind. Der regelmässigste, am wenigsten von den besonderen Versuchsbedingungen abhängige Vorgang ist die Bahnung. Die Analogie mit der von *Sherrington* beschriebenen gegenseitigen Bahnung gleichzeitiger Hautreize in bezug auf den Kratzreflex des Hundes liegt nahe. Die gegenseitige Verstärkung findet hier im Rückenmark statt. Die Bahnung im Gebiete des Drucksinnes dürfte dagegen dort zu suchen sein, wo die Leitungsbahnen ihre erste Umschaltung erfahren, vermutlich im verlängerten Mark. Dagegen müssen die Unterscheidung gleichzeitiger Reize bzw. ihre Verdrängung und vor allem ihre leicht umstimbare Lokalisation Funktionen höher gelegener Hirnteile sein.

(Die ausführliche Mitteilung der Versuche wird in der Zeitschrift für Biologie erscheinen.)

(Aus dem physiologischen Institut Würzburg.)

Hat umschriebene Pressung Einfluss auf das mechanische Verhalten des ganzen Muskels?

Von

Dr. med. **Tatsuichi Inouye** aus Tokio.

Durch Herrn Prof. *v. Frey* bin ich aufmerksam gemacht worden, auf eine interessante Mitteilung von *A. Tschermak* (*Pflüger's Archiv für die ges. Physiologie* 1902, Bd. 91, S. 217). „Über den Einfluss lokaler Belastung auf die Leistungsfähigkeit des Muskels“. In derselben teilt der Verfasser Beobachtungen mit, nach welchen durch umschriebene Pressung oder Zusammenschnürung eines Muskels die Leistungsfähigkeit auch der entfernten Abschnitte verändert wird. Dieses Ergebnis erscheint so unerwartet, dass es wünschenswert sein musste, den Vorgang näher zu verfolgen und womöglich weiter aufzuklären.

Bei der Wiederholung der Versuche *Tschermak's* habe ich mich seiner Methodik im wesentlichen angeschlossen und sie nur soweit abgeändert, als es mir für den Versuchszweck erforderlich schien. Statt des Doppelpräparates der Adduktoren verwendete ich einzelne, zuweilen auch doppelte Sartorien, die sich gegenüber den Abduktoren durch grössere Parallelfaserigkeit auszeichnen. Der stets kuraresierte Muskel lag, ähnlich wie bei *Tschermak*, horizontal auf einer Hartgummileiste von 7 mm Breite, die im Innern der feuchten Kammer einige Zentimeter über dem Boden derselben in geeigneter Weise befestigt war. Die Belastung des Muskels geschah nicht durch Bandschleifen, sondern durch Bügel, die teils aus Metall, teils aus Hartgummi gefertigt waren.

Die Metallbügel waren aus Aluminiumdraht gebogen in der durch Fig. 1 dargestellten Form. Der horizontale Abschnitt des Stücks war flach gehämmert und zu einer Breite von genau 1 mm abgefeilt. Durch die Ösen des Bügels war ein Faden gezogen, der durch den Schlitz der feuchten Kammer zu dem Schreibhebel hinabließ. Die zweite Form der Bügel stellte ich mir aus Plättchen von Hartgummi (Dicke 1 mm) oder aus dünnen Aluminiumblechen (Dicke 0,25–0,3 mm) her. Die rechteckigen Plättchen bzw. Bleche waren 12 mm lang und 4–10 mm breit. Von den durchbohrten Enden eines solchen Plättchens gingen Fäden hinunter zu einem Querstück aus Aluminiumdraht, an welchem dann der Verbindungsfaden zum Schreibhebel befestigt war (vgl. Fig. 2).

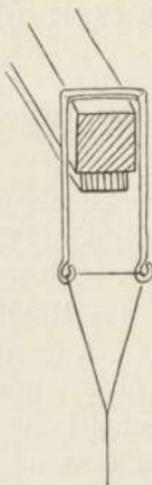


Fig. 1.

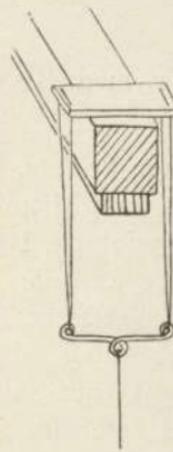


Fig. 2.

Die Hebel waren äusserst leicht aus Bambus und Papier gefertigt, 11 cm lang, mit Drehungsmomenten von 0,5 bzw. 0,4 gcm und Trägheitsmomenten von rund 8 gcm². Der Angriffspunkt des Muskels war 1 cm von der Achse. Der von dem Bügel bedeckte Abschnitt des Muskels stand unter einer Belastung von 0,5–0,65 g. Nimmt man die Breite des Sartorius im Mittel zu 5 mm an, so wirkt diese Kraft für jeden mm Bügelbreite auf eine Fläche von 5 qmm, und der durch Hebel und Bügel ausgeübte Druck ist 0,1 g/qmm. Auf der einen Seite des Muskels blieb dieser Druck konstant, auf der anderen wurde er durch Zusatzgewichte verändert. Nähere Angaben hierüber weiter unten. Der Angriffspunkt der Zusatzgewichte lag 0,38 cm von der Hebelachse. Den Abstand der beiden Bügel,

von Mitte zu Mitte gerechnet, habe ich fast stets gleich 20 mm gewählt und eine Verschiebung der Bügel durch die ersten Zuckungen dadurch möglichst vermieden, dass ich dem horizontal ausgestreckten Muskel von vorneherein eine geringe Spannung von 1–2 g erteilte. In der hierdurch gegebenen Länge wurde der Muskel für die Dauer des Versuchs festgehalten. Auf diese Weise wurde erreicht, dass der Bügel, der bei jeder Zusammenziehung des Muskels ein wenig (höchstens 1 mm) in der Längsrichtung der Fasern verschoben wurde bei der Erschlaffung des Muskels wieder in seine Ausgangslage zurückkehrte. Der Abstand des Bügels von dem Schreibhebel war so gross, dass eine horizontale Verschiebung von 1 mm eine Änderung der Kurvenhöhe von 0,025 mm hervorrief, für die Ausmessung also nicht in Betracht kam.

Die Reizung geschah in Pausen von 20–40 Sekunden und wie bei *Tschermak* durch Schliessungsschläge, die entweder nur einem Ende des Muskels (in der Regel dem distalen) zugeleitet wurden, oder die ganze Länge des Muskels durchsetzten. Ich komme auf diese Abänderungen bei der Beschreibung der Versuche noch zurück.

Zur Ausmessung der Kurve habe ich mich eines Millimeternetzes bedient, das mit dem Diamant in eine Spiegelglasplatte eingeritzt war. Die Striche waren so zart, dass sie nur bei starker seitlicher Beleuchtung deutlich hervortraten, wobei sie sich aber von dem dunklen Grund der Kurve sehr gut abhoben. Die Ablesung geschah unter der Lupe, die Zehntel-Millimeter wurden geschätzt.

Versuchsergebnisse.

I. Versuche, in denen die Verdickungskurven mit steigender Last an Höhe abnehmen.

A. Versuche mit springender Belastungsänderung.

Unter springender Belastungsänderung verstehe ich eine solche, bei welcher der eine Bügel abwechselnd mit dem minimalen und dann mit einem grösseren Gewichte belastet wird. Meist wurden die Versuche in der Weise angestellt, dass immer auf 2 (oder auch 3) Zuckungen mit minimaler Last 2 (3) mit grösserer Last folgten, worauf dann wieder die minimale Last geprüft wurde usw.

Als Beispiele gebe ich zunächst eine Zuckungsreihe (Reihe 2) aus dem Versuche 19. 6. 09 ausführlich wieder. Dieser Versuch wurde ausgeführt an dem kuraresierten Sartorius eines Wasserfrosches.

Auf dem horizontal gelagerten Muskel waren die beiden Bügel von 1 mm Breite in 20 mm Abstand aufgesetzt. Der proximale Bügel belastete den Muskel konstant mit 0,9 g, der distale wechselnd mit 0,7 und 2,6 g. Die folgende Tabelle gibt im ersten Stabe die Ordnungszahl der Zuckungen, im zweiten die Belastung des distalen Muskelabschnittes, im dritten die Grösse der Verdickung an dieser Stelle in 11 facher Vergrösserung. Der vierte Stab gibt die konstante Belastung durch den proximalen Bügel und der letzte Stab die Grösse der Verdickung unter diesem Bügel, ebenfalls in 11 facher Vergrösserung.

Tabelle 1.

| Reiz Nr. | Distale | | Proximale | | Reiz Nr. | Distale | | Proximale | |
|-----------------|---------|-----------------|-----------|-----------------|-----------------|---------|-----------------|-----------|-----------------|
| | Last | Ver- dickung | Last | Ver- dickung | | Last | Ver- dickung | Last | Ver- dickung |
| 1 ^a | 0,7 | 4,6 | 0,9 | 4,0 | 15 ^a | 0,7 | 4,8 | 0,9 | 4,0 |
| 1 ^b | " | 4,7 | " | 4,0 | 15 ^b | " | 4,6 | " | 3,9 |
| 2 ^a | 2,6 | 2,4 | " | 4,0 | 16 ^a | 2,6 | 2,5 | " | 4,0 |
| 2 ^b | " | 2,5 | " | 3,9 | 16 ^b | " | 2,6 | " | 3,9 |
| 3 ^a | 0,7 | 4,6 | " | 4,0 | 17 ^a | 0,7 | 4,7 | " | 4,1 |
| 3 ^b | " | 4,7 | " | 4,2 | 17 ^b | " | 4,6 | " | 4,1 |
| 4 ^a | 2,6 | 2,4 | " | 4,0 | 18 ^a | 2,6 | 2,5 | " | 4,1 |
| 4 ^b | " | 2,6 | " | 4,2 | 18 ^b | " | 2,3 | " | 3,9 |
| 5 ^a | 0,7 | 4,7 | " | 4,2 | 19 ^a | 0,7 | 4,6 | " | 4,2 |
| 5 ^b | " | 4,7 | " | 4,3 | 19 ^b | " | 4,5 | " | 4,1 |
| 6 ^a | 2,6 | 2,6 | " | 4,1 | 20 ^a | 2,6 | 2,5 | " | 4,1 |
| 6 ^b | " | 2,5 | " | 4,0 | 20 ^b | " | 2,6 | " | 4,1 |
| 7 ^a | 0,7 | 4,8 | " | 4,1 | 21 ^a | 0,7 | 4,6 | " | 4,1 |
| 7 ^b | " | 4,6 | " | 4,0 | 21 ^b | " | 4,4 | " | 4,0 |
| 8 ^a | 2,6 | 2,5 | " | 4,0 | 22 ^a | 2,6 | 2,5 | " | 4,2 |
| 8 ^b | " | 2,5 | " | 4,1 | 22 ^b | " | 2,5 | " | 4,0 |
| 9 ^a | 0,7 | 4,8 | " | 4,2 | 23 ^a | 0,7 | 4,6 | " | 4,2 |
| 9 ^b | " | 4,5 | " | 4,1 | 23 ^b | " | 4,0 | " | 3,9 |
| 10 ^a | 2,6 | 2,6 | " | 4,3 | 24 ^a | 2,6 | 2,2 | " | 4,1 |
| 10 ^b | " | 2,5 | " | 4,1 | 24 ^b | " | 2,3 | " | 4,0 |
| 11 ^a | 0,7 | 4,3 | " | 4,2 | 25 ^a | 0,7 | 4,3 | " | 4,0 |
| 11 ^b | " | 4,4 | " | 4,1 | 25 ^b | " | 4,0 | " | 3,9 |
| 12 ^a | 2,6 | 2,6 | " | 4,2 | 26 ^a | 2,6 | 2,5 | " | 4,2 |
| 12 ^b | " | 2,7 | " | 4,1 | 26 ^b | " | 2,3 | " | 3,9 |
| 13 ^a | 0,7 | 4,8 | " | 4,3 | 27 ^a | 0,7 | 4,2 | " | 4,0 |
| 13 ^b | " | 4,5 | " | 4,2 | 27 ^b | " | 3,8 | " | 3,9 |
| 14 ^a | 2,6 | 2,6 | " | 4,2 | Mittelwert: | 0,7 | 4,5 | " | 4,1 |
| 14 ^b | " | 2,5 | " | 4,0 | | 2,6 | 2,5 | " | 4,1 |

Unter dem distalen Bügel ist der Mittelwert der Verdickungen mit kleiner Last 4,5 mm, der Mittelwert für die grosse Last 2,5 mm.

Unter dem proximalen Bügel sind die Verdickungen nahezu konstant, weder Treppe noch Ermüdung treten deutlich hervor. Der Mittelwert aller Verdickungen bei schwacher Belastung des entfernten Bügels beträgt 4,1 mm und ebenso gross ist der Mittelwert für alle Verdickungen mit starker Belastung des entfernten Bügels. Daraus folgt: Die Belastungsänderung an dem entfernten Muskelquerschnitte hat keinen Einfluss auf die Grösse der Verdickung an dem beobachteten Querschnitte.

Von den übrigen gleichartigen Versuchen teile ich in Tabelle 2 nur die Mittelwerte aus den einzelnen Versuchsreihen mit. Die Verdickungen des konstant belasteten Muskelabschnittes (und die zugehörigen Belastungen) sind fett gedruckt.

Tabelle 2.

| Datum | Reihe | Last | | Verdickung | | Zahl der Zuckungen |
|--------------|-------|-------|-------|------------|-------|--------------------|
| | | dist. | prox. | dist. | prox. | |
| 19. 6. 1909 | 1 | 1,0 | 2,4 | 4,1 | 2,88 | 34 |
| | | | 0,5 | 4,1 | 4,52 | |
| | 2 | 0,7 | 0,9 | 4,5 | 4,1 | 54 |
| | | 2,6 | | 2,5 | 4,1 | |
| 3 | 1,0 | 4,5 | 3,26 | 2,42 | 15 | |
| | | 0,5 | 3,26 | 4,66 | | |
| 4 | 1,0 | 8,3 | 3,32 | 2,12 | 7 | |
| | | 0,5 | 3,25 | 4,62 | | |
| 25. 10. 1909 | 1 | 1,0 | 0,9 | 3,75 | 5,4 | 18 |
| | | 2,9 | | 2,6 | 5,34 | |
| | 2 | 1,0 | 0,9 | 2,7 | 4,23 | 18 |
| | | 4,8 | | 1,4 | 4,22 | |
| | 3 | 1,0 | 0,9 | 1,97 | 3,68 | 18 |
| | | 8,6 | | 0,56 | 3,65 | |
| 27. 10. 1909 | 1 | 2,9 | 0,9 | 2,47 | 4,77 | 18 |
| | | 1,0 | | 3,6 | 4,84 | |
| | 2 | 4,8 | 0,9 | 1,8 | 4,38 | 18 |
| | | 1,0 | | 3,09 | 4,44 | |
| | 3 | 8,6 | 0,9 | 1,35 | 4,39 | 18 |
| | | 1,0 | | 2,92 | 4,42 | |
| | 4 | 20,0 | 0,9 | 0,62 | 4,29 | 18 |
| | | 1,0 | | 2,62 | 4,21 | |
| | 5 | 8,6 | 0,9 | 1,27 | 3,94 | 18 |
| | | 1,0 | | 2,5 | 3,98 | |

| Datum | Reihe | Last | | Verdickung | | Zahl der Zuckungen |
|--------------|-------|-------|-------|------------|-------|--------------------|
| | | dist. | prox. | dist. | prox. | |
| 28. 10. 1909 | 1 | 2,9 | 0,9 | 2,13 | 3,96 | 18 |
| | | 1,0 | | 3,22 | 3,98 | |
| | 2 | 4,8 | 0,9 | 1,67 | 3,97 | 18 |
| | | 1,0 | | 3,15 | 4,01 | |
| | 3 | 8,6 | 0,9 | 1,0 | 4,01 | 18 |
| | | 1,0 | | 3,07 | 4,02 | |
| 2. 11. 1909 | 1 | 2,9 | 0,9 | 2,15 | 4,56 | 18 |
| | | 1,0 | | 3,45 | 4,65 | |
| | 2 | 4,8 | 0,9 | 1,51 | 3,43 | 18 |
| | | 1,0 | | 2,84 | 3,40 | |
| | 3 | 8,6 | 0,9 | 0,87 | 2,79 | 18 |
| | | 1,0 | | 2,4 | 2,82 | |
| | 4 | 20,0 | 0,9 | 0,45 | 2,76 | 18 |
| | | 1,0 | | 2,24 | 2,75 | |

Auch diese Zusammenstellung der Mittelwerte führt zu demselben Ergebnis wie die eine oben mitgeteilte Reihe. Die Unterschiede zwischen den Mittelwerten für kleine und grosse Belastung des entfernten Bügels bewegen sich, soweit sie überhaupt vorhanden sind, innerhalb der Fehlergrenzen der Messung. Lange Versuchsreihen geben im allgemeinen besser übereinstimmende Mittelwerte als kurze (vgl. Reihe 1 und 2 mit 4 aus dem Versuche 19. 6. 09). Günstig für Gleichheit der Mittelwerte ist ferner die konstante Leistungsfähigkeit des Muskels. Kommt innerhalb einer Versuchsreihe eine deutliche Zunahme der Zuckungshöhe (Treppe) oder eine Abnahme (Ermüdung) zur Beobachtung, so können die Mittelwerte um mehrere Hundertel eines Millimeters voneinander abweichen.

Ausnahmsweise habe ich die Versuchsanordnung dahin verändert, dass ich nicht beide Elektroden an demselben Muskelende (dem distalen) anlegte, sondern den Strom durch die ganze Muskellänge hindurchschickte. Diese Versuchsanordnung hat sich insofern als weniger günstig erwiesen, als bei den starken Belastungen des Bügels auch die Verdickungen unter dem anderen Bügel an Höhe abnahmen. Diese Abnahme erklärt sich aber leicht aus dem Umstande, dass durch den schmalen starkbelasteten Bügel der Muskel eingeschnürt und sein galvanischer Leitungswiderstand vergrössert wurde.

B. Versuche mit gleitender Belastungsänderung.

Unter gleitender Belastungsänderung verstehe ich eine solche, welche in einer Reihe von Zuckungen (gewöhnlich 6 Zuckungen) von der niedrigsten Last zur höchsten emporsteigt, um dann in gleicher Weise zu sinken. Auf der Seite des konstant belasteten Bügels blieben die Verdickungen merklich unverändert; es zeigten sich nur jene kleinen Schwankungen der Hubhöhe, die mir auch bei Kontrollversuchen ohne jede Belastungsänderung begegnet sind. Eine Abhängigkeit von der Deformation des entfernten Querschnittes ist nicht zu beobachten.

Als Beispiele teile ich in der folgenden Tabelle 3 eine Zuckungsreihe vom frischen Muskel (1. Reihe aus dem Versuche 23. 6. 1909), eine zweite vom ermüdenden Muskel (4. Reihe aus dem Versuche 28. 6. 1909) und eine dritte von einem Muskel mit, an dem keine Belastungsänderungen vorgenommen wurden (3. Reihe aus dem Versuche 5. 10. 1909).

Tabelle 3.

| Datum | Reiz Nr. | Distale | | Proximale | |
|-------------|-------------|---------|------------|-----------|------------|
| | | Last | Verdickung | Last | Verdickung |
| 23. 6. 1909 | 1 | 2 | 4,4 | 2 | 4,3 |
| | 2 | " | 4,5 | 4 | 3,7 |
| | 3 | " | 4,4 | 7 | 3,5 |
| | 4 | " | 4,3 | 12 | 2,9 |
| | 5 | " | 4,5 | 22 | 2,3 |
| | 6 | " | 4,5 | 52 | 1,5 |
| | 7 | " | 4,5 | 22 | 2,3 |
| | 8 | " | 4,4 | 12 | 3,0 |
| | 9 | " | 4,3 | 7 | 3,5 |
| | 10 | " | 4,4 | 4 | 4,0 |
| | 11 | " | 4,4 | 2 | 4,4 |
| 28. 6. 1909 | 1 | 1 | 7,4 | 1 | 4,6 |
| | 2 | " | 7,3 | 2 | 4,1 |
| | 3 | " | 7,0 | 3 | 3,3 |
| | 4 | " | 6,9 | 5 | 2,7 |
| | 5 | " | 7,0 | 9 | 1,8 |
| | 6 | " | 6,8 | 20 | 0,8 |
| | 7 | " | 6,8 | 9 | 1,7 |
| | 8 | " | 7,0 | 5 | 2,5 |
| | 9 | " | 7,0 | 3 | 3,1 |
| | 10 | " | 6,9 | 2 | 3,8 |
| | 11 | " | 6,9 | 1 | 4,3 |

| Datum | Reiz Nr. | Distale | | Proximale | |
|-------------|-------------|---------|------------|-----------|------------|
| | | Last | Verdickung | Last | Verdickung |
| 5. 10. 1909 | 1 | 1 | 3,2 | 1 | 4,7 |
| | 2 | „ | 3,2 | „ | 4,7 |
| | 3 | „ | 3,1 | „ | 4,5 |
| | 4 | „ | 3,0 | „ | 4,5 |
| | 5 | „ | 3,2 | „ | 4,5 |
| | 6 | „ | 3,4 | „ | 4,5 |
| | 7 | „ | 3,1 | „ | 4,5 |
| | 8 | „ | 3,1 | „ | 4,5 |
| | 9 | „ | 3,2 | „ | 4,5 |
| | 10 | „ | 3,0 | „ | 4,5 |
| | 11 | „ | 3,1 | „ | 4,5 |

Im ganzen ist das vorliegende Verfahren nicht so günstig wie das mit springender Belastungsänderung, weil der Muskel zum Schluss einer längeren Versuchsreihe in der Regel nicht wieder in seinen Anfangszustand zurückkehrt. Trotzdem führen auch diese Versuche zum gleichen Schlusse: Die wechselnde Belastung eines entfernten Querschnittes hat keine Wirkung auf die Verdickung des konstant belasteten Querschnittes.

II. Versuche, in denen die Verdickungskurven mit steigender Last an Höhe zunehmen.

Um diesen Erfolg zu erreichen, darf die Belastung des schreibenden Muskelquerschnittes sich nur innerhalb sehr enger Grenzen bewegen. Solange ich nur den Bügel von 1 mm Breite verwendete, wollte es überhaupt nicht gelingen, ein Zusatzgewicht zu finden, auf welches der Muskel mit höherer Zuckung reagierte als auf den Bügel allein. Erst als ich an Stelle des schmalen Bügels einen solchen von 10 mm Breite verwendete, erhielt ich an einigen Muskeln und unter Beschränkung auf kleine Zusatzgewichte mit denselben wachsende Zuckungshöhen. Es hat sich bei diesen Versuchen ferner als zweckmässig herausgestellt, das Anfangsgewicht (d. h. das Gewicht des Bügels

$$+ \frac{\text{Drehungsmoment des horizontal gestellten Hebels}}{\text{Hebelarm des Muskels}}$$

möglichst zu vermindern, was ich dadurch erreicht habe, dass ich den Hebel durch ein sehr nahe der Achse (0,38 cm Abstand) wirkendes Gegengewicht nahezu äquilibrierte. Auf dem konstant (und sehr gering) belasteten proximalen Muskelquerschnitte ruhte ein Bügel von

5 mm Breite. Im übrigen war die Versuchsanordnung dieselbe wie die früher geschilderte, d. h. der küraresierte Muskel war wieder horizontal gelagert, die beiden Elektroden in 1 mm Abstand 5 mm von dem distalen Muskelende entfernt und die beiden Bügel von 10 bzw. 5 mm Breite waren so über den Muskel gebrückt, dass zwischen ihnen ein unbelastetes Muskelstück von 12,5 mm Länge frei blieb. Um die Ergebnisse noch deutlicher zu machen, habe ich in diesen Versuchen die beiden Sartorien des Frosches in gleicher Anordnung übereinander gelegt. Die Zuckungshöhen werden dadurch erheblich grösser.

In der folgenden Tabelle 4 stelle ich wieder die Mittelwerte aus den Zuckungsreihen der beiden Versuche zusammen, die in der beschriebenen Weise ausgeführt wurden. Die Reihen bestanden in der Regel aus 9 Gruppen zu je 2 (oder auch 3) Zuckungen. Innerhalb einer solchen Gruppe wurde die Last nicht geändert, während stets 2 Gruppen von niederer Belastung eine solche von höherer Belastung einschlossen und umgekehrt. Begann die Reihe mit einer Gruppe von kleiner Belastung, so endete sie mit einer solchen, während andererseits die Reihen, die mit einer Gruppe grosser Last

Tabelle 4.

| Datum | Reihe | Distale | | Proximale Ver- dickung (Last=0,14 g) | Zuckungs- zahl | |
|--------------|-------|----------|------------|-----------------------------------------------|-------------------|----|
| | | Last | Verdickung | | | |
| 22. 11. 1910 | 1 | 0,45 | 3,82 | 4,80 | 14 | |
| | | 0,83 | 3,52 | 4,70 | | |
| | 2 | 0,45 | 4,06 | 5,30 | 21 | |
| | | 0,83 | 4,12 | 5,33 | | |
| | 3 | 0,45 | 4,87 | 5,96 | 34 | |
| | | 0,83 | 5,27 | 5,93 | | |
| | 4 | 0,45 | 3,48 | 3,89 | 18 | |
| | | 0,83 | 3,7 | 3,89 | | |
| | 5 | 0,45 | 4,06 | 4,27 | 18 | |
| | | 1,02 | 4,15 | 4,19 | | |
| | 6 | proximal | 0,45 | 4,38 | 3,88 | 18 |
| | | distal | 0,83 | 4,68 | 3,92 | |
| | 7 | 0,45 | 4,74 | 4,10 | 18 | |
| | | 1,02 | 4,65 | 4,16 | | |

| Datum | Reihe | Distale | | Proximale Ver- dickung (Last=0,15 g) | Zuckungs- zahl |
|--------------|-------|---------|------------|-----------------------------------------------|-------------------|
| | | Last | Verdickung | | |
| 24. 11. 1910 | 1 | 0,45 | 5,86 | 8,50 | 18 |
| | | 0,83 | 6,07 | 8,48 | |
| | 2 | 0,45 | 6,34 | 9,43 | 18 |
| | | 1,02 | 6,66 | 9,35 | |
| | 3 | 0,45 | 7,20 | 9,34 | 18 |
| | | 0,83 | 7,27 | 9,30 | |
| | 4 | 0,64 | 4,78 | 9,18 | 18 |
| | | 0,45 | 4,17 | 9,26 | |
| | 5 | 0,45 | 4,73 | 9,01 | 18 |
| | | 0,64 | 4,86 | 9,01 | |
| | 6 | 0,83 | 4,57 | 7,82 | 10 |
| | | 0,45 | 4,07 | 7,92 | |
| | 7 | 0,83 | 4,51 | 7,06 | 18 |
| | | 0,45 | 4,21 | 7,10 | |
| | 8 | 0,45 | 3,80 | 6,53 | 18 |
| | | 0,64 | 4,00 | 6,45 | |

begannen, auch mit einer solchen schlossen. Die Zuckungshöhen einer solchen Gruppe wurden zunächst zu einem ersten Mittelwerte und dann die Mittelwerte aller Gruppen von gleicher Belastung zu einem Mittelwerte zweiter Ordnung zusammengefasst. Diese letzteren Mittelwerte finden sich im dritten und vierten Stabe der Tabelle 4.

Überblickt man diese Mittelwerte der 15 Zuckungsreihen in den beiden Versuchen, so zeigen sich auf der Seite des wechselnd belasteten Querschnittes zwischen grosser und kleiner Belastung zum Teil recht erhebliche Unterschiede zugunsten der grösseren Last, die z. B. in Reihe 4 des Versuchs vom 24. 11. 10 bis zu 0,6 mm betragen. Auf der konstant belasteten Seite betragen die Unterschiede meist nur einige Hundertel eines Millimeters und nur in 2 Fällen (Reihe 1 des ersten und Reihe 6 des zweiten Versuchs) wird der Wert von 0,1 mm erreicht. Neben Werten mit einem Unterschiede zugunsten der Zuckungen mit kleiner Belastung des entfernten Querschnittes finden sich auch Unterschiede zugunsten der Zuckungen bei grosser Belastung des entfernten Querschnittes (Reihe 6 und 7 des ersten und Reihe 5 des zweiten Versuchs). Wie sich von vornherein erwarten lässt und bei einer genauen Durchsicht

der einzelnen originalen Zuckungsreihen auch sofort bestätigt werden kann, wird das erste Ergebnis durch Ermüdungserscheinungen, das zweite durch Auftreten der Treppe begünstigt, wenn die Reihe (wie das zumeist, aber nicht immer geschah) mit der kleinen Belastung des entfernten Querschnittes einsetzte.

Im ganzen lassen die Versuche dieses Abschnittes ohne Zweifel erkennen, dass der Belastungswechsel an einem entfernten Querschnitte die mittleren Verdickungsgrößen unter dem konstant belasteten Bügel im allgemeinen nicht beeinflusst. Die beobachteten Unterschiede bewegen sich innerhalb der Fehlergrenzen der Messung, und schwanken um den Wert Null. Ich halte mich daher zu dem Schlusse berechtigt, dass eine Zusammenpressung eines Muskelquerschnittes, so lange sie nicht zu einer Schädigung führt, entfernte Querschnitte desselben Muskels in ihrer mechanischen Leistung nicht beeinflusst. Man kann das Ergebnis auch ausdrücken durch den Satz: Partielle Deformation einer Muskelfaser verändert die Arbeit der tätigen Faser nur in dem von der Deformation betroffenen Abschnitt.

Wenn *A. Tschermak* in seinen Versuchen teilweise zu anderem Ergebnisse gekommen ist, so möchte ich dies hauptsächlich auf den Umstand beziehen, dass die von ihm gebrauchte Muskelgruppe (*Adductor magnus et longus*) für die Beantwortung der Frage weniger günstig ist, als der dünne, gleichmässig gebaute *Sartorius*. Vor allem scheint es mir bei Verwendung dicker Muskeln, breiter Bügel und grosser Lasten sehr wohl möglich, dass die Deformation des Muskels sich über die unmittelbar getroffenen Querschnitte so weit hinauserstreckt, dass sie bis in die Gegend des zweiten Bügels reicht. Dass aber unter solchen Umständen eine einseitige Belastungsänderung die Verdickungskurven an beiden Orten beeinflussen wird, kann nicht wundernehmen.

(Aus dem physiologischen Institut Würzburg.)

Wachsen der Hubhöhe bei steigender Last ist eine Eigenschaft der Muskelelemente und nicht ihrer anatomischen Anordnung.

Von

Dr. med. **Tatsuichi Inouye.**

Bei Gelegenheit der Versuche, die in der vorstehenden Abhandlung geschildert sind, fiel es mir auf, dass die mit dem Bügel von 1 mm Breite geschriebenen Dickenzuckungen des Sartorius bei steigender Last stets abnahmen und niemals eine Tendenz zum Wachsen erkennen liessen, wie bei Längenschreibung mit anderen Muskelpräparaten, wenigstens für kleine Lasten, von verschiedenen Beobachtern berichtet worden ist¹⁾. Die einschlägigen Versuche von *Heidenhain*, *Marey*, *v. Frey* und *Santesson* sind alle an gefiederten Muskeln (*Gastrocnemius* oder *Triceps*) ausgeführt worden und nur *Fick* hat den Schliessmuskel von Muscheln gebraucht, der zwar im allgemeinen als parallelfaserig betrachtet werden darf, dessen feinere Struktur jedoch noch nicht so bekannt ist, dass sie mit der des Sartorius ohne weiteres in Parallele gestellt werden könnte. Es war daher der Gedanke von vorneherein nicht abzuweisen, dass die gefiederte Struktur mit der fraglichen Erscheinung in Zusammenhang stände, bezw. sie besonders deutlich hervortreten liesse.

¹⁾ *Fick*, Beiträge z. vgl. Physiologie. Braunschweig 1863, S. 52.

Heidenhain, Mechan. Arbeit usw. Leipzig 1864, S. 113.

Marey, Du Mouvement, 1868, p. 361.

v. Frey, Arch. f. Physiol. 1887, 195.

Santesson, Skand. Arch. f. Physiol. 1889 I, S. 3, und 1892 III, S. 196.

Ich habe eine Anzahl Versuche angestellt, um diese Vermutung zu prüfen und bin dazu in zweierlei Weise verfahren. Die Bedeutung des gefiederten Baues könnte einmal darin gesucht werden, dass bei den schwächsten Lasten nur ein Teil der Fasern in Anspruch genommen wird, wobei der Erfolg natürlich geringer sein muss. Er könnte zweitens auch darin liegen, dass der Winkel, unter dem die Fasern des gefiederten Muskels gegeneinander geneigt sind, mit steigender Last immer spitzer wird und damit die wirksame Komponente der Muskelkraft immer grösser.

Zur Prüfung der ersten Möglichkeit habe ich Sartorien mit ihrer breiten Beckensehne in einer kleinen nach Art einer Flachzange gebauten Klemme gefasst und diese Klemme zwischen den einzelnen Versuchsreihen entlang einem Kreisbogen gedreht. Da die Fasern des Sartorius an seinem Beckenende merklich alle in derselben, einem Muskelquerschnitte parallelen Ebene endigen, war es mit der erwähnten Einrichtung möglich, diese Ebene in einen beliebigen Winkel zur Horizontalen einzustellen und damit eine gleichmässige oder auch ungleichmässige Spannung der einzelnen Fasern herbeizuführen.

Die ziemlich zahlreichen Versuche, die ich nach diesem Verfahren angestellt habe, haben gar keinen Einfluss in bezug auf die in Rede stehende Erscheinung erkennen lassen. Sie zeigten dagegen, dass es eine bestimmte günstige Einstellung des obersten Muskelquerschnittes gibt, bei welcher für jede Belastung die grössten Zuckungen zu erhalten sind. Diese Einstellung lässt sich folgendermassen beschreiben: Man denke sich einen linken Sartorius vertikal mit der ventralen Seite gegen den Beschauer aufgehängt und die die obere Sehne fassende Klemme um 30° derart gedreht, dass der laterale Rand höher steht als der mediale. Dreht man den Muskel in entgegengesetzter Richtung, so erhält man in der Regel eine Verminderung sämtlicher bei verschiedenen Belastungen verzeichneten Hubhöhen. Ich werde Beispiele hierfür weiter unten mitteilen. Zur Erklärung dieser Beobachtung scheint mir die Annahme am wahrscheinlichsten, dass die oben als günstigste bezeichnete Einstellung der natürlichen Anheftungsweise des Muskels am meisten entspricht.

Die zweite oben erwähnte Möglichkeit habe ich in der Weise geprüft, dass ich mir ein Präparat bestehend aus den beiden durch die Symphyse verbundenen Sartorien eines Frosches herstellte. Das Präparat wurde so orientiert, dass die beiden Tibien an einem Querbalken des Stativs in veränderlichem Abstand von einander befestigt waren, während die Symphyse nach unten hing und zur

Verbindung des Muskels mit dem Schreibhebel bzw. der Last diene. In dieser V-förmigen Anordnung des Muskelpaares wurden dann verschiedene Lasten in ihrer Wirkung auf die Hubhöhe geprüft.

Die Versuche dieser Gruppe ergaben genau wie die der ersten Gruppe keinen Einfluss des Winkels, unter dem die beiden Muskeln des Doppelpräparates in der Symphyse aufeinander trafen, so weit es sich um Anwachsen der Hubhöhe mit steigender Last handelt. Dagegen zeigte es sich hier wie in den Versuchen der ersten Gruppe, dass es eine günstigste etwa dem Winkel von 60° entsprechende Richtung gibt, bei welcher alle Zuckungshöhen grösser ausfallen als bei kleineren Winkeln. Man darf die Erklärung dieser Erscheinung wohl wieder darin suchen, dass bei diesem Winkelgrade die Beanspruchung der Fasern den natürlichen Verhältnissen am nächsten kommt.

Ich erwähne, dass sich auch für andere Muskeln (Adduktoren, Gastrocnemius) eine gewisse Neigung der Ansatzflächen gegeneinander (wie oben bei 60°) ermitteln lässt, bei welcher die Muskeln die grössten Hubhöhen ergeben.

Nachdem sich also die beiden in Betracht kommenden Möglichkeiten für das Auftreten der fraglichen Erscheinung nicht als massgebend herausgestellt hatten, blieb nur die Annahme übrig, dass es eine den Muskelementen selbst, unabhängig von ihrer Anordnung, zukommende Eigenschaft ist, innerhalb gewisser Grenzen auf gesteigerte Belastung mit wachsenden Zuckungshöhen zu antworten. Wenn diese Erscheinung beim Sartorius nicht oder doch schwerer als bei den gefiederten Muskeln zu beobachten war, so konnte dies wohl nur in dem viel kleineren Querschnitt und der entsprechend geringeren Kraft dieses Muskels begründet sein.

Da nach *v. Frey* (a. a. O. S. 196) ein Gastrocnemius bei 10,5 g Belastung höher zuckt als bei 0,5 g, so war zu vermuten, dass Gewichte, die in demselben Verhältnis kleiner sind, wie der physiologische Querschnitt des Sartorius im Vergleich zu dem des Gastrocnemius, auch an dem ersteren Muskel den erwarteten Erfolg herbeiführen würden.

Ich habe zuerst die Frage an Längenzuckungen des Sartorius (Reizung durch maximale Schliessungsschläge) geprüft. Da der physiologische Querschnitt des Sartorius zu dem des Gastrocnemius sich nach *v. Frey*¹⁾ wie 1 zu 10,5 verhält, so habe ich die oben für

1) *v. Frey*, Sitzungsberichte d. physik.-med. Gesellschaft zu Würzburg. 1905.

den Gastrocnemius mitgeteilten Gewichte im gleichen Verhältnisse verkleinert. Die Versuche wurden so angestellt, dass immer eine Zuckung (oder auch zwei Zuckungen) mit minimaler Last (0,2 g) und eine (oder auch zwei) mit grösserer Last miteinander wechselten und letztere wieder in Stufen von 0,1 oder 0,2 g bis 0,8 oder 1 g emporstieg, um dann in gleicher Weise wieder herabzugehen. Nach der in der vorstehenden Abhandlung gebrauchten Bezeichnungsweise könnte man also von einer Vereinigung des springenden und gleitenden Verfahrens sprechen.

Die Versuche gaben den erwarteten Erfolg, insofern als bei den meisten Sartorien innerhalb der angegebenen Gewichtsgrenzen ein Wachsen der Hubhöhe mit steigender Last zu beobachten war. Das Maximum der Hubhöhe lag in den meisten Fällen bei 0,6 g. Ausnahmsweise kamen mir allerdings auch Muskeln vor, welche das fragliche Verhalten nicht aufwiesen. Worin das wechselnde Verhalten begründet ist, bin ich nicht imstande anzugeben. Mit dem Auftreten der Treppe oder der Ermüdung hat die Erscheinung nichts zu tun. Im allgemeinen sind es durchaus nicht die erste oder die ersten Versuchsreihen, in welchen die Erscheinung, sofern sie überhaupt vorhanden ist, am deutlichsten hervortritt, sondern vorwiegend die späteren Reihen eines Versuches. Besonders günstig ist für das Auftreten der Erscheinung ein vorübergehendes Versenken des Muskels in Ringerlösung. Oft genügt es, den Muskel $\frac{1}{4}$ Stunde lang in der Lösung zu belassen, um in der nachfolgenden Zuckungsreihe nicht nur durchweg höhere Zuckungen zu erhalten, sondern auch ein viel deutlicheres Ansteigen der Höhe mit wachsender Last. An solchen Muskeln war nicht selten die höchste Zuckung bei 1 g Belastung noch nicht erreicht, so dass die ganze Erscheinung sich innerhalb wesentlich erweiterter Gewichtsgrenze abspielte. Man wird zur Erklärung dieses merkwürdigen Einflusses der Ringerlösung in erster Linie an eine Auslaugung von Zersetzungsprodukten denken dürfen.

Als Beispiele führe ich in Tabelle 1 die 1. und 2., sowie die 9. und 10. Reihe aus dem Versuche vom 22.—23. 4. 1910 an, in welcher auch die Wirkung der Schrägstellung des oberen Muskelendes auf die Zuckungshöhe sehr deutlich hervortritt.

Die Bedeutung der in dieser Tabelle mitgeteilten Werte geht aus den Überschriften der Stäbe hervor. Die Hubhöhen sind durch den Hebel 10/7 fach vergrössert. Im letzten Stabe sind die Zuckungen gleicher Last zu einem Mittelwerte vereinigt. Zwischen der 8. und 9. Reihe hat der Muskel 17 Stunden lang in Ringerlösung von Zimmer-

Tabelle 1.

1. Reihe (Winkel = 0)

| Reiz Nr. | Last | Hubhöhe | | Mittelwert d. Hubhöhe |
|----------|------|--------------------|-------------------|-----------------------|
| | | ohne Zusatzgewicht | mit Zusatzgewicht | |
| 1 | 0,2 | 8,2 | | |
| 2 | 0,3 | | 8,5 | |
| 3 | 0,2 | 8,3 | | |
| 4 | 0,4 | | 8,9 | |
| 5 | 0,2 | 8,6 | | |
| 6 | 0,6 | | 9,3 | |
| 7 | 0,2 | 8,7 | | |
| 8 | 0,8 | | 9,3 | 9,3 |
| 9 | 0,2 | 8,8 | | |
| 10 | 0,6 | | 9,5 | 9,4 |
| 11 | 0,2 | 8,8 | | |
| 12 | 0,4 | | 9,4 | 9,15 |
| 13 | 0,2 | 8,9 | | |
| 14 | 0,3 | | 9,2 | 8,85 |
| 15 | 0,2 | 9,0 | | 8,66 |

9. Reihe (Winkel = 0)

| Reiz Nr. | Last | Hubhöhe | | Mittelwert d. Hubhöhe |
|----------|------|--------------------|-------------------|-----------------------|
| | | ohne Zusatzgewicht | mit Zusatzgewicht | |
| 1 | 0,2 | 9,9 | | |
| 2 | 0,3 | | 10,4 | |
| 3 | 0,2 | 10,2 | | |
| 4 | 0,4 | | 10,8 | |
| 5 | 0,2 | 10,6 | | |
| 6 | 0,6 | | 11,6 | |
| 7 | 0,2 | 10,9 | | |
| 8 | 0,8 | | 12,2 | 12,2 |
| 9 | 0,2 | 11,0 | | |
| 10 | 0,6 | | 12,1 | 11,85 |
| 11 | 0,2 | 11,1 | | |
| 12 | 0,4 | | 11,7 | 11,25 |
| 13 | 0,2 | 11,0 | | |
| 14 | 0,3 | | 11,3 | 10,85 |
| 15 | 0,2 | 11,2 | | 10,74 |

2. Reihe (Winkel = 30° nach lateral)

| Reiz Nr. | Last | Hubhöhe | | Mittelwert d. Hubhöhe |
|----------|------|--------------------|-------------------|-----------------------|
| | | ohne Zusatzgewicht | mit Zusatzgewicht | |
| 1 | 0,2 | 9,5 | | |
| 2 | 0,3 | | 9,8 | |
| 3 | 0,2 | 9,5 | | |
| 4 | 0,4 | | 9,9 | |
| 5 | 0,2 | 9,4 | | |
| 6 | 0,6 | | 10,2 | |
| 7 | 0,2 | 9,5 | | |
| 8 | 0,8 | | 10,1 | 10,1 |
| 9 | 0,2 | 9,6 | | |
| 10 | 0,6 | | 10,3 | 10,25 |
| 11 | 0,2 | 9,6 | | |
| 12 | 0,4 | | 10,0 | 9,95 |
| 13 | 0,2 | 9,5 | | |
| 14 | 0,3 | | 9,9 | 9,85 |
| 15 | 0,2 | 9,6 | | 9,53 |

10. Reihe (Winkel = 30° nach lateral)

| Reiz Nr. | Last | Hubhöhe | | Mittelwert d. Hubhöhe |
|----------|------|--------------------|-------------------|-----------------------|
| | | ohne Zusatzgewicht | mit Zusatzgewicht | |
| 1 | 0,2 | 11,8 | | |
| 2 | 0,3 | | 11,9 | |
| 3 | 0,2 | 11,7 | | |
| 4 | 0,4 | | 12,2 | |
| 5 | 0,2 | 11,7 | | |
| 6 | 0,6 | | 12,8 | |
| 7 | 0,2 | 11,8 | | |
| 8 | 0,8 | | 13,0 | 13,0 |
| 9 | 0,2 | 11,8 | | |
| 10 | 0,6 | | 12,9 | 12,85 |
| 11 | 0,2 | 11,9 | | |
| 12 | 0,4 | | 12,5 | 12,35 |
| 13 | 0,2 | 11,8 | | |
| 14 | 0,3 | | 12,0 | 11,95 |
| 15 | 0,2 | 11,8 | | 11,8 |

temperatur verweilt. In den beiden ersten Reihen ist das Maximum der Zuckung bei 0,6 g erreicht. In der 9. und 10. Reihe liegt das Maximum bei oder oberhalb 0,8 g. Die 2. und 10. Reihe lassen erkennen, dass die Schrägstellung des oberen Muskelelendes, wobei der laterale Rand höher steht wie der mediale, sämtliche Hubhöhen vergrößert.

Nach diesen Versuchen stand es für mich fest, dass bei Längenzuckungen des Sartorius, abgesehen von einer richtigen Belastung, es nur von der vorläufig nicht näher angebbaren chemischen Beschaffenheit des Muskels abhängt, ob die Hubhöhen bei steigender Last zunehmen oder nicht. Es musste daher auch bei Dickenbeschreibung des Sartorius gelingen, die betreffende Erscheinung nachzuweisen. Zu dem Ende verbreiterte ich den quer über den Muskel gebrückten Bügel von 1 mm auf 10 mm, äquilibrirte den zur Aufschreibung dienenden Hebel durch ein um die Achse geschlungenes Gewicht zum grossen Teil und gelangte so zu einem Druck auf die Muskeloberfläche, welcher sich im Minimum auf $\frac{0,4 \text{ g}}{50 \text{ qmm}} = 0,008 \frac{\text{g}}{\text{qmm}}$ berechnete.

Tabelle 2.

| Reiz Nr. | Last | Verdickung | | Mittelwert der Verdickung |
|-------------|------|-----------------------|----------------------|------------------------------|
| | | ohne Zusatzgewicht | mit Zusatzgewicht | |
| 1 | 0,41 | 3,2 | | |
| 2 | 0,52 | | 4,8 | |
| 3 | 0,41 | 3,7 | | |
| 4 | 0,56 | | 5,0 | |
| 5 | 0,41 | 3,7 | | |
| 6 | 0,60 | | 5,3 | |
| 7 | 0,41 | 3,8 | | |
| 8 | 0,64 | | 5,2 | |
| 9 | 0,41 | 3,8 | | |
| 10 | 0,68 | | 5,2 | |
| 11 | 0,41 | 3,4 | | |
| 12 | 0,71 | | 5,1 | |
| 13 | 0,41 | 3,3 | | |
| 14 | 0,75 | | 5,1 | 5,1 |
| 15 | 0,41 | 3,7 | | |
| 16 | 0,71 | | 5,2 | 5,15 |
| 17 | 0,41 | 3,8 | | |
| 18 | 0,68 | | 5,0 | 5,1 |
| 19 | 0,41 | 3,7 | | |
| 20 | 0,64 | | 5,1 | 5,15 |
| 21 | 0,41 | 3,6 | | |
| 22 | 0,60 | | 5,1 | 5,2 |
| 23 | 0,41 | 3,5 | | |
| 24 | 0,56 | | 4,9 | 4,95 |
| 25 | 0,41 | 3,5 | | |
| 26 | 0,52 | | 4,7 | 4,75 |
| 27 | 0,41 | 3,4 | | 3,6 |

Mit einer solchen Versuchsordnung gelingt es ohne Schwierigkeit bei Dickenschreibung vom Sartorius Zuckungen zu erhalten, welche mit steigender Last an Höhe zunehmen. Als Beispiel führe ich die 5. Reihe aus dem Versuche vom 3. 11. 1910 an, welche an dem curare-isierten Sartorius einer *Esculenta* ausgeführt worden ist und wie erwähnt eine Kombination des springenden und gleitenden Verfahren darstellt.

Die Tabelle gibt im 1. Stabe die Ordnungsnummer der Zuckungen, im 2. die im Bereich des Bügels auf den Muskel drückende Last, im 3. Stabe die Verdickungen in 11 facher Vergrößerung bei der minimalen, im 4. dieselben bei den höheren Belastungen. Endlich sind im 5. Stabe die Mittelwerte aus Zuckungen gleicher Belastung zusammengestellt. Bei der Zunahme der Last von 0,4 auf 0,6 g wachsen die Zuckungen von im Mittel 3,6 mm auf 5,2 mm oder um 44⁰/₁₀₀.

Nach dieser Erfahrung kann kein Zweifel sein, dass bei Dickenzuckungen ebenso wie bei Längenzuckungen der Muskel imstande ist auf Vermehrung der Last innerhalb gewisser Grenzen mit steigenden Zuckungshöhen zu antworten, eine Eigenschaft, die wohl der beim Herzen als Reservekraft beschriebenen Lebensäußerung nahesteht. Da nicht jeder Muskel und auch ein gegebener Muskel nicht zu jeder Zeit das fragliche Verhalten aufweist, so muss es abhängen von einem gewissen dem normalen voraussichtlich nahestehenden Zustande, der sich aber gegenwärtig noch nicht näher bezeichnen lässt.

A. Fick hat in einer seiner letzten Abhandlungen mitgeteilt, dass die Muskelmassen an der Innenseite des Oberschenkels (Frosch) bei ihrer Erregung eine Kraft von 1040 g entwickeln gegen einen ihre Verdickung verhindernden Widerstand, dagegen die Kraft von 765 g, wenn ihre Verkürzung verhindert wird. Dividiert man diese Kräfte durch die Flächen, auf die sie sich beziehen (360 bzw. 130 qmm), so erhält man als maximale Kraftentwicklung bei Verdickung 2,9 g/qmm und bei Verkürzung 5,9 g/qmm d. h. ungefähr das Doppelte im letzteren Falle. In meinem Falle wird ebenfalls die gleiche physiologische Äußerung (fördernde Wirkung der Belastung auf die Hubhöhe) bei Dickenschreibung verglichen mit der bei Längenschreibung; die Versuchsbedingungen sind aber insofern abweichend von den von *A. Fick* gewählten, als bei mir der Muskel bei Aufschreibung seiner Verdickung weder an der Verkürzung noch an der Verbreiterung gehindert war. Dadurch mussten sich die kritischen Druckwerte noch mehr zu ungunsten der Dickenschreibung verschieben, was durch die Versuche auch bestätigt worden ist.

Experimentelle Beiträge zur Wirkung subkonjunktivaler Kochsalzinjektionen.

Von

H. M. Stucken.

Mit 1 Tafel.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich zwar lediglich mit zwei Detailfragen aus der Lehre von der Wirkung der subkonjunktivalen Kochsalzeinspritzungen. Da aber die Theorie über die Wirkungsweise subkonjunktivaler Injektionen von jeher lebhafter Kontroverse unterworfen war, und man bis in die jüngste Zeit das Thema immer wieder von neuen Gesichtspunkten aus zu klären gesucht hat, so ist es nicht uninteressant und zum Verständnis dieser Arbeit wichtig, einleitend in Kürze über die Geschichte der subkonjunktivalen Injektionen zu berichten.

Als erstem gebührt *Rothmund* (12) das Verdienst, chemisch differente Stoffe unter die Bindehaut injiziert zu haben. Im Jahre 1866 berichtete er über 6 Fälle, in denen er mittels subkonjunktivaler Injektion von 4—12 %iger NaCl-Lösung alte Hornhauttrübungen von interstitieller Keratitis aufgehellt habe. Er spritzte mit gekrümmter *Woods'scher* Spritze in einer Entfernung von $1\frac{1}{2}$ —2'' vom Kornealrande ein und sah einen chemotischen Wall entstehen, der binnen 6 Stunden schwand und eine 5tägige Reizung hinterliess. Diese Injektionen, die er alle 3—4 Wochen wiederholte, führten nach 3—5 Malen eine derartige Aufhellung herbei, dass eine Iridektomie möglich war. Was den Mechanismus der Wirkung anbelangt, so bezog ihn *Rothmund* auf die starke Reizung, welche im subkonjunktivalen Gewebe durch das Kochsalz gesetzt wird, ohne aber nähere Ausführungen hierüber zu machen.

Die Kürze der Mitteilung — sie umfasste nur $1\frac{1}{2}$ Druckseiten — war vielleicht auch die Ursache, dass die neue Methode damals so wenig Wiederhall fand. Denn erst im Jahre 1889 begannen die Franzosen, ausgehend von der Ansicht *Waldeyer's* und anderer Anatomen, dass die subkonjunktivalen Lymphwege mit den grossen Lymphbahnen des Auges direkt kommunizierten, bei sympathischer Ophthalmie und schweren Hornhautgeschwüren subkonjunktivale Injektionen von Sublimat anzuwenden. *Darier*, der diese Methode bis heute noch energisch vertritt, hat seine Anschauungen (cf. 1 und 2) dahin zusammengefasst, dass die Wirkung des Sublimats im Subkonjunktivalraum durchaus die eines Desinfiziens sei. Er behauptet nämlich, das Sublimat könne sehr wohl in die Vorderkammer eindringen, denn Quecksilberalbuminat bilde sich nicht in einer Lösung von 1 : 1000, wofür er indessen keinerlei chemische Gründe anzuführen vermag. Tatsächlich ist demgegenüber durch mehrere Autoren (*Addario*, *Vogel*, *Wessely*) festgestellt worden, dass nur minimale Mengen ins Augeninnere dringen, und daher von einer Desinfektionswirkung nicht wohl gesprochen werden kann.

Vom praktischen Gesichtspunkte aus wurden die Sublimatinjektionen angegriffen durch *Mellinger* (6), der auf die Schmerzen bei der Injektion und auf die Konjunktivalnekrosen mit späteren Adhäsionen an der Einstichstelle hinwies. Um diese unangenehmen Nebenwirkungen zu umgehen, verwendete er schwächere Sublimatlösungen (1 : 4000), physiologische oder 2%ige Kochsalzlösungen und erzielte dabei ebenfalls gute Erfolge. Er verwarf deshalb die Desinfektionstheorie und suchte die therapeutische Wirkung der subkonjunktivalen Injektionen in anderen Ursachen, und zwar in Analogie zu der Querspaltung des *Ulcus serpens* nach *Sämisch*, in einer Anregung und Beschleunigung des Lymphstromes in der Vorderkammer. In einer weiteren Arbeit (7) war er bemüht, diese Ansicht experimentell zu begründen. Er injizierte in die Vorderkammer weisser Kaninchen Tuschelösung, defibriertes Blut und Malerzinner, wovon übrigens nur die Tusche sich als brauchbar erwies, da sie reaktionslos liegen blieb, während das Blut binnen 24 Stunden aus der Vorderkammer verschwand und der Zinner sich mit fibrinösem Exsudat einhüllte. Bei fortgesetzter Beobachtung fand er dann, dass die Tusche aus den mit subkonjunktivalen Injektionen von 2%iger NaCl-Lösung behandelten Augen regelmässig 3—4 Wochen früher verschwand, als aus den Kontrollaugen. Bei 4 und 10 %igen Lösungen waren die Unterschiede noch ausgesprochener. Bei Tuscheinjektionen

in den Glaskörper ergab der Fundus erst nach 21maliger subkonjunktivaler Injektion von 4 und 10%iger Lösung rotes Licht.

Durch diese Versuche wurde *Mellinger* in seiner Anschauung bestärkt, dass das Kochsalz im Subkonjunktivalraume lymphtreibend wirke, und er betrachtete es geradezu als ein Lymphagogen im Sinne *Heidenhain's*. Nun hat aber *Heidenhain* die Lösungen von Zucker, Salzen, Harnstoff etc. in die Gefäße selbst injiziert, während es sich beim Subkonjunktivalraum um ein interstitielles Gewebe handelt. Die Lymphe bei *Heidenhain* ist Gewebelymphe; im Auge, wenn überhaupt als Lymphe anzusprechen, jedenfalls Blutlymphe. Der osmotische Wasseraustritt — denn um nichts anderes handelt es sich bei der sogenannten lymphagogen Wirkung der in Rede stehenden hypertonen Lösungen — wird daher bei den subkonjunktivalen Injektionen in erster Linie aus den Gefäßen der Bindehaut und des episkleralen Gewebes erfolgen, das innere Auge wird sich daran in keinem wesentlichen Grade beteiligen. Aus allen diesen von *Wessely* (17, 16) ausgeführten und von ihm mit experimentellen Beweisen belegten Gründen ist die Erklärung der Wirkung der Kochsalzeinspritzungen als einer lymphtreibenden nicht aufrecht zu erhalten.

Die dritte Theorie wurde aufgestellt von *v. Sicherer* (13), der in der positiven Chemotaxis den Leukozyten gegenüber die therapeutische Bedeutung der subkonjunktival injizierten Flüssigkeiten erblickte. In seiner ausführlichen Arbeit aus dem *Buchner'schen* Institut, die viele interessante Details enthält, berichtet er über die mikroskopischen Befunde bei Kaninchen, denen er nach Erzeugung von Hornhautgeschwüren subkonjunktival Sublimat, Kochsalz und andere Lösungen injiziert hatte. 24 Stunden später ergab sich stets, dass bei den injizierten Augen die nekrotische Zone um das Infiltrat verkleinert und von Leukozyten durchsetzt war, während sich im Kontrollauge noch keine zelligen Elemente fanden.

Diese Theorie hat viel Bestechendes für sich, ist man doch seit *Metschnikoff* gewohnt, jede Leukozytose als etwas Günstiges anzusehen, und die Daten an sich sind auch bisher unwidersprochen geblieben. Aber mit Recht hat andererseits *Wessely* darauf hingewiesen, wie auffällig es ist, dass die Leukozyten nicht unter die Konjunktiva gelockt werden, was doch zu erwarten wäre, wenn es sich wirklich um eine Chemotaxis dabei handelte. Auch erklärt sich nach ihm, wie wir sehen werden, die vermehrte Leukozytenauswanderung in die Hornhaut zwanglos durch die erzeugte Hyperämie des Randschlingennetzes.

Die erste Mitteilung über seine Versuche, durch die neue Gesichtspunkte in die Frage der Wirkung der subkonjunktivalen Injektionen hineingebracht wurden, machte *Wessely* auf der Naturforscherversammlung im Jahre 1902 (cf. 16). Er hatte gefunden, dass die subkonjunktivalen Injektionen je nach der Reizwirkung der gewählten gelösten Substanzen und der osmotischen Konzentration der angewandten Lösungen eine Hyperämie der absondernden Gefässe des inneren Auges und damit eine Umstimmung des intraokularen Flüssigkeitswechsels zur Folge haben, die sich darin äussert, dass die Bestandteile des Blutserums, die Eiweisskörper und mit ihnen die Antikörper, in vermehrter Menge ins Kammerwasser eindringen. In ausgedehnten Versuchsreihen, die später an anderen Stellen (17, 19) noch ausführlicher publiziert wurden, konnte er den Nachweis führen, dass diese Wirkung der Injektionen nicht auf dem Eindringen der gelösten Substanzen ins Innere des Auges beruht, sondern vielmehr auf dem im subkonjunktivalen Gewebe jeweils gesetzten Reiz, der sich auf dem Wege des Reflexes dem inneren Auge mitteilt. Denn einmal stellte *Wessely* fest, dass von den gelösten Substanzen nur minimale Mengen in's Kammerwasser, noch geringere in den Glaskörper dringen, sowie dass ihre direkte Einführung ins Augeninnere in entsprechender Konzentration auch nicht entfernt so starke Hyperämie des inneren Auges zur Folge hat; zweitens zeigte er, dass die Reizwirkung in dem Augenblicke abklingt, in dem die Konzentration der subkonjunktival eingespritzten Flüssigkeit durch Wasseraustritt aus den nächstliegenden Gefässen eine dem Blutserum homotonische geworden ist. Sogar eine weitgehende Übereinstimmung mit der jeweils erzeugten Schmerzempfindung wurde festgestellt (17), worauf hier jedoch nicht näher eingegangen werden kann.

Durch alle diese Versuche ist erwiesen, dass die subkonjunktivalen Injektionen in erster Linie als ein örtliches Reizmittel wirken, und dass sie somit in die grosse Gruppe derjenigen ärztlichen Heilmittel hineingehören, durch die künstliche Hyperämie erzeugt wird. Dass daneben bis zu einem gewissen Grade die jeweils gewählte Substanz auch als solche im Innern des Auges wirken kann, ist, abgesehen von der schon früher erwähnten „desinfizierenden“ Wirkung des Sublimats von *Wessely* niemals bestritten, ja sogar ausdrücklich von ihm betont worden (18, 19), worauf an späterer Stelle noch einmal zurückzukommen sein wird. Es ist deshalb im Prinzip auch weniger wichtig, wenn *Hertel* (3) neuerdings mit Hilfe des elektrischen Leitungswiderstandes und der Gefrierpunktserniedrigung festgestellt haben

will, dass von dem subkonjunktival injizierten Kochsalz ein wenig mehr ins Innere des Auges eindringt, als *Wessely's* Titrierbestimmungen ergeben hatten. Es bleibt trotzdem dessen Auffassung zu Recht bestehen, dass im Vordergrund der Wirkung der subkonjunktivalen Kochsalzinjektionen ihre Reizwirkung und die durch sie bedingte Hyperämie steht.

Weiterhin hat *Wessely* bei seinen Untersuchungen gezeigt, dass je nach dem Grade der erzeugten Hyperämie und vollständig proportional zum Eiweissgehalt des [Kammerwassers ein vermehrter Übertritt der natürlichen oder durch Immunisierung erzeugten Antikörper des Bluteserums erfolgt. Diese für die Erklärung der therapeutischen Wirkung der Injektionen, ja allgemein für die Heilwirkung der Hyperämie wichtige Tatsache wurde von ihm zuerst an den Beispielen der Hämolyse und der Typhusagglutinine ermittelt, und später von ihm, sowie von einer Reihe anderer Autoren auch für andere Antikörper erwiesen. Insbesondere haben sich *Miyashita* und *A. Leber* eingehend mit weiteren derartigen Untersuchungen beschäftigt und die *Wessely's*chen Befunde dabei voll bestätigt. Eine einzige abweichende Beobachtung *A. Leber's*, die sich in seinen im *Kolle's*chen Institut ausgeführten Untersuchungen findet und die dahin geht, dass auch bereits physiologische Kochsalzlösung eine Reizwirkung entfalte, ist später durch die Versuche *Miyashita's* aus dem gleichen Laboratorium widerlegt worden.

Unter den Mitteilungen des letztgenannten Autors finden sich einige interessante neue Einzelheiten, insbesondere gibt er an, eine verschiedene Wirkung je nach dem Orte der Einspritzung festgestellt zu haben.

Er schreibt darüber wörtlich folgendes:

„Im Anfange meiner Experimente habe ich von der Kochsalzlösung in die Fornixgegend ca. 1 ccm eingespritzt, da ich damals meinte, auch auf diese Weise und von dieser Gegend aus einen Reiz dem Auge antun zu können“ . . .

. . . „Es stellte sich aber bald heraus, dass man auf solche Weise in den meisten Fällen gar keine Vermehrung von Hämolyse erzielen konnte, auch wenn man mit der 5%igen, sogar 10%igen Kochsalzlösung experimentierte, die sonst eine starke Wirkung ausübt. Auf diesem Umstande konnte die von *Wessely* zitierte Beobachtung *Valenti's* beruhen, welcher den verstärkten Hämolyseausstritt unter der Wirkung von Reizen leugnet“.

„Nach wiederholten Versuchsreihen konnte ich feststellen, dass die Richtung und Lage der Anschwellung hierbei immer den Ausschlag gibt. Daher kann auch eine Injektion in die Fornix ihre Wirkung entfalten, falls die Flüssigkeit in das subkonjunktivale Gewebe kornealwärts vordringt und die Anschwellung den Limbus unmittelbar erreicht. Die gleiche Injektion wirkte nicht mehr, wenn eine deutliche freie Zone zwischen dem Kornealrand und der konjunktivalen Anschwellungsblase bemerkbar war.“

Diese Beobachtung *Miyashita's* könnte nicht nur praktische Bedeutung hinsichtlich der zweckmässigsten Ausführung der Injektionen beim Menschen, sondern würde auch theoretisches Interesse haben, denn es wäre überraschend, wenn die einzelnen Stellen der Konjunktiva bulbi verschieden empfindlich wären, bezw. wenn an ihnen ausgelöste Reize sich in unterschiedlichem Grade auf das innere Auge übertragen. Es könnte das nämlich dahin verwertet werden, dass doch dem direkten Eindringen der gelösten Substanzen in die Kammer eine grössere Bedeutung bei der Wirkung der Injektionen zukäme, wenn wirklich die Einspritzung nahe dem Kornealrande, d. h. in der Gegend der perforierenden vorderen Ziliargefässe eine stärkere Wirkung entfalten sollte.

Dieser von *Miyashita* freilich noch nicht geäußerte, aber doch immerhin mögliche Einwand gegen seine Anschauungen war für Herrn Professor *Wessely* Veranlassung mir die Aufgabe zu stellen, die Versuche von *Miyashita* einer Nachprüfung zu unterziehen.

* * *

Da die Hämolysinwerte wegen der Unmöglichkeit gleich starker Immunisierung grösseren individuellen Schwankungen unterworfen sind, als die Eiweisswerte des Kammerwassers und daher ein weniger zuverlässiges Vergleichsmaterial bilden, so wurde die Wirkung der Injektionen auf den Eiweissgehalt zur Nachprüfung gewählt.

Aus Gründen, die in dem zweiten Teile der Arbeit erörtert werden, benützte ich ausschliesslich frische Kaninchen, die noch zu keinerlei Versuchen gedient hatten und verwandte sie auch nicht öfter als einmal. Ferner wurden, um vergleichbare Augengrössen zu haben, nur Kaninchen von mittlerer Grösse genommen.

Zur quantitativen Bestimmung des Eiweissgehaltes bediente ich mich der Eiweisskala, wie sie *Wessely* in seiner Arbeit über Reizübertragung von einem Auge zum anderen (*Graefe's* Archiv Bd. 50) angegeben hat, nur verwandte ich statt Rinderserum Kaninchenserum

das leicht völlig hämoglobinfrei erhalten werden kann, und dessen Eiweissgehalt nach *Wessely's* späteren Angaben auf 7% zu veranschlagen ist. Mit diesem Serum stellte ich mir Verdünnungen her, die einem Eiweissgehalt von 1,0, 0,9, 0,8 usw. bis 0,1, und 0,1, 0,09, 0,08, usw. bis 0,01% entsprachen, füllte sie in Menge von $\frac{1}{4}$ ccm in kleine Reagenzröhrchen und erhielt durch Zusatz von je 2 Tropfen *Esbach's*chen Reagens eine Eiweiss-Skala, die zum Vergleich mit den Kammerwasserproben geeignet war.

Zur Entnahme des Humor aqueus benutzte ich die von *Wessely* (15) angegebenen Kanülen.

Die ersten Versuche hatten ein anfänglich nicht erwartetes Ergebnis. Denn mochte man vorn oder hinten unter die Konjunktiva bulbi injizieren, stets verteilte sich die Flüssigkeit bis an den Kornealrand und die Reizung blieb gleich stark. Zwei Beispiele mögen zur Erläuterung dienen:

28. II. 10. $\frac{1}{2}$ ccm 5%iger Kochsalzlösung wird einem grauen Kaninchen beiderseits subkonjunktival injiziert. Links wird in nächster Nähe des Limbus eingespritzt, rechts so weit hinten, als man mit der Pinzette reichen kann. Beide Augen sind dabei luxiert. Auch rechts verteilt sich die Flüssigkeit bis rings um die Kornea. Nach $\frac{1}{2}$ Stunde durch Punktion das Kammerwasser entleert und diesem 2 Tropfen *Esbach's*chen Reagens zugesetzt. Durch Vergleich mit der Skala ergibt sich:

Rechts: 0,8—0,9% Eiweiss.

Links: 0,8—0,9% Eiweiss.

2. III. 10. Beide Augen durch Kokain anästhesiert und nicht luxiert. Die Konjunktiva wird mit der Pinzette leicht gefasst und dann rechts vorne am Kornealrande und links in nächster Nähe der Übergangsfalte je $\frac{1}{2}$ ccm 5%iger NaCl-Lösung injiziert. Die Flüssigkeit verbreitet sich auch links bis an den Kornealrand. Nach $\frac{1}{2}$ Stunde wird das Kammerwasser entnommen. Es ergibt sich beiderseits eine gleiche Wirkung:

Rechts: 0,9—1,0% Eiweiss.

Links: 0,9—1,0% Eiweiss.

Nummehr wurde zu der noch kleineren Menge von $\frac{1}{4}$ ccm übergegangen.

Wieder unter Kokain-Anästhesie wird einem Kaninchen je $\frac{1}{4}$ ccm 5%iger NaCl-Lösung links ganz hinten rechts vorn unter die Konjunktiva bulbi injiziert. Die nach einer halben Stunde vorgenommene Kammerpunktion ergibt:

Rechts: 0,8% Eiweiss.

Links: 0,8% Eiweiss.

In gleicher Weise wie im vorangegangenen Versuche wird einem Kaninchen je $\frac{1}{4}$ ccm $2\frac{1}{2}\%$ iger NaCl-Lösung links möglichst weit hinten, rechts vorn unter die Konjunktiva bulbi injiziert. Auch hier verbreitet sich ebenso wie im vorigen Versuche die Flüssigkeit am linken Auge sofort bis zum Kornealrande. Nach einer halben Stunde wird das Kammerwasser entnommen und ergibt wiederum:

Rechts: $0,5\%$ Eiweiss.

Links: $0,5\%$ Eiweiss.

Nach diesen Versuchen ist es also für Verbreitungsart und Wirkung gleichgültig, ob man die Einspritzung am Kaninchenauge möglichst nahe am Limbus corneae oder am hinteren Teile der Konjunktiva bulbi vornimmt, und es gilt das auch, selbst wenn man so geringe Flüssigkeitsmengen wie $\frac{1}{4}$ ccm verwendet.

Ich ging deshalb dazu über, die Kochsalzlösung nunmehr direkt in die Übergangsfalte zu injizieren. Hierbei zeigte sich denn in der Tat ein Unterschied in der Wirkung, was wiederum einige Protokolle erläutern mögen:

11. IV. 10. Einem Kaninchen wird je $\frac{1}{4}$ ccm 5% iger NaCl-Lösung links nahe dem Hornhautrande, rechts direkt in die Übergangsfalte injiziert. Rechts verteilt sich die Flüssigkeit hauptsächlich unter der Konjunktiva palpebrae, am Hornhautrande bleibt eine breite freie Zone. $\frac{1}{2}$ Stunde später findet sich beim Ablassen des Kammerwassers rechts deutlich weniger Eiweiss als links. Die *Esbach'sche* Reaktion ergibt:

Rechts: $0,02-0,03\%$ Eiweiss.

Links: $0,06-0,07\%$ Eiweiss.

10. V. 10. Je $\frac{1}{4}$ ccm 5% iger NaCl-Lösung injiziert: rechts in die Übergangsfalte, links nahe der Hornhaut. Verbreitungsweise wie im vorigen Versuche. Bei der Punktion nach einer $\frac{1}{2}$ Stunde zeigt das Kammerwasser folgenden Eiweissgehalt:

Rechts: $0,015\%$ Eiweiss.

Links: $0,05\%$ Eiweiss.

13. V. 10. Je $\frac{1}{2}$ ccm 5% iger NaCl-Lösung links in die Übergangsfalte, rechts vorn unter die Konjunktiva bulbi injiziert. Die Flüssigkeit verbreitet sich diesmal links etwas weiter nach vorn, entsprechend der grösseren angewandten Menge, lässt aber noch eine freie Zone am Kornealrande. Die Kammerwasseruntersuchung nach einer halben Stunde ergibt:

Rechts: $0,6-0,7\%$ Eiweiss.

Links: $0,4-0,5\%$ Eiweiss.

Aus diesen Versuchen geht hervor, dass in der Tat die Wirkung der Injektion eine geringere ist, wenn in die Übergangsfalte eingespritzt

wird. Aber von einem Fehlen der Wirkung kann nur dann gesprochen werden, wenn die zur Injektion angewandte Menge so klein ist, dass sich die Flüssigkeit überhaupt nicht bis unter die Bindehaut des Augapfels verbreitet.

Es schien deshalb geboten, noch auf einem anderen zuverlässigeren Wege ein Urteil über die Ausbreitung der an verschiedenen Stellen subkonjunktival am Kaninchenauge injizierten Flüssigkeiten zu gewinnen, und ich bediente mich zu diesem Zwecke feiner Farbstoffsuspensionen, wie dies auch bereits von anderen Autoren geschehen ist. So haben *Mellinger* und *Borsalino* (8) weissen Kaninchen aseptische Tusche-lösung subkonjunktival injiziert und auch ophthalmoskopisch den Nachweis geführt, dass freie Tuschekörner bis in die Duralscheide des Sehnervs und längs der Zilinnervendurchtritte bis in den Suprachorioidealraum gelangen. Weiter liegt zum gleichen Gegenstande eine Arbeit von *Krusius* (4) vor, welcher 15%iges Perhydrol in Mengen von 0,1—0,15 ccm subkonjunktival injizierte und darauf an Serienschnitten bewies, dass für gasförmige Körper mit Expansionskraft eine direkte Ausbreitung vom Subkonjunktivalraum in das Irisstroma besteht und zwar auf dem Wege präformierter und künstlicher Gewebsspalten. Das gleiche hat *Wessely* (21) bereits früher für gelöste Substanzen festgestellt, indem er nach subkonjunktivalen Injektionen von Adrenalinlösung die Mydriasis entsprechend der Injektionsstelle beginnen sah, was er auf ein örtliches Eindringen der Substanz in die Vorderkammer längs der perforierenden Ziliar-gefässe zurückführte.

Über die Verbreitung je nach dem Orte der Injektion liegen aber bisher noch keine anatomischen Untersuchungen vor, und ich stellte deshalb die folgenden Versuche an, bei denen ich mich entweder einer dickflüssigen Lösung von neutralem Berliner Blau oder einer Suspension von feinsten chinesischer Tusche bediente, die ich in physiologischer Kochsalzlösung bis zu etwa öligem Konsistenz angerieben hatte.

Zunächst wurde entsprechend den vorhin mitgeteilten Kochsalzversuchen wieder so vorgegangen, dass einerseits nahe dem Limbus, andererseits möglichst weit hinten unter die Konjunktiva bulbi injiziert wurde, und zwar stets in der oberen Bulbhälfte. Die Resultate seien wieder in Protokollen wiedergegeben.

9. III. 10. Mittelmässiges Kaninchen, die Augen werden nicht luxiert. Je $\frac{1}{2}$ ccm der erwähnten Tuschesuspension wird links soweit hinten, als man mit der Fixierpinzette reichen kann, rechts vorn am Kornealrande unter die Konjunktiva

bulbi injiziert. Das Tier wird wenige Minuten darauf durch Dekapitation getötet und der ganze Kopf für 24 Stunden in 10%iges Formol eingelegt; dann werden die Augen unter vollständiger Schonung der Bindehaut mitsamt den Lidern enukleiert und in Alkohol von steigender Konzentration gehärtet. Beim Aufschneiden der Bulbi ergibt sich, dass sich die Lösung beiderseits längs des ganzen Bulbusmeridians ausgebreitet hat und vom Optikuseintritt bis zum Hornhautrande reicht.

20. III. 10. $\frac{1}{4}$ ccm Berliner Blaulösung bei nicht luxierten Augen links am Hornhautrande, rechts soweit hinten als möglich unter die Konjunktiva bulbi injiziert. Das Kaninchen sofort getötet und der Kopf in gleicher Weise behandelt, wie im vorigen Versuche. Beim meridonalen Aufschneiden der Augen zeigt sich abermals kein Unterschied zwischen den beiden Seiten. Trotz der geringen Quantität hat sich auch rechts die Flüssigkeit bis zum Kornealrande verbreitet.

Nachdem diese Versuche die völlige anatomische Bestätigung dessen gegeben hatten, was schon die Beobachtungen am lebenden Tiere bei den Kochsalzlösungen gezeigt hatten, wurde nunmehr die Tuschelösung auch in die Übergangsfalte injiziert.

28. V. 10. Die erwähnte Tuschesuspension wird in Menge von $\frac{1}{4}$ ccm genau am oberen Augenpole rechts in die Übergangsfalte, links unter die Konjunktiva bulbi nahe der Hornhaut injiziert. Nach 5 Minuten wird das Kaninchen durch Dekapitation getötet und der Kopf für 24 Stunden in 10%iges Formol eingelegt. Bei Herausnahme der Augen, die wieder unter sorgfältiger Schonung der Bindehaut mitsamt den Lidern erfolgt, zeigt sich, dass rechterseits das subkutane Gewebe in Ausdehnung des abgetragenen Oberlides, ja sogar stellenweise am Unterlid grau verfärbt ist, dass sich somit die Tusche längs des Orbitalrandes verbreitet hat.

Ein noch viel übersichtlicheres Bild ergab die spätere sagittale Durchschnittsfläche der in Zelloidin samt den Lidern eingebetteten Augen dieses Versuches. Es zeigte sich nämlich dabei, wie die photographischen Abbildungen auf der Tafel gut erkennen lassen, dass linkerseits (Fig. 1), also an dem Auge, bei dem die Injektion unter die Konjunktiva bulbi vorgenommen war, sich die Tusche in dem entsprechenden Meridian längs der Sklera bis zum Sehnerveneintritt verbreitet hat; ja sogar auf dem gegenüberliegenden Bulbusumfange hat die Tusche einerseits vorn unter der Konjunktiva nahe dem Hornhautrande, andererseits hinten am Sehnerven den Augapfel umflossen. Ein ganz anderes Bild zeigt das rechte Auge (Fig. 2), bei dem in die Übergangsfalte injiziert worden war. Hier hat sich, wie man sieht, die Tusche unter der Bindehaut des Oberlides, ja sogar in dessen interstitiellem Bindegewebe verbreitet und ist, wie am Unterlid zu

erkennen ist, an einer Stelle schon bis zum unteren Orbitalrande vorgedrungen. Nirgends aber hat sich die Tusche unter die Konjunktiva bulbi oder weiter hinein in den episkleralen Raum ergossen.

Dieser Befund, der sich in drei weiteren Versuchen in völlig gleicher Weise wiederholte, und sich bei der Durchmusterung zahlreich angefertigter mikroskopischer Schnitte bestätigte, klärt die verschiedene Wirkungsweise der Injektionen je nach dem Orte der Einspritzung entsprechend der schon früher geäußerten Vermutung völlig auf.

Injiziert man beim Kaninchen Mengen von nur $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ ccm auch noch so weit hinten unter die Konjunktiva bulbi, so verbreitet sich die Flüssigkeit in gleicher Weise, wie wenn wir nahe am Hornhautrande einspritzen, und die Einwirkung auf das innere Auge ist die gleiche. Wird indessen die Einspritzung direkt in die Übergangsfalte vorgenommen, so beschränkt sich die Ausbreitung der Flüssigkeit bei der Menge von $\frac{1}{4}$ ccm wesentlich auf die Bindehaut des Lides, und es ist vollständig begreiflich, dass hierbei die Reizwirkung auf das innere Auge ausbleibt. Wird die Flüssigkeitsmenge vermehrt, so dringt ein Teil unter den hintersten Abschnitt der Konjunktiva bulbi vor, der grössere verbreitet sich aber wiederum unter der Lidbindehaut, und es bedarf darum keiner weiteren Auseinandersetzung darüber, dass auch hierbei die Wirkung, wie oben gezeigt wurde, um einen gewissen Grad geringer ausfällt, als wenn ausschliesslich unter die Augapfelbindehaut eingespritzt worden ist.

Auf diese Weise finden die Beobachtungen *Miyashita's* ihre zwanglose Erklärung, ohne dass an der *Wessely'schen* Auffassung der Wirkung der subkonjunktivalen Injektionen etwas geändert zu werden brauchte.

Ob die Verhältnisse für das menschliche Auge ganz ebenso liegen, steht dahin. Denn das menschliche Auge verfügt wegen seiner relativen Kleinheit der Hornhaut über eine wesentlich grössere Augapfelbindehaut. Konjunktiva bulbi, Fornix und Konjunktiva palpebrae sind beim Menschen topographisch viel stärker getrennte Teile, als bei allen unseren Versuchstieren, und es wäre deshalb wohl möglich, dass hier Verschiedenheiten der Wirkung je nach der Injektionsstelle an der Augapfelbindehaut vorhanden wären, die sich dort der Beobachtung entziehen. Für die experimentelle Seite der Frage genügte es aber, den Nachweis zu erbringen, dass beim Kaninchen wegen der ausserordentlichen Kürze der Augapfelbindehaut von örtlichen Unterschieden der Injektionen nur dann gesprochen

werden kann, wenn einerseits unter die Konjunktiva bulbi, andererseits im Fornix und damit unbeabsichtigterweise unter die Lidbindehaut eingespritzt wird, und dass bei diesen beiden Injektionsorten Differenzen in der Wirkung dann allerdings nichts Befremdliches mehr haben.

* * *

Der zweite Teil meiner Arbeit beschäftigt sich mit der Frage, ob bei wiederholten subkonjunktivalen Injektionen eine Gewöhnung an sie zu bemerken sei. Wie mir Herr Professor *Wessely* mitteilte, hatte er bei seinen früheren Untersuchungen wiederholt den Eindruck gewonnen, als ob eine am selben Auge zum zweiten Mal vorgenommene Injektion schon eine etwas geringere Reizung verursache, also gewissermassen eine Gewöhnung an die Reize eintritt. Er hatte deshalb bei seinen Versuchen auch stets die Kaninchen nur einmal benutzt.

Eine ähnliche Beobachtung hat in jüngster Zeit *Miyashita* gemacht. Sobald er nämlich bei seinen Versuchen über den Einfluss von Heissluftinjektionen auf den Antikörperübertritt ins Kammerwasser (11) die Tiere ein zweites Mal zum Versuche benutzte, so fand er, dass die Reizwirkung einer subkonjunktivalen Luftinjektion von gleicher Temperatur das zweite Mal viel geringer ausfiel, bezw. dass zu wesentlich stärkeren Reizen gegriffen werden musste, um an solchen Augen im Vergleich zum Kontrollauge einen merklich vermehrten Antikörperübertritt hervorzurufen. Er führte diese Erscheinung auf die zur Untersuchung des Kammerwassers erforderliche Kammerpunktion beim ersten Versuche zurück und in Übereinstimmung hiermit konnte er zeigen, dass, wenn in kürzeren Abständen mehrfache Kammerentleerungen vorausgegangen waren, die Resistenz gegen Reize sich als eine noch höhere erwies. Auf der anderen Seite beobachtete er aber, dass Kammerpunktionen längere Zeit hinterher einen Zustand von verminderter Antikörperretention im Auge hinterlassen, derart, dass der relative Gehalt des Kammerwassers an Antikörpern im Vergleich zu demjenigen des Blutserums höher als normal gefunden wird.

Diese beiden Befunde widersprechen sich in gewisser Weise, und in seiner Zusammenfassung musste *Miyashita* daher die Möglichkeit einer zweifachen Erklärung zugeben und die Entscheidung offen lassen. Die Tatsache, dass sich nach vorangegangenen Punktionen im Vergleich zum Kontrollauge eine geringere Wirkung der

subkonjunktivalen Heissluftinjektion geltend macht, kann nach ihm entweder auf einer erhöhten Resistenz des Auges gegen Reize beruhen, oder aber darauf, dass die für längere Zeit den Punktionen folgende erhöhte Durchlässigkeit gegen Antikörper die feinen an normalen Augen feststellbaren Unterschiede verdeckt.¹⁾

Nachdem einerseits einige Vorversuche gezeigt hatten, dass subkonjunktivale Heissluftinjektionen von verschiedener Temperatur in ihrer Wirkung nicht entfernt die gleiche Exaktheit erreichten wie Kochsalzinjektionen verschiedenen Prozentgehaltes und da andererseits der Antikörperübertritt wegen der Ungleichheit des jeweiligen Immunisierungsgrades einem viel grösseren Wechsel unterworfen ist, als der Eiweissübertritt, so veranlasste mich Herr Professor *Wessely* die Frage der Angewöhnung des Auges an Reize an subkonjunktivalen Kochsalzinjektionen und mit Hilfe des Eiweissnachweises im Kammerwasser zu untersuchen.

Die Anordnung meiner Versuche, zu denen ich wieder ausschliesslich Kaninchen verwendete, war dabei zunächst folgende:

Am ersten Versuchstage injizierte ich bei luxiertem Bulbus, zwei Millimeter vom Hornhautrande entfernt, an einem Auge, und zwar stets am linken $\frac{1}{2}$ ccm der jeweils zum Versuche gewählten Kochsalzlösung. Eine halbe Stunde darauf wurde an beiden Augen durch Punktionen das Kammerwasser entnommen und die Eiweissreaktion in üblicher Weise angestellt. Auf diese Weise hatte ich die anfängliche Wirkung am noch nicht vorbehandelten Tiere zum späteren Vergleich festgelegt. Darauf wurden in Abständen von je zwei Tagen die subkonjunktivalen Injektionen am linken Auge fünf Mal wiederholt. Die sechste, also am zwölften Tage erfolgende Injektion wurde nunmehr an beiden Augen ausgeführt und nach einer halben Stunde das Kammerwasser sowohl rechts wie links zur Untersuchung auf den Eiweissgehalt entnommen. Auf diese Weise wurde ein etwaiger Versuchsfehler, der durch die am ersten Versuchstage ausgeführten Punktionen bedingt sein konnte, gleichermassen auf beide Augen verteilt und ein Unterschied der Wirkung am rechten und linken Auge am zwölften Tage konnte somit nur auf die am linken Auge fünfmal wiederholte Einspritzung bezogen werden.

¹⁾ In seiner Zusammenfassung erwähnt *Miyashita* zwar auch, dass Augen, die vorher einer Reizung wie der subkonjunktivalen Heissluftinjektion ausgesetzt waren, machmal nicht mehr so stark auf ein eandere Reizung reagierten. Im Text sind indessen derartige Versuche nicht angeführt.

I. Injektionen von $2\frac{1}{2}$ ‰ igem NaCl!

30. VI. 10. Kaninchen Nr. 81 links subkonjunktival injiziert. Nach $\frac{1}{2}$ Stunde rechts und links punktiert. Dabei fließt rechts zunächst ein wenig Kammerwasser ab, so dass die Nadel 10 Sekunden lang die Iris berührt; daher rechts sofort vermehrtes Eiweiss.

Links: 0,5 ‰ Eiweiss.

Rechts: 0,15 ‰ Eiweiss.

10. VII. 10. Nach 6 maliger Injektion links und 1. Injektion rechts wird abermals punktiert. Es zeigt sich:

Links: 0,03—0,04 ‰ Eiweiss.

Rechts: 0,3 ‰ Eiweiss.

Es zeigt sich also links eine deutlich geringere Reizung wie rechts und eine bedeutende Abnahme der Wirkung gegenüber der 1. Injektion.

Die gleichen Erfolge zeigten sich in folgenden Versuchen.

11. XI. 10. Kaninchen Nr. 329, links $\frac{1}{2}$ ccm $2\frac{1}{2}$ ‰ iger NaCl injiziert. Nach $\frac{1}{2}$ Stunde links und rechts punktiert.

Links: 0,1 ‰ Eiweiss.

Rechts: 0,02 ‰ Eiweiss.

21. XI. 10. Nach 6 maliger Injektion links und 1. Injektion rechts wird links und rechts punktiert; dabei ergibt sich:

Links: 0,04 ‰ Eiweiss.

Rechts: 0,06 ‰ Eiweiss,

also ein deutlicher Unterschied zwischen rechts und links und eine Abnahme links gegenüber der 1. Injektion.

11. XI. 10. Kaninchen Nr. 293, links $\frac{1}{2}$ ccm $2\frac{1}{2}$ ‰ iger NaCl injiziert. Nach $\frac{1}{2}$ Stunde links und rechts punktiert.

Links: 0,09 ‰ Eiweiss.

Rechts: 0,02 ‰ Eiweiss.

21. XI. 10. Nach 6 maliger Injektion links und 1. Injektion rechts abermals links und rechts punktiert.

Links: 0,01 ‰ Eiweiss.

Rechts: 0,04 ‰ Eiweiss. Auch hier dasselbe Ergebnis wie bei Kaninchen Nr. 81 und 329.

II. Injektionen von 5 ‰ igem NaCl.

Die Kaninchen wurden 8 mal injiziert. Die Technik war im übrigen dieselbe, wie bei den vorhergehenden Versuchen; ich beschränke mich daher auf die Wiedergabe der Protokolle.

12. XI. 10. Kaninchen Nr. 234, links $\frac{1}{2}$ ccm 5 ‰ iger NaCl injiziert. Nach einer halben Stunde punktiert. Es ergibt sich:

Links: 1,0% Eiweiss.

Rechts: 0,01% Eiweiss.

26. XI. 10. Nach der 8. Injektion links und der 1. Injektion rechts wird abermals punktiert:

Links: 0,1% Eiweiss.

Rechts: 0,9% Eiweiss.

12. XI. 10. Kaninchen Nr. 272, links $\frac{1}{2}$ ccm 5%iger NaCl injiziert. Die Punktion ergibt:

Links: 0,9% Eiweiss.

Rechts: 0,02% Eiweiss.

26. XI. 10. Nach 8maliger Injektion links und 1. Injektion rechts wird abermals punktiert:

Links: 0,07% Eiweiss.

Rechts: 0,9% Eiweiss.

12. XI. 10. Kaninchen Nr. 278, links $\frac{1}{2}$ ccm 5%iger NaCl injiziert. Die Punktion ergibt:

Links: 0,6%—0,7% Eiweiss.

Rechts: 0,01% Eiweiss.

26. XI. 10. Nach 8maliger Injektion links und 1. Injektion rechts abermals punktiert:

Links: 0,07% Eiweiss.

Rechts: 0,9—1,0% Eiweiss.

Um eine noch bessere Anschauung von diesen Versuchen zu ermöglichen, als sie die Zahlen allein geben, wurden nach Anstellung der Eiweissreaktion die Röhrchen mit den Kammerwasserproben der drei letzten Versuche photographiert. Die Reproduktion auf der Tafel lässt die beschriebenen Unterschiede gut erkennen.

Da gegen die bisher geschilderten Versuche immerhin noch der Einwand erhoben werden könnte, dass die vorangegangene Punktion, wenn sie auch gleicherweise an beiden Augen vorgenommen wurde, insofern einen Fehler bedingen möchte, als an dem mit wiederholten Injektionen behandelten Auge die durch die Punktion gesetzte Veränderung vielleicht weniger schnell dem normalen Zustande wieder Platz mache, so war es von Wichtigkeit, noch Experimente anzustellen, bei denen diese Fehlerquelle von vornherein umgangen wurde. Herr Professor *Wessely*, der eine grössere Zahl solcher Versuche vorgenommen hat, hatte die Güte, mir einige derselben zur Ergänzung dieser Arbeit zu überlassen. Es sind die folgenden:

Versuch 1. Einem Kaninchen wird unter Kokain-Anästhesie $\frac{1}{2}$ ccm $2\frac{1}{2}\%$ -iger NaCl-Lösung 6mal unter die Conjunctiva bulbi des linken Auges in Abständen von 2 Tagen injiziert. 48 Stunden nach der letzten Injektion wird eine gleiche Einspritzung an beiden Augen vorgenommen. Die nach einer halben Stunde erfolgte Punktion ergibt im Kammerwasser einen Eiweissgehalt von:

Rechts: 0,6–0,7% Eiweiss.

Links: 0,08% Eiweiss.

Versuch 2. In gleicher Weise wird bei einem Kaninchen links 6mal $\frac{1}{2}$ ccm 5%iger NaCl-Lösung injiziert. Die am 14. Tage links zum 7., rechts zum 1. Male ausgeführte Injektion ergibt nach einer halben Stunde:

Rechts: 1,0% Eiweiss.

Links: 0,1% Eiweiss.

Versuch 3, der in völlig gleicher Weise vorgenommen wird wie Versuch 2, ergibt:

Rechts: 1,0% Eiweiss.

Links: 0,2% Eiweiss.

Somit ist in übereinstimmender Weise durch die sämtlichen geschilderten Versuchsreihen festgestellt worden, dass eine Angewöhnung, und zwar eine erbliche Angewöhnung an die Reizwirkung der subkonjunktivalen Injektionen besteht. Die von *Miyashita* noch offen gelassene Frage kann also als in diesem Sinne entschieden gelten.

Die Bedeutung dieses Nachweises ist eine zweifache: Erstens ist es für die Ausführung der Injektionen am Menschen von Wichtigkeit zu wissen, dass eine Abschwächung der Wirkung bei wiederholten subkonjunktivalen Injektionen eintritt. Zweitens ist es in allgemein pathologischer und physiologischer Hinsicht von Interesse, dass Angewöhnungserscheinungen bei lokalen Reizen vorkommen.

Eine Diskussion der Erklärungsmöglichkeiten dieser Tatsachen, würde ein weitläufiges Eingehen auf Hypothesen erfordern und scheint mir deshalb über die der vorliegenden Arbeit gestellte Aufgabe hinauszugehen.

* * *

Zum Schlusse spreche ich Herrn Professor *Wessely* für die vielfältige Unterstützung bei der Arbeit meinen besten Dank aus.

Verzeichnis der benützten Literatur.

1. *Davies*, Vorlesungen über augenärztliche Therapie. 2. Aufl. (deutsch) 1910.
2. *Derselbe*, Prophylaxe u. Therapie der infektiösen Prozesse bei Staroperationen. Heidelberger Berichte 1893.
3. *Hertel*, Über Wirkungen und Leistungen subkonjunkivaler Kochsalzinjektionen. Klin. Monatsbl. 1910. Beilageheft.
4. *Krusius*, Subkonjunkivale Perhydrolinjektion zur Darstellung der Ausbreitung subkonjunkivaler Einspritzungen. Arch. f. Augenheilkunde. Bd. 64.
5. *A. Leber*, Immunitätsverhältnisse in der vorderen Augenkammer. Arch. f. Ophthalmologie. Bd. 64.
6. *Mellinger*, Klin. und experimentelle Untersuchungen über subkonjunkivale Injektionen und ihre therapeutische Bedeutung. Arch. f. Augenheilkunde Bd. 29.
7. *Derselbe*, Experimentelle Untersuchungen über die Wirkung subkonjunkival injizierter NaCl-Lösungen auf die Resorption aus der vorderen Kammer und dem Glaskörper. Arch. f. Augenheilkunde. Bd. 32.
8. *Mellinger* u. *Borsalino*, Experimentelle Studien über die Ausbreitung subkonjunkival injizierter Flüssigkeiten. Arch. f. Augenheilkunde. Bd. 31.
9. *Miyashita*, Über Hämolysegehalt des Kaninchen-Kammerwassers vor und nach Reizungen des Auges. Klin. Monatsbl. 1909. I.
10. *Derselbe*, Über die Wirkung subkonjunkivaler Luftinjektionen. Klin. Monatsbl. 1909. I.
11. *Derselbe*, Immunitätsverhältnisse der Vorderkammer. Klin. Monatsbl. 1910. Beilageheft.
12. *Rothmund*, Über subkonjunkivale NaCl-Injektionen zur Resorptionsbeförderung von Hornhautexsudaten. *Zehender's* Klin. Monatsbl. 4. Jahrgang (1866).
13. *v. Sicherer*, Vergl. Untersuchungen über verschiedene mit Leukozytose verbundene therapeutische Eingriffe beim Staphylokokkengeschwür der Hornhaut. Arch. f. Augenheilkunde. Bd. 32.
14. *Vogel*, Beitrag zu den experimentellen Untersuchungen über das Eindringen gelöster Substanzen durch Diffusion ins Augeninnere nach subkonjunkivaler Injektion.
15. *Wessely*, Experimentelle Untersuchungen über Reizübertragung von einem Auge zum anderen. *v. Graefe's* Arch. f. Ophth. 50. I. 1900.
16. *Derselbe*, Experimentelles über subkonjunkivale Injektionen. Deutsche med. Wochenschr. 1903.

17. *Derselbe*, Über die Resorption aus dem subkonjunktivalen Gewebe etc. Arch. f. exper. Path. und Pharmak. 49. 1903.
18. *Derselbe*, Über subkonjunktivale Injektionen. Internationaler ophthalmolog. Kongress z. Luzern. 1904.
19. *Derselbe*, Der Flüssigkeits- und Stoffwechsel des Auges. Ergebnisse d. Physiologie 1905.
20. *Derselbe*, Experimentelle Untersuchungen über den Augendruck usw. (Versuche über subkonjunktivale Injektionen). Arch. f. Augenheilkunde. Bd. 60.
21. *Derselbe*, Über die Wirkung des Suprarenins auf das Auge. Heidelberger Berichte 1903.

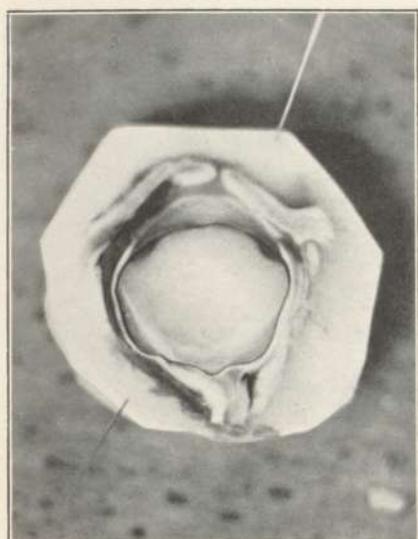


Fig. 1.

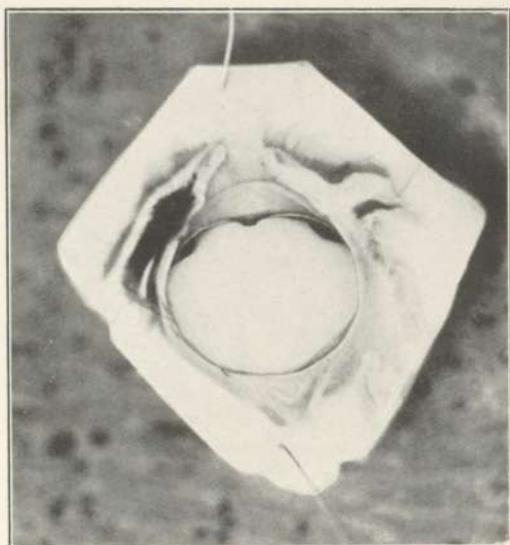


Fig. 2.

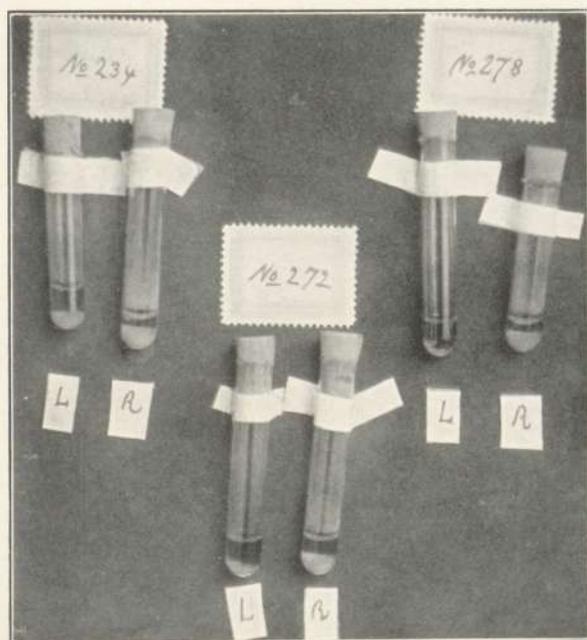


Fig. 3.

Stucken, Experimentelle Beiträge zur Wirkung subkonjunktivaler Kochsalzinjektionen.

Über das Verhalten der Geschlechtschromosomen bei Hermaphroditismus. Beobachtungen an *Rhabditis nigrovenosa*.

Von

Th. Boveri.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 26. Januar 1911.)

Mit 19 Figuren.

Vor zwei Jahren habe ich hier einige Tatsachen mitgeteilt, die es sehr wahrscheinlich machten, dass bei *Ascaris megalcephala* ein ähnlicher Dualismus der Spermatozoen besteht wie bei den Insekten. Durch weitere Untersuchungen an diesem und anderen Nematoden, welche zum Teil von mir selbst, zum grösseren Teil von Fräulein *Boring* und von den Herren *Gulick* und *Edwards* angestellt worden sind, konnten wir inzwischen jene Wahrscheinlichkeit zur Gewissheit erheben. Die Untersuchungen haben sich bisher auf *Heterakis vesicularis*, *H. dispar* und *H. inflexa*, auf *Strongylus paradoxus* und *Str. tenuis*, auf *Ascaris megalcephala*, *A. lumbricoides* und *A. felis* erstreckt. Überall konnten zweierlei Samenzellen nachgewiesen werden, von denen die einen ein Chromosoma oder eine Gruppe von Chromosomen mehr besitzen als die anderen¹⁾. Wie bei den Insekten kann es keinem Zweifel unterliegen, dass Eier, in welche Spermatozoen der ersten

¹⁾ *Ascaris megalcephala* macht insofern eine Ausnahme, als das X-Chromosoma sich nur in manchen Individuen nachweisen lässt; es scheint für gewöhnlich mit einem der grossen Chromosomen verschmolzen zu sein. Eine solche Assoziation des X-Chromosoma mit einem der somatischen Chromosomen scheint auch bei *Ascaris felis* vorzukommen, worüber Herr *Edwards* berichten wird.

Art eindringen, zu Weibchen werden, während ein Spermatozoon der zweiten Art das Ei zum männlichen Geschlecht bestimmt.

War es nach diesen Befunden höchst wahrscheinlich geworden, dass Geschlechtschromosomen in der ganzen Nematodengruppe vorkommen, so erhob sich nun die Frage, wie sich die Chromatinverhältnisse in denjenigen Arten gestalten, bei denen Hermaphroditismus besteht.

Die am leichtesten zu beschaffende zwitterige Form ist die Lungengeneration der *Rhabditis nigrovenosa*. Bekanntlich werden in der Froschlunge nur Individuen von weiblichem Bau gefunden. *Leuckart* war der Meinung, dass sich die Eier dieser Tiere parthenogenetisch entwickeln. Auch nach meinen eigenen Untersuchungen kann ich nicht daran zweifeln, dass Parthenogenese vorkommt. Allein schon *Anton Schneider* hat in den Eiröhren der in der Froschlunge lebenden *Rhabditis*-Individuen Spermatozoen gefunden, und zwar entstehen, wie er weiterhin festgestellt hat, diese Spermatozoen in den „Eiröhren“ der jungen Individuen selbst. Nachdem die Spermatogenese abgelaufen ist, bilden sich nach *Schneider* im blinden Ende die Eier aus, die, an den Spermatozoen vorbeiwandernd, von ihnen befruchtet werden. Die entstehenden Embryonen gelangen, wie wir durch *Leuckart* wissen, von der Lunge in den Darm, halten sich oft in grossen Mengen in der Kloake auf und kommen schliesslich ins Freie. In feuchtem Schlamm entwickeln sie sich binnen kurzer Zeit zu der viel kleineren freilebenden Generation, die aus typischen Männchen und Weibchen besteht. Die Embryonen, die sich aus den befruchteten Eiern dieser Weibchen entwickeln, wandern, nach *Leuckart's* Feststellungen, wieder in die Lunge des Frosches ein, wo sie zu den hermaphroditen parasitischen Individuen heranwachsen.

Das Problem, das durch diesen Entwicklungszyklus aufgeworfen wird, ist klar. Wenn es bei den Nematoden zweierlei durch die Chromosomenzahl unterschiedene Spermatozoen gibt, von denen die einen das weibliche, die anderen das männliche Geschlecht bedingen, warum entstehen aus den befruchteten Eiern der freilebenden Generation von *Rhabditis nigrovenosa* nur Individuen von einem Typus? Und wie kann ein solches Individuum, das doch in allen seinen Zellen den gleichen von der Zygote überkommenen Chromatinbestand besitzen sollte, zu einem Zwitter werden, also sowohl Spermatozoen wie Eier liefern? Und endlich, wie können unter diesen Spermatozoen wieder zwei durch den Gehalt an Chromosomen unterschiedene

Typen vorkommen, was doch nötig wäre, um das Entstehen von Weibchen und Männchen in der freilebenden Generation zu erklären?

Diese Fragen waren es, die mich veranlassten, die Oo- und Spermatogenese von *Rhabditis* zu studieren, und wenn auch die Ergebnisse wegen der grossen Seltenheit einzelner Stadien und wegen anderer noch zu besprechender Umstände lückenhaft sind, bringen sie doch, wie ich glaube, in der Hauptsache Klarheit.

Ich überzeugte mich vor allem, dass die Spermatozoen, die sich in den Geschlechtströhren der parasitischen Generation finden, in der Tat von zweierlei Art sind. Dank der bei *Rhabditis* wie bei anderen Nematoden bestehenden Eigentümlichkeit, dass sich noch in vielen fertigen Spermien die Chromosomen zählen lassen, war leicht festzustellen, dass es Spermatozoen mit sechs und solche mit fünf Chromosomen gibt. In den Keimbläschen der Oocyten und in den Richtungsspindeln habe ich ausnahmslos sechs Elemente gezählt. Es muss also befruchtete Eier mit zwölf und solche mit elf Chromosomen geben; aus den ersteren gehen ohne Zweifel die Weibchen, aus den letzteren die Männchen der freilebenden Generation hervor.

Demgemäss fand ich in den Oocyten I. O. dieser Weibchen ohne Ausnahme wieder sechs Tetraden. In den Spermatocyten I. O. der freilebenden Männchen dagegen gibt es, wie nach einer diploiden Zahl von elf Chromosomen nicht anders zu erwarten ist, nur fünf bivalente Elemente und neben ihnen ein univalentes. Dieser Zustand wird durch den optischen Schnitt der Fig. 1 illustriert, auf dem von den fünf Tetraden nur zwei zu sehen sind, zwischen ihnen das durch schwarze Farbe ausgezeichnete, mit einem deutlichen Längsspalt versehene X-Chromosoma. Die Konfiguration entspricht genau derjenigen, welche Herr *A. Gulick* demnächst für *Heterakis vesicularis* beschreiben wird. Das X-Chromosoma geht ungeteilt in die eine Spermatocyte II. O. über, um erst bei deren Teilung auf die beiden Tochterzellen zerlegt zu werden. Es entstehen also auch hier zweierlei Spermatiden, solche mit sechs und solche mit fünf Chromosomen; und diese Zahlen sind auch manchmal noch in den fertigen Spermien nachzuweisen.



Fig. 1.

So weit entspricht der Verlauf den bei anderen Nematoden konstatierten Verhältnissen; nun kommt der erste schwierige Punkt: warum entstehen, wenn männchen- und weibchenbestimmende Spermatozoen vorhanden sind, nicht auch aus den Zygoten der freilebenden Generation wieder Männchen und Weibchen, sondern nur Tiere

von weiblicher Organisation? Ich vermag mir diese Tatsache nur durch die Annahme zu erklären, dass die Spermatozoen mit fünf Chromosomen zur Befruchtung unfähig sind. Freilich wird sich dafür kaum ein direkter Beweis erbringen lassen. Denn nach meinen Beobachtungen tragen die Fünferspermatozoen kein Anzeichen von Degeneration zur Schau; auch werden sie, wie die anderen, bei der Begattung in die weiblichen Organe übergeführt. Allein da die vielen von mir geprüften Individuen der Lungen-Generation die diploide Chromosomenzahl zwölf und niemals elf aufwiesen, wird man, nach allen unseren sonstigen Erfahrungen über die Fortführung einmal gegebener Chromosomenzahlen, keinen anderen Schluss ziehen können, als dass auch die Zygoten, aus denen die Lungengeneration entsteht, stets zwölf Chromosomen besitzen, dass also in die Eier mit ihren sechs Chromosomen nur Spermien mit gleichfalls sechs Chromosomen eindringen können¹⁾.

Dieser Schluss erhält durch die Analogie mit den Verhältnissen der Aphiden eine wesentliche Stütze. Bei diesen Insekten entstehen aus den befruchteten Eiern gleichfalls nur Tiere von einem Typus: hier reine Weibchen, die sich parthenogenetisch fortpflanzen. Für diesen Fall nun wissen wir durch die gleichzeitigen Untersuchungen *Morgan's* und *von Baehr's* mit voller Sicherheit, dass die Entstehung von bloss weiblichen Individuen darin ihren Grund hat, dass lediglich Spermatozoen, die das X-Chromosoma besitzen, zur Befruchtung gelangen. Der Unterschied gegenüber dem für *Rhabditis* vorausgesetzten Verhalten wäre nur der, dass der Defekt, der die männchen-erzeugenden Spermatozoen von der Befruchtung ausschliesst, bei den Aphiden so weit gesteigert worden ist, dass schon die Spermatocyten II. O., aus denen diese Spermatozoen hervorgehen sollten, zugrunde gehen.

Die Bestimmung der diploiden Chromosomenzahl zwölf in den Individuen der Lungen-Generation, gelingt sehr leicht in den Zellen der blinden Eiröhren-Enden. Zwei Kerne solcher Zellen, die als Oogonien anzusprechen sind, habe ich in Fig. 2 und 3 wiedergegeben. Man zählt hier, wie in allen diesen Kernen, zwölf Chromosomen, wobei sich fast überall zwei dieser Elemente von den übrigen zehn deutlich unterscheiden. Sie sind kleiner und kompakter

1) In dem einzigen Fall, wo ich in einer Zygote der freilebenden Generation die Chromosomen der beiden Vorkerne zählen konnte, waren es in jedem Kern sechs.

als die anderen und sitzen, meist in opponierter Stellung, dem grossen blassen Nukleolus auf, während die übrigen regellos im Kernraum zerstreut sind.

Aus dieser Zahl zwölf leitet sich die später in allen Eiern zu findende haploide Chromosomenzahl sechs ohne weiteres ab. Nun aber kommt der zweite einer Erklärung bedürftige Punkt: wie können aus der diploiden Zahl zwölf neben Spermien mit sechs auch solche mit fünf Chromosomen entstehen, welche beiden Arten wir oben als wirklich vorhanden konstatiert haben? Die Schwierigkeit, sich einen Vorgang zu konstruieren, der dies bewerkstelligen könnte, schien mir so gross, dass ich mich lange Zeit gegen die Anerkennung jener alten Angaben über die zwitterige Natur der Lungengeneration sträubte. Ich hoffte immer noch, Männchen zu entdecken, von denen die in den Eiröhren gefundenen Spermatozoen stammen

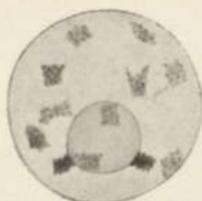


Fig. 2.



Fig. 3.

könnten. Denn selbst die Tatsache, dass die letzten Teilungen der Spermatogenese in den Eiröhren ablaufen, wäre ja leicht durch die Annahme zu erklären, dass die begattenden Männchen Spermatozyten oder gar Spermato gonien auf die Weibchen übertragen.

Allein nicht nur waren meine Bemühungen, solche Männchen zu finden, ebenso erfolglos wie diejenigen aller meiner Vorgänger, sondern, als ich genügend junge Lungenwürmer antraf, in denen die Spermatogenese noch im Gang war, mussten meine Zweifel an der Richtigkeit der Beobachtungen *Schneider's* alsbald schwinden.

Das früheste Stadium, das ich als sicher der Spermatogenese angehörig feststellen konnte, ist das der Spermatozyten I. O. Sie unterscheiden sich von den Oocyten einmal durch ihre Kleinheit, ausserdem aber, und dies ist der für unsere Betrachtung wichtigste Punkt, durch die Anordnung ihres Chromatins. Während alle Oocyten sechs bivalente Elemente aufweisen (in Fig. 4 sind die sechs Tetraden einer I. Richtungsspindel abgebildet), finden sich in den Spermatozyten I. O. neben fünf bivalenten zwei univalente Elemente

Oogenese

Spermatogenese

Fig. 4.

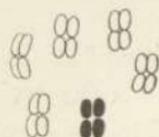


Fig. 5.

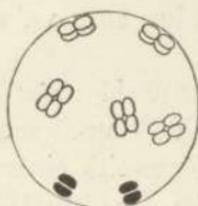


Fig. 6.

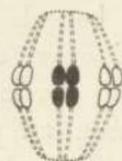


Fig. 7.

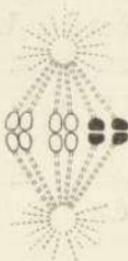


Fig. 8.

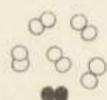


Fig. 9.



Fig. 10.

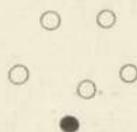


Fig. 11.

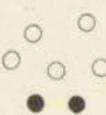


Fig. 12.



Fig. 13.

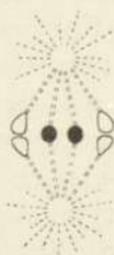


Fig. 14.

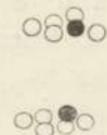


Fig. 15.



(Fig. 5). Der Chromatinbestand ist also, wie wir es ja von Zellen, die von der gleichen Zygote stammen, erwarten müssen, hier und dort im Grund der gleiche; nur ist in der Spermatogenese zwischen zwei Chromosomen die Paarung unterblieben. Diesen Zustand der Spermatoocyten I. O. habe ich so oft und in so vielen verschiedenen Individuen gesehen, dass er ohne Zweifel als der typische anzusehen ist¹⁾.

Die beiden Chromosomen, die sich nicht paaren und die wir mit *E. B. Wilson* als „X-Chromosomen“ bezeichnen dürfen, sind sicherlich zwei bestimmte; sie entsprechen ohne Zweifel denjenigen, die sich in den Oogonien des blinden Eiröhrenendes durch ihre Konzentration und durch ihre Beziehung zum Nukleolus so klar von den übrigen unterscheiden (Fig. 2 und 3). Auch in ganz jungen Spermatoocyten I. O., in denen die anderen Chromosomen schon gepaart oder in der Paarung begriffen waren, konnte ich diese Beziehung der beiden X-Chromosomen zum Nukleolus noch nachweisen. Indem dieser Körper schliesslich dahinschwindet, werden die beiden Chromosomen isoliert.

In den älteren Spermatoocyten I. O., wo sich die gewöhnlichen Chromosomen als Tetraden darstellen, zeigen die X-Chromosomen einen Längsspalt (Fig. 5).

Ich habe in den Figuren die X-Chromosomen durch schwarze Farbe von den anderen unterschieden, was für die Spermatogenese, wo sie als solche kenntlich sind, natürlich keinem Bedenken unterliegen kann. Wenn ich auch in den Bildern der Richtungsspindeln eine der sechs bivalenten Gruppen durch schwarze Farbe als X-Chromosomenpaar markiert habe, so bedarf dies einer Rechtfertigung; denn ich habe zwischen diesen sechs Elementen auf den gezeichneten Stadien weder in der Grösse, noch in ihrem sonstigen Verhalten einen Unterschied erkennen können. Allein nach den oben besprochenen Bildern von Oogonien (Fig. 2 und 3) steht fest, dass auch in den weiblichen Zellen zwei „X-Chromosomen“ zu den zehn übrigen in einem gewissen Gegensatz stehen. Und wenn später im Keimbläschen der ausgewachsenen Oocyten I. O. die sechs bivalenten Elemente sichtbar werden, wiederholt sich ein ähnlicher Zustand: eine von den sechs Tetraden ruht in sehr charakteristischer Weise dem Nuk-

¹⁾ In einem einzigen Individuum fand ich, neben der in Fig. 5 abgebildeten Anordnung, in einigen Spermatoocyten-Kernen nur vier bivalente und dem entsprechend, neben ihnen vier univalente Stücke. Dies ist jedenfalls eine Abnormität.

leolus auf, während die anderen fünf ohne irgendwelche Regelmässigkeit im Kernraum zerstreut sind. Wenn sich dann der Nukleolus aufgelöst hat, ist diese „X-Tetrad“ von den anderen nicht mehr zu unterscheiden; aber eine von den sechs muss es eben sein. So wird es, um die Vergleichung der Bilder mit denen der Spermatogenese zu erleichtern, erlaubt sein, auch in der Oogenese zwei, in Fig. 4 bereits gepaarte, Elemente als X-Chromosomen durch schwarze Farbe herauszuheben.

Fig. 6 gibt in etwas schematisierter Weise einen optischen Längsschnitt der I. Richtungsspindel, wo von den sechs Tetraden nur drei getroffen sind, Fig. 7 einen entsprechenden optischen Schnitt durch die I. Spermatocytenspindel, der zwei von den fünf Tetraden und ausserdem die beiden selbständigen X-Chromosomen enthält. Die Art, wie diese Chromosomen in der Spindel orientiert sind, lässt schon erkennen, dass sie — im Gegensatz zu dem einzigen X-Chromosoma in der homologen Teilung der freilebenden Generation (Fig. 1) — bei der ersten Reifungsteilung halbiert werden, wogegen sich die Tetraden, ihrer Form nach zu urteilen, in der Ver kittungs-
linie spalten.

Fig. 8 zeigt die eine Tochterplatte einer I. Richtungsspindel in polarer Ansicht; man erblickt sechs gleiche Diaden, von denen in der Figur eine als die X-Chromosomen-Diade charakterisiert ist. In Fig. 9 ist eine entsprechende Tochterplatte der I. Spermatocytenteilung wiedergegeben; der Unterschied gegenüber Fig. 8 liegt in der Selbständigkeit der beiden X-Chromosomen.

Die zwei folgenden Bilder (Fig. 10 und 11 stellen in polarer Ansicht Äquatorialplatten der II. Reifungsteilung dar, Fig. 10 von einer Oocyte II. O. (II. Richtungsspindel), Fig. 11 von einer Spermatocyte II. O. Wir haben es mit den gleichen Elementen zu tun, wie in Fig. 8 und 9, nur dass die Doppelelemente sich inzwischen so gedreht haben, dass ihre beiden Hälften sich decken.

Zur Ergänzung dienen die wieder etwas schematisierten optischen Längsschnitte der gleichen Stadien (Fig. 12 und 13). Der X-Chromosomen-Diade der Oocyte II. O. (Fig. 12) stehen in der Spermatocyte II. O. (Fig. 13) zwei einfache Elemente gegenüber. Nicht immer finden sich, wie in Fig. 13, die X-Chromosomen im Innern der Äquatorialplatte, sondern sie können auch deren Rand bilden. Da ihre Teilung schon bei der I. Reifungsteilung vollzogen worden ist, spalten sie sich nun nicht mehr, sondern bleiben, während die Diaden-Hälften auseinanderrücken, noch längere Zeit im Äquator

liegen. Auf diesem Stadium sind die Bilder der weiblichen und männlichen Reifungsteilungen am auffallendsten verschieden, wie Fig. 14 und 15 lehren, von denen die erste die beiden Tochterplatten einer II. Richtungsspindel, die andere ein entsprechendes Stadium der II. Spermatocytenspindel darbietet. Dort sehen wir zwei Gruppen von je sechs Elementen; hier enthalten die Tochterplatten nur je fünf Elemente; die beiden X-Chromosomen dagegen liegen noch immer ungefähr im Äquator, augenscheinlich durch den Zug sich beiderseits anheftender Fasern etwas in die Länge gezogen.

Ich vermute, dass sie nun, wie dies ja auch für das in Einzahl vorhandene X-Chromosoma bei manchen Insekten angegeben wird, nach Zufall auf die beiden Tochterzellen verteilt werden. Es gäbe sonach zwei Verteilungsmöglichkeiten: entweder gelangen beide X-Chro-

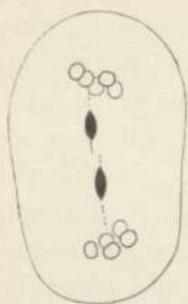


Fig. 16.

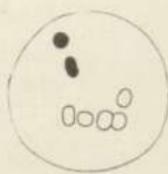


Fig. 17.

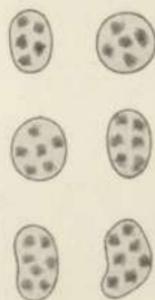


Fig. 18.

mosomen in die gleiche Spermatide, oder das eine hierhin, das andere dorthin. Den zweiten Modus habe ich beobachtet (Fig. 16), den ersten nicht. Es waren diese Stadien der II. Reifungsteilung in meinem Material äusserst spärlich vertreten, und bei der Kleinheit der Elemente erhält man selten ganz klare Bilder. Nachdem ich die Resultate erlangt hatte, die ich hier mitteile, habe ich noch über hundert Frösche speziell dieser Frage geopfert; es gelang mir aber überhaupt nicht mehr, die fraglichen Stadien zu Gesicht zu bekommen.

Das einzige Bild, das ich so deutete, dass beide X-Chromosomen in die eine Spermatide übergegangen sind, ist das der Fig. 17. Doch konnte ich die zugehörige Schwester-Spermatide, welche fünf Chromosomen enthalten müsste, nicht auffinden.

Nichtsdestoweniger scheint mir die Annahme begründet, dass auch diese zweite Verteilungsmöglichkeit ein regelmässiges Vorkommnis darstellt, und zwar deshalb, weil ich in jungen Spermatidenkernen

neben den Zahlen fünf und sechs auch die Zahl sieben mit aller Sicherheit nachweisen konnte. In Fig. 18 sind einige solche Kerne abgebildet; man zählt in den beiden oberen fünf Chromosomen, in den mittleren sechs, in den unteren sieben. Die Zahlen sechs ergeben sich aus dem Verteilungsmodus der Fig. 16, die Zahlen fünf und sieben aus dem supponierten zweiten Modus.

Damit wären also in der Tat die Zahlen sechs und fünf, wie wir sie oben in den fertigen Spermatozoen der hermaphroditen Generation konstatiert haben, wieder erreicht; daneben aber gibt es nun auch Spermatisden mit sieben Chromosomen.

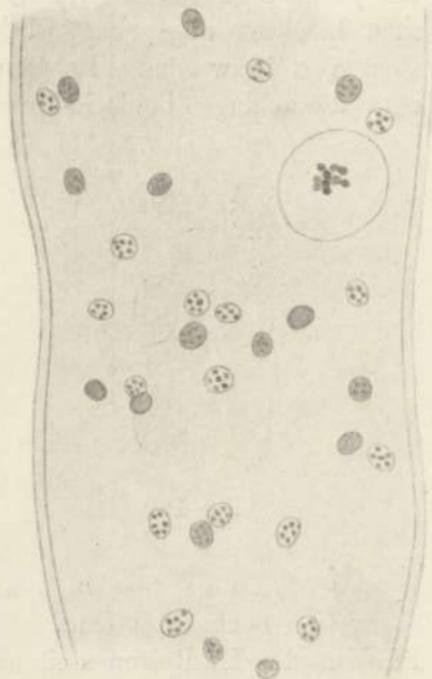


Fig. 19.

Fertige Spermatozoen mit dieser Zahl habe ich nie gesehen; es ist auch, wenn man so sagen darf, in dem Entwicklungs-Zyklus unseres Wurms kein Platz für sie. Was aber soll aus den Spermatisden mit sieben Chromosomen werden? Das Einzige, was ich darüber sagen kann, ist dieses, dass man nicht selten einen grossen Teil der Spermatisden in Degeneration findet. Dies wird durch Fig. 19 illustriert, die einen optischen Längsschnitt durch die Geschlechtsröhre darstellt an der Stelle, wo vor kurzem die Spermatisden gebildet worden sind; rechts oben ist eine verspätete Spermatocyte II. O. zu sehen. Die Spermatisden-

kerne bieten den Zustand dar, der in Fig. 18 bei stärkerer Vergrösserung wiedergegeben ist; zwischen ihnen zeigen sich in verschiedenen Abstufungen degenerierende Kerne, deren Natur als Spermatisden-Kerne nicht zu bezweifeln ist. Ob diese degenerierenden Kerne nun gerade diejenigen mit sieben Chromosomen sind, kann ich freilich nicht sagen; denn so lange man die Chromosomen zählen kann, weiss man nicht, ob gerade dieser Kern degenerieren wird; und wenn einmal über die Degeneration kein Zweifel mehr sein kann, lassen sich die Chromosomen nicht mehr zählen. Allein der Umstand, dass zuerst Spermatisden

mit sieben Chromosomen da sind, dass fertige Spermien mit dieser Zahl mir nie vorgekommen sind und dass in der Zwischenperiode viele Spermatiden degenerieren, lässt den Schluss, dass die dem Untergang verfallenden gerade die siebenzähligen sind, wohl berechtigt erscheinen.

Es sei hier noch eine andere, freilich ebenso fragmentarische Beobachtung erwähnt, welche mit der Herstellung fünfzähliger Spermatiden in Beziehung stehen könnte. Ich habe in einer Eiröhre zwei noch zusammenhängende Spermatiden mit nicht genau feststellbarer Chromosomenzahl gesehen, an deren schmaler Verbindungsbrücke ein scheinbar in Abschnürung begriffenes Plasmatröpfchen aufsass, das zwei intensiv färbare Kügelchen (Chromosomen?) enthielt. Es ist klar, dass auch dies ein Modus sein könnte, durch den, zum Zweck der Bildung fünfzähliger Spermien, die beiden X-Chromosomen beseitigt werden könnten. Freilich bliebe hierbei rätselhaft, warum im einen Fall die X-Chromosomen auf die beiden Spermatiden verteilt werden und weiterleben, im anderen Fall ausgestossen werden.

Wenn ich nun auch nach dem Gesagten die Entscheidung über diesen letzten Akt der Spermatogenese in suspenso lassen muss, erlaubt unser Fall, soweit er durch das Vorstehende aufgeklärt worden ist, doch einige nicht unwichtige Aussagen. Vor allem lehrt er, dass das Vorhandensein von „weiblichen“ und „männlichen“ Spermatozoen, die mit ihrem verschiedenen Chromatingehalt nur für eine strenge Scheidung der Geschlechter berechnet erscheinen, doch auch die Entstehung von hermaphroditen Individuen mit abermals weiblichen und männlichen Spermatozoen nicht ausschliesst.

Unser Fall liefert so in gewissem Sinn ein Gegenstück zu demjenigen von *Phylloxera*, wie er von *Morgan* beschrieben worden ist. Bei diesem Insekt handelt es sich zwar nicht darum, dass in einem weiblichen Individuum neben den Eiern direkt auch Spermatozoen entstehen, aber doch um etwas Analoges, nämlich darum, dass dieses Weibchen zu parthenogenetischer Entwicklung befähigte „männliche“ Eier hervorbringt, d. h. Eier mit einem Chromosomenbestand, der dem einer Zygote mit männlicher Chromosomenzahl entspricht. Und da auch bei *Phylloxera* die männliche Chromosomenzahl um eins geringer ist als die weibliche, so ist die dem Organismus gestellte Aufgabe eine ähnliche, wie bei der Erzeugung männlicher Spermatozoen in der hermaphroditen Form von *Rhabditis*: es muss ein Chromosoma entfernt werden. Dies geschieht, wie *Morgan* gezeigt hat, dadurch, dass der — in diesem Fall einzige — Richtungskörper

dieses aus dem Ei zu beseitigende Chromosoma in sich aufnimmt. Die Rolle, die hier dem Richtungskörper zufällt, würden bei Rhabditis wenn meine oben dargelegte Vermutung richtig ist, die Spermatiden mit sieben Chromosomen spielen, die nun, ebenso wie jener Richtungskörper, degenerieren.

Gänzlich ohne Antwort muss ich die Frage lassen, welches die Ursache ist, dass in den Zellen, die sich als Samenbildungszellen ausweisen, die Paarung der X-Chromosomen unterbleibt, worin überhaupt der primäre Unterschied zwischen den männlichen und weiblichen Keimzellen der hermaphroditen Generation besteht und wodurch er hervorgebracht wird. Ist es die Lage in der Eiröhre, welche von den ursprünglich gleichartigen Zellen die einen in die männliche, die anderen in die weibliche Bahn treibt? Oder hängt die Spermabildung vielleicht von der Jahreszeit ab? Oder findet schon in der jugendlichen Geschlechtsdrüse eine plasmatisch ungleiche Teilung statt, derart, dass in den Abkömmlingen der einen Tochterzelle später die Paarung der X-Chromosomen veranlasst wird, in denen der anderen nicht?

Bis jetzt habe ich keine Anhaltspunkte gefunden, um auf diese und andere sich anschliessende Fragen eine Antwort zu erreichen, halte es aber für wahrscheinlich, dass es gelingen wird, der Kausalität dieser Differenzierung näher zu kommen.

Wohl die wichtigste Betrachtung, zu der die mitgeteilten Tatsachen Veranlassung geben, ist die über die Funktion der X-Chromosomen. „Weiblich sein“ und „männlich sein“ bedeutet ja bei den meisten Organismen zweierlei: 1. eine bestimmte Art von Geschlechtszellen produzieren, 2. eine bestimmte Kombination von sogenannten sekundären Geschlechtscharakteren besitzen. Es war, soviel ich sehe, bisher keine Tatsache bekannt, die eine Bestimmung zugelassen hätte, auf welche Sexualeigenschaften des neuen Individuums der verschiedene Gehalt der Zygoten an X-Chromosomen wirkt. Die Verhältnisse bei Rhabditis scheinen hier einige Einsicht zu gewähren.

Wir dürfen wohl behaupten, dass in unserem Fall die Geschlechtschromosomen jedenfalls in erster Linie mit den sekundären Geschlechtsmerkmalen in Beziehung stehen. Befruchtete Eier mit einem X-Chromosomen ergeben die Organisation des Männchens, befruchtete Eier mit zwei X-Chromosomen die Organisation des Weibchens. Denn auch die hermaphrodite Generation, auf Zygoten mit zwei X-Chromosomen zurückgehend, ist ihrer Organisation nach rein weiblich.

Die Bestimmung der Fortpflanzungszellen dagegen zu weiblichen oder männlichen Sexualzellen ist durch die Ausstattung mit X-Chromosomen nicht unabänderlich bestimmt. Auch Zellen mit der weiblichen Zahl von X-Chromosomen können männliche Geschlechtszellen liefern, wie eben unsere Hermaphroditen gelehrt haben.

Diese Tatsache könnte vielleicht berufen sein, das ganze Problem der Geschlechtsbestimmung einheitlicher zu gestalten. Denn es erscheint nun durchaus nicht unwahrscheinlich, dass die Umstimmung der Geschlechtszellen, die in den Lungen-Individuen von *Rhabditis nigrovenosa* ohne einen äusseren Eingriff zustande kommt, in anderen Fällen durch künstliche Beeinflussung hervorgebracht werden könnte. Kurz gesagt: Geschlechtschromosomen und Abhängigkeit des Geschlechts von äusseren Faktoren brauchen sich nicht auszuschliessen.

Dabei dürfte überall, wo das weibliche Geschlecht das chromatinreichere ist, die Umstimmung weiblich vorgebildeter Zellen zu männlichen eher zu erwarten sein als das Umgekehrte. Denn es wird gewiss leichter ein Vorgang eintreten können, der ein überschüssiges Chromosoma beseitigt, als einer, der ein fehlendes ersetzt. Unter dieser Erwägung ist es gewiss beachtenswert, dass nicht nur bei den hermaphroditisch gewordenen Nematoden die Hermaphroditen weibliche Individuen sind, sondern dass auch für die zwitterigen Cirripeden und nach *Hescheler* (1900) auch für die zwitterigen Gastropoden die Anschauung begründet erscheint, dass dasjenige Geschlecht, an welches der hermaphroditische Zustand sich angeknüpft hat, der weibliche ist.

Nachtrag.

Nachdem dieser Aufsatz bereits gedruckt war, erhielt ich (24. März 1911) durch die Freundlichkeit des Herrn Kollegen *W. Schleip*, dessen vorläufige Mitteilung über den gleichen Gegenstand (Über die Chromatinverhältnisse bei *Angiostomum* (*Rhabdonema*) *nigrovenosum*. Ber. d. Naturf. Gesellsch. Freiburg i. B., Bd. 19, 1911), auf die ich hier noch mit einigen Worten eingehen will. Sowohl die Befunde *Schleip's* wie auch seine Schlussfolgerungen stehen mit den meinigen prinzipiell in erfreulicher Übereinstimmung; auch ergänzen sich die beiden Arbeiten in manchen Punkten. So liefern meine Beobachtungen den Nachweis eines einfachen X-Chromosoma in der Spermatogenese der freilebenden Generation, die *Schleip* nicht untersucht hat, und demonstrieren die Existenz von zwei spezifischen, als X-Chromo-

somen anzusprechenden Elementen in der Oogenese der Lungen-Generation. Wichtiger aber ist die Ergänzung, welche *Schleips* Arbeit zu der meinigen bringt, da gerade die Lücke, welche ich oben in betreff des Endverlaufs der Spermatogenese wegen Mangels dieser Stadien lassen musste, durch seine Beobachtungen ausgefüllt wird. Nach *Schleip* werden die beiden X-Chromosomen stets auf die beiden Spermatiden verteilt, entsprechend meiner Figur 16; aber nur das eine vereinigt sich mit der zugehörigen fünfzähligen Tochtergruppe, wogegen das der anderen Spermatide in der Nähe der Durchschnürungsstelle liegen bleibt. Indem schliesslich jede Spermatide diesen Teil ihres Plasmaleibes als Restkörper abstösst, wird das hier gelegene X-Chromosoma der einen Schwesterspermatide entfernt. Es trifft also auf jedes sechszählige ein fünfzähliges Spermatozoon.

Es ist mir, trotz der Lücke, die mein Material an diesem Punkt aufweist, merkwürdig, dass ich von diesen Zuständen auch nicht eine Andeutung gesehen habe. Denn selbst in dem auf Seite 93 erwähnten Fall, wo an zwei noch verbundenen Spermatiden ein anscheinend in Abschnürung begriffenes Plasmaklumpchen zu sehen war, das man vielleicht dem *Schleip*'schen Restkörper vergleichen könnte, enthielt dieses Gebilde nicht ein Chromosoma, sondern zwei solche Körperchen. Auch müssten wohl, nach *Schleips* kurzer Mitteilung zu urteilen, auf dem Stadium meiner Fig. 19 (Seite 92) die Restkörper mit den ausgestossenen Chromosomen noch erhalten sein; es war aber hiervon keine Spur zu konstatieren. Endlich habe ich auch das von *Schleip* beschriebene Vorseilen des einen X-Chromosoms vor dem anderen in den Spermatocyten I. O. niemals beobachtet, muss es sogar für mein Material in Abrede stellen. Nichtsdestoweniger hege ich durchaus keinen Zweifel an der Richtigkeit der *Schleip*'schen Beobachtungen; und die Frage wird nur die sein, inwieweit der Vorgang variabel ist und ob die von mir hypothetisch konstruierten Vorgänge vielleicht auf einer Kombination abnormer Zustände beruhen, die in den normalen Verlauf nicht hineingehören. Ich habe, nachdem dieser Aufsatz schon seit längerer Zeit abgeschlossen war, Ende Februar und Anfang März noch eine Anzahl von Individuen der Lungen-Generation untersucht und aus diesen Beobachtungen den Eindruck gewonnen, dass mit Eintritt des Winters die Spermatogenese zum Stillstand gelangt und nun degenerative Prozesse verschiedener Art einsetzen. Solche könnten vielleicht auch für einige der von mir im Herbst beobachteten Zustände verantwortlich zu machen sein.

Wie sich dies aber auch durch fernere Untersuchungen heraus-

stellen mag, jedenfalls lehren unsere beiderseitigen Befunde in voller Übereinstimmung, dass auch aus Zellen mit der weiblichen Zahl von X-Chromosomen zweierlei Spermatozoen, solche mit und solche ohne X-Chromosoma, hervorgehen können, und dass die Einleitung zu dieser Differenzierung im vorliegenden Fall darin besteht, dass sich die beiden X-Chromosomen nicht paaren.

Würzburg, 25. März 1911.

Literatur.

- Baehr, W. B. von*, 1908. Über die Bildung der Sexualzellen bei Aphididae. Zool. Anz. Bd. 33.
- Derselbe*, 1909. Die Oogenese bei einigen viviparen Aphididen und die Spermato-genese von *Aphis saliceti*, mit besonderer Berücksichtigung der Chromatin-verhältnisse. Arch. f. Zellforschung. Bd. 3.
- Boring, A. M.*, 1909. A small chromosome in *Ascaris megalcephala*. Arch. f. Zellforschung. Bd. 4.
- Boveri, Th.*, 1909. Über Beziehungen des Chromatins zur Geschlechtsbestimmung. Sitz.-Ber. d. Phys.-med. Ges. Würzburg. Jahrg. 1909.
- Derselbe*, 1909. Über „Geschlechtschromosomen“ bei Nematoden. Arch. f. Zell-forschung. Bd. 4.
- Edwards, Ch. L.*, 1910 a. The sex-determining chromosomes in *Ascaris*. Science.
- Derselbe*, 1910 b. The idiochromosomes in *Ascaris megalcephala* and *Ascaris lumbricoides*. Arch. f. Zellforschung. Bd. 5.
- Heschler, K.*, 1900. Mollusca, in *A. Lang*: Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der wirbellosen Tiere.
- Morgan, T. H.*, 1908. The production of two kinds of spermatozoa in Phylloxera etc. Proc. Soc. Exp. Biol. a. Med. Vol. 5.
- Derselbe*, 1909. A biological and cytological study of sex determination in Phylloxerans and Aphids. Journ. Exp. Zool. Vol. 7.
- Schneider, A.*, 1860. Über eine Nematodenlarve und gewisse Verschiedenheiten in den Geschlechtsorganen der Nematoden. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 10.
- Derselbe*, 1866. Monographie der Nematoden. Berlin.
- Wilson, E. B.*, 1905—1909. Studies on chromosomes. I—IV. Journ. Exp. Zool. Vol. 2, 3, 6.
- Derselbe*, 1910. The chromosomes in relation to the determination of sex. Science. Progress.

Entoptischer Befund bei Chorioretinitis.

Von

Gahlen.

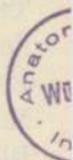
Mit 3 Tafeln.

Es liegt in der Natur der Sache, dass die Entoptik des gesunden Auges in der ophthalmologischen Literatur einen breiten Raum füllt, während die des kranken noch gar nicht behandelt worden ist. Ich fand nur eine Arbeit über „Entoptische Untersuchungen eines zentralen Blindungsskotoms nebst einigen die Macula lutea betreffenden anatomischen und physiologischen Beobachtungen und Betrachtungen“. (*Olshausen*, Inauguraldissertation, Halle a. S. 1885.) Andere Netzhauterkrankungen hat die Entoptik noch nicht untersucht.

Diese Lücke auszufüllen, erkannte *Hess* in meinem an Chorioretinitis erkrankten Auge eine willkommene Gelegenheit und seiner wiederholten Anregung ist die Entstehung dieser Arbeit zu danken.

1905 erkrankte ich auf dem linken Auge an Chorioretinitis, wobei auch die Macula lutea mitbetroffen wurde. Die Sehschärfe betrug im Beginn der Erkrankung Fingerzählen 3 m, nach ca 1½ Jahren, während der ersten Krankheitswochen in der Würzburger Königl. Augenklinik durch subkonjunktivale Chlornatrium-Injektionen mächtig gefördert, bei $-1,5 D = 0,8$. Seitdem macht die Aufhellung keine Fortschritte mehr. Die Ursache der Erkrankung blieb unbekannt, so dass das Resultat meiner Untersuchungen nach dieser Richtung hin nicht zu verwerten ist.

Das ophthalmoskopische Bild der frischen Erkrankung wurde leider nicht in einer Zeichnung festgehalten. Im wesentlichen unterschied es sich allerdings nicht von dem Typus der frischen Chorioretinitis disseminata. Das ophthalmoskopische Bild der abgelaufenen



Erkrankung gibt die von Herrn Universitätszeichner *Freytag* in Würzburg entworfene Zeichnung wieder [s. Fig. 1]. Ich selbst zeichnete 2 entoptische Bilder und zwar eines vom kranken Auge nach Ablauf der Krankheits- und Reparationsprozesse (s. Fig. 2.) und vergleichshalber eines vom gesunden, und zwar mit Hilfe der von *Helmholtz* (Physiologische Optik II. Aufl. pag. 194 et passim) mitgeteilten Methode (Methode A), bei welcher im Dunkelzimmer eine Kerzenflamme seitl. vom Auge, das auf eine dunkle Wand schaut, hin und her bewegt wird.

Wende ich diese Methode auf das kranke Auge an und schliesse und öffne dabei rasch die Augenlider, so erscheint im Rahmen eines Teiles der mächtigen in der Papille zentrierten, auf grauschwarzem lichtschimmernden Grunde sich abhebenden Netzhautgefässe jenes Bildchen (s. Fig. 2) mit den Hell- und Dunkelfeldern, der eigenartigen Makulazeichnung und der spärlichen Vaskularisation (Hell-Dunkelfeld-Bildchen). Unterlasse ich das Zwinkern mit den Augenlidern, so tritt das Hell-Dunkelfeld-Bildchen nicht in die Erscheinung und an seiner Stelle sieht man nur dessen bruchstückhaften Gefässe auf demselben grauschwarzen lichtschimmernden Grunde wie die Gefässe der Umgebung. Das Bildchen erscheint allerdings so flüchtig, dass es mir nicht möglich gewesen wäre, es naturgetreu wiederzugeben, hätte ich es nicht durch andere entoptische Methoden, die konstantere Eindrücke liefern, schon vorher gekannt, z. B. durch die von *Helmholtz* mitgeteilte (Physiologische Optik II. Aufl. pag. 184 et passim) mittels des Mikroskops (Methode B). Methode B macht ein Netzhautfeld sichtbar, welches einer Kreisfläche entspricht, deren Radius ungefähr $\frac{2}{3}$ der Entfernung zwischen Papille und Makula beträgt und deren Zentrum die Makula ist, Methode A ein doppelt so grosses. Bei dieser stellt sich neben der Makula auch die Papillengegend entoptisch dar. Durch das Zwinkern mit den Augenlidern war das Hell-Dunkelfeld-Bildchen zufällig in ein grösseres Gebiet entoptisch gesehener Netzhaut naturgetreu hineinlokalisiert und seine Lage zur Papille bestimmt, ein Ziel, das ich vorher lange vergeblich angestrebt hatte. Zur Erkennung und Bestätigung des Hell-Dunkelfeld-Bildchens dienten mir ausser Methode B und A noch einige andere, die aber alle im wesentlichen identische Bilder liefern. Das Bildchen tritt mitunter aber nur flüchtig und angedeutet auch bei Druck auf den Bulbus hervor. Die Hell-Dunkelfeld-Bildchen sind bei allen Methoden identisch, nur erscheint bei Methode A dasselbe nicht in Nebel verschleiert, nicht mit einer Lasur bedeckt, in der bei Anwendung

der anderen Methoden der Glaskörper entoptisch in die Erscheinung tritt. Die Formelemente des Glaskörpers macht das von *Bardon-Cooper* (Entoptische Untersuchungen des Glaskörpers, Ophthalmic Review 1908 pag. 359) angegebene Entoptoskop recht deutlich sichtbar. Dasselbe besteht aus einem Mikroskop, in welchem ein starkes Objektiv als Okular und ein schwaches als Objektiv dient. Mit dieser Methode sieht man in meinem Auge die „Perlenschnüre“ (*Helmholtz*) und vor allem die „Kreise mit hellem Zentrum“ (*Helmholtz*) gewaltig vermehrt. Auch zeigt sie sehr klar, umhüllt vom Nebel der Glaskörperformelemente, eine grosse adhärente Glaskörpertrübung. Versteht ein Dritter unter dem Gelb des Hell-Dunkelfeld-Bildchens von der Beleuchtungsintensität abhängiges Hell und unter dem Schwarz undurchdringliches (s. unten) Dunkel und nimmt er auch die übrigen Gebilde als tatsächlich so, wie sie Fig. 2 und 3 (bei Kerzenflammenbeleuchtung im Dunkelzimmer betrachtet!) veranschaulicht, so hat er fast dieselben entoptischen Eindrücke wie der Verfasser. Bei Tageslicht mit Methode B oder mittels schwarzen Kartons beobachtet, der mit einer Nadel durchstoichen ist und vibrierend vor dem Auge, das gegen den Himmel schaut, bewegt wird, macht das Hell-Dunkelfeld-Bildchen fast den Eindruck einer beschneiten Fläche, die hie und da aufgetaut, und nun den schwarzen Grund durchschauen lässt. Das Hell-Dunkelfeld-Bildchen nachzuzeichnen mit naturgetreuer Wiedergabe der Form und Lokalisation seiner Gebilde war die mühevollste Aufgabe der Arbeit, eine Aufgabe, welche die Zeit vieler Monate in Anspruch genommen hat, und die der zu würdigen versteht, der selbst schon entoptisch Gesehenes nachzuzeichnen bemüht war und der bedenkt, dass ein in seiner Widerstandskraft geschädigtes Auge die Beobachtungen angestellt hat.

Die Gefässe des Hell-Dunkelfeld-Bildchens sind nur spärlich und bruchstückhaft, ohne den Kranz zierlicher Gefässverzweigungen um die Makula, wie ihn das entoptische Bild des gesunden Auges aufweist (s. Fig. 3). Sie sind im Bereich der Dunkelfelder unterbrochen. Diese Tatsache und die weitere, dass die Dunkelfelder den durch Perimetraufnahme umgrenzten (allerdings nur unsicher) Skotomen entsprechen und endlich das lichtunempfindliche (s. unten) Dunkel dieser Gebiete als solches berechtigen zu dem Schlusse, dass man in den Dunkelfeldern die Skotome vor sich hat. Dass Pigmentschollen nicht als Ursache der Dunkelfelder in Frage kommen, folgt schon daraus, dass die ganze Augenwand durchleuchtbar ist, also auch ihre Pigmentschichten. Pigment, auch wenn es noch so stark gewuchert

wäre, würde wohl eine Lichtabdämpfung bewirken können aber nicht trotz greller Beleuchtung tiefes Dunkel. Es handelt sich bei den Dunkelfeldern also nicht um Pigment, sondern um nerventote Stellen, Skotome.

Vergleichen wir jetzt die Bilder miteinander, vor allem das ophthalmoskopische und entoptische des kranken Auges! Zu diesem Zwecke werde das eine auf das andere projiziert. Als identische Projektionspunkte sollen Papille und Makula dienen, jene als Ausstrahlungspunkt der Netzhautgefäße auch entoptisch gekennzeichnet, diese ophthalmoskopisch als Zielpunkt der Makulagefäße im Chaos der Veränderungen ganz genau nur unsicher zu lokalisieren, entoptisch dagegen unverkennbar deutlich ins Auge springend mit der im Hell-Dunkelfeld-Bildchen wiedergegebenen Zeichnung, oder je nach dem Grade der Netzhautbeleuchtung mit etwas modifizierter Form. Allen Makulabildern gemeinsam und konstant ist die konzentrische Gruppierung ihrer Elemente, der bald gröberen bald feineren Tupfen, und die im Bilde oben liegende Halbkreissichel, inkonstant und nur bei starker Beleuchtung sichtbar die Lichtringe, welche die Leuchtkraft ihrer Umgebung um vieles übertreffen. Welcher Teil der Makulabilder der Fovea angehört, bleibt noch zu untersuchen. Olshausen sieht in der oben zitierten Arbeit die Fovea entoptisch als schwarze Sichel. Mein krankes Auge fixiert, wie die entoptischen Beobachtungen ergeben haben, bemerkenswerterweise nicht mit der Fovea sondern mit einem ausserhalb des Makulagebietes gelegenen Netzhautteil (s. Fig. +); es fixiert, da die Makula beschädigt ist, in unbewusster Selbstkorrektur einen sehtüchtigeren Netzhautteil zur Fixation wählend, exzentrisch. Nach links und rechts bieten also Papille und Makula identische Projektionspunkte, oben und unten sind arteriola und venula temporalis retinae sup. et inf. identische Projektionslinien, deren Identität im ophthalmoskopischen und entoptischen Bilde sich durch Vergleichen und Zählen der Gefäße erweisen lässt. Projiziert man diese Punkte resp. Linien aufeinander, so zeigt sich überraschend, dass die Hell- und Dunkelfelder im ophthalmoskopischen Bilde durch nichts, weder durch Form noch durch Farbe, als solche gekennzeichnet sind. Zwei Bilder desselben Netzhautgebietes, das eine ophthalmoskopisch das andere entoptisch gewonnen, von denen das eine mit dem anderen, von den Gefässen abgesehen — den Wegweisern im Chaos der Veränderungen — absolut keine Übereinstimmungen bietet!

Sind die Dunkelfelder wirklich die Skotome, dann ist zur Feststellung der optischen Dignität der Netzhaut bei deren Erkrankung

mit Rücksicht auf die Genauigkeit ihrer Resultate die entoptische Methode die brauchbarere, mit Rücksicht auf ihre praktische Verwendbarkeit die perimetrische.

Was die Vaskularisation des Hell-Dunkelfeld-Bildchens anlangt, so ist dieselbe, wie schon erwähnt, äusserst spärlich. Nur wenige Gefässe groben Kalibers mit verdickten Wandungen, fast ohne alle Seitenäste geschweige denn subtilste Verzweigungen, ohne gegen das Ende sich verjüngenden Auslauf, stellenweise scheinbar abgebrochen, versorgen das Netzhautgebiet, das im entoptischen Bilde des gesunden Auges gerade durch den grossen Reichtum feinsten Gefässverzweigungen sich auszeichnet (s. Fig. 3). Mit Methode B sichtbar gemacht, zeigen sich im entoptischen Bilde des gesunden Auges selbst die grössten Gefässe noch lichtdurchscheinend, während die Gefässe im Hell-Dunkelfeld-Bildchen von fast undurchdringlichem Dunkel sind. Wie im entoptischen Bilde des gesunden Auges so sind auch in dem des kranken bei Anwendung von Methode B die Gefässe mit Lichtufern eingefasst, welche die Leuchtkraft ihrer Umgebung bei weitem übertreffen. In seiner Form von den übrigen Gefässen im Hell-Dunkelfeld-Bildchen abweichend erscheint das baumförmig auf dem umfangreichsten Skotom sich erhebende. Abweichend von den übrigen ist auch ein Gefässstorso, das lichtklar in seinem Bett aber in schwarze Ufer gefasst, konstant sowohl bei Anwendung von Methode A wie B in der Makula auftaucht (s. Fig.). Die Gefässarmut im Hell-Dunkelfeld-Bildchen ist mit der Atrophie der Netzhaut in den chorioiditisch erkrankten Gebieten sehr gut in Einklang zu bringen.

Wenn das Dunkel der Dunkelfelder oben als undurchdringlich bezeichnet wurde, so ist das bei mittleren und schwachen Beleuchtungsgraden unter allen Umständen für sämtliche Dunkelfelder richtig, bei sehr starker Beleuchtung jedoch nur mit der Einschränkung, dass im Bereich des grossen halbkreisförmigen Skotoms und der kleineren fleckigen das Dunkel an zerstreuten kleineren Stellen dadurch als durchdringlich zu erkennen ist, dass hin und wieder ein Gefässstorso als Fortsetzung der in den Hellfeldern sichtbaren Gefässe schattenhaft angedeutet im Dunkel der Dunkelfelder auftaucht. Bei jeder Lichtintensität undurchdringlich erweist sich das grösste Skotom im unteren Teile des Hell-Dunkelfeld-Bildchens.

Was die Form der Skotome angeht, so sind sie in der Mehrzahl rundrandig und dadurch als frühere Entzündungsherde charakterisiert. An manchen Stellen erscheint ihr Rand glatt an anderen sich krümlig in den Hellfeldern verlierend. Die Krümel und Stippchen, aus denen

sich auch die Makulazeichnung zusammensetzt, sind als kleinste sehtote Gebiete aufzufassen.

Wie Dignität der Dunkelfelder so ist auch die der Hellfelder nicht an allen Stellen gleichwertig. Die Unterschiede im Hell der Hellfelder treten allerdings nur bei Methode B und verwandten zutage, sind daher in der Zeichnung nicht wiedergegeben. Diese Unterschiede bestehen darin, dass die Hellfelder makulawärts des grossen halbkreisförmigen Skotoms wie mit einem dichten aber durchsichtigen Faserwerk verfilzt und darum weniger lichtkräftig erscheinen als die papillenwärts von jenem gelegenen, welche diese faserige Abdunkelung nicht zeigen und darum einen weit gesunderen Eindruck machen. Jedoch ist auch dieses Hell dem im entoptischen Bilde des gesunden Auges nicht gleichwertig. Aber auch jedes der grossen Hellfelder für sich zeigt nicht allenthalben vollkommene Gleichmässigkeit, vielmehr wechseln helle und weniger helle Bezirke verschiedener Grösse bunt miteinander ab. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die im ophthalmoskopischen Bilde sichtbaren Pigmentschollen, soweit sie im entoptischen Bilde in den Bereich der Hellfelder des Helldunkelfeld-Bildchens fallen, in den Hellfeldern als Bezirke von geringerer Leuchtkraft imponieren.

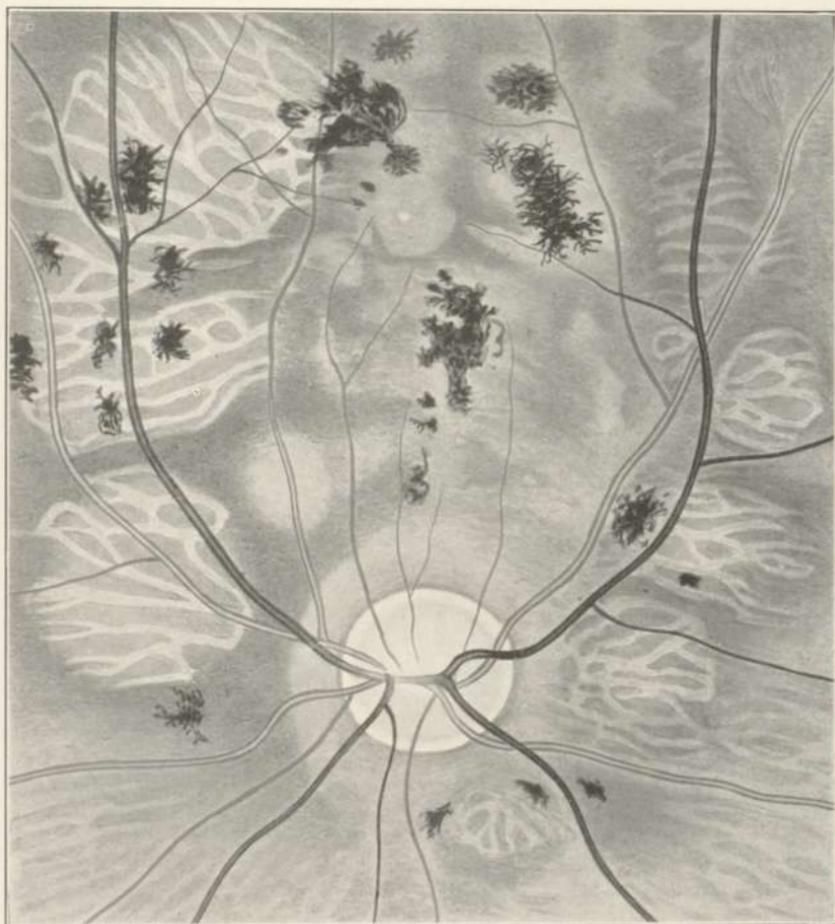
Mit dieser Beschaffenheit der Hell- und Dunkelfelder steht die Sehfähigkeit des Auges im direkten und indirekten Sehen ganz im Einklang, indem einmal die Gegenstände im Bereich der Hellfelder entsprechend der beschriebenen Art und Variation ihrer Beschaffenheit nicht vollkommen klar aber erkennbar und im Bereich der Dunkelfelder, wo diese absolut sehtot sind, überhaupt nicht sichtbar, und wo sie nicht ganz und gar lichtunempfindlich, nur als irgend etwas in die Erscheinung treten, dessen Farben und noch mehr Formen der Erkennung unüberwindliche Schwierigkeiten machen.

Mit der Erkenntnis, dass die Skotome nicht in allen ihren Teilen absolut zu sein brauchen, ist wohl auch der Schlüssel dafür gegeben, dass sich dieselben durch Perimetraufnahme nur sehr unsicher und ungenau umgrenzen lassen. Es ergibt sich ferner, dass in den Gebieten, die durch Perimetraufnahme nicht als Skotome festzustellen sind, die Sehkraft nicht intakt zu sein braucht, sondern nach Ausweis des Hell-Dunkelfeld-Bildchens ebenfalls eingeschränkt sein kann, ohne jedoch dadurch einem Skotom gleichwertig zu sein.

Die Eindrücke, welche Methode A von den über die Grenzen des Hell-Dunkelfeld-Bildchens hinaus gelegenen Hell- und Dunkelfeldern vermittelt, sind so flüchtig, so wenig scharf und je weiter

von der Makula um so weniger zueinander kontrastierend, dass ich darauf verzichten musste, sie nachzuzeichnen, und mich entschloss, die Grenzen des mit Methode A veranschaulichten Hell-Dunkelfeld-Bildchens mit den Grenzen des mittels Methode B gewonnenen zu identifizieren, wobei der Naturtreue insofern kein Eintrag getan wird, als das Bildchen nach Schärfe der Konturen und Prägnanz des Kontrastes seiner Gebilde faktisch den Kern des im eigenartigen Wechsel zwischen Hell und Dunkel gesehenen Netzhautgebietes wiedergibt, zumal dieser Kern bei den allermeisten Versuchen mit Methode A ganz allein zutage tritt, und zwar im Rahmen der grauschwarzen lichtschimmernden Umgebung, ganz wie es Fig. 2 veranschaulicht.

Die Papille als solche und deren Grenzen konnte ich mit Methode A trotz vielen Bemühens nicht entoptisch wahrnehmen; ihre Lage ist allerdings, wie schon erwähnt, entoptisch gekennzeichnet durch die deutlich sichtbare Ausmündung der Arteria und Vena centralis retinae und ihrer Äste.



Figur 1.

Gahlen, Entoptischer Befund bei Chorioretinitis.

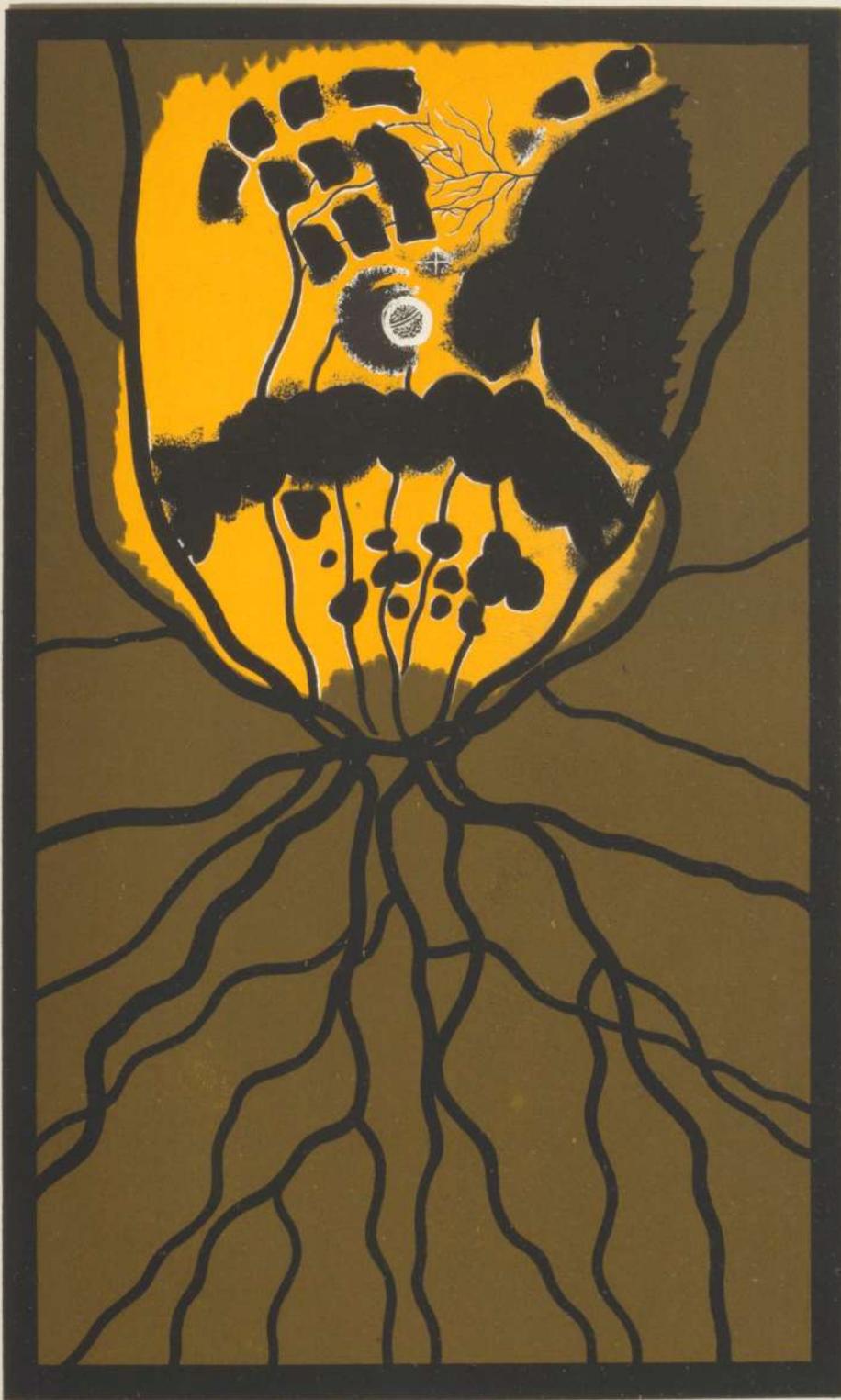


Fig. 2.

Gallen, Entoptischer Befund bei Chorioretinitis.



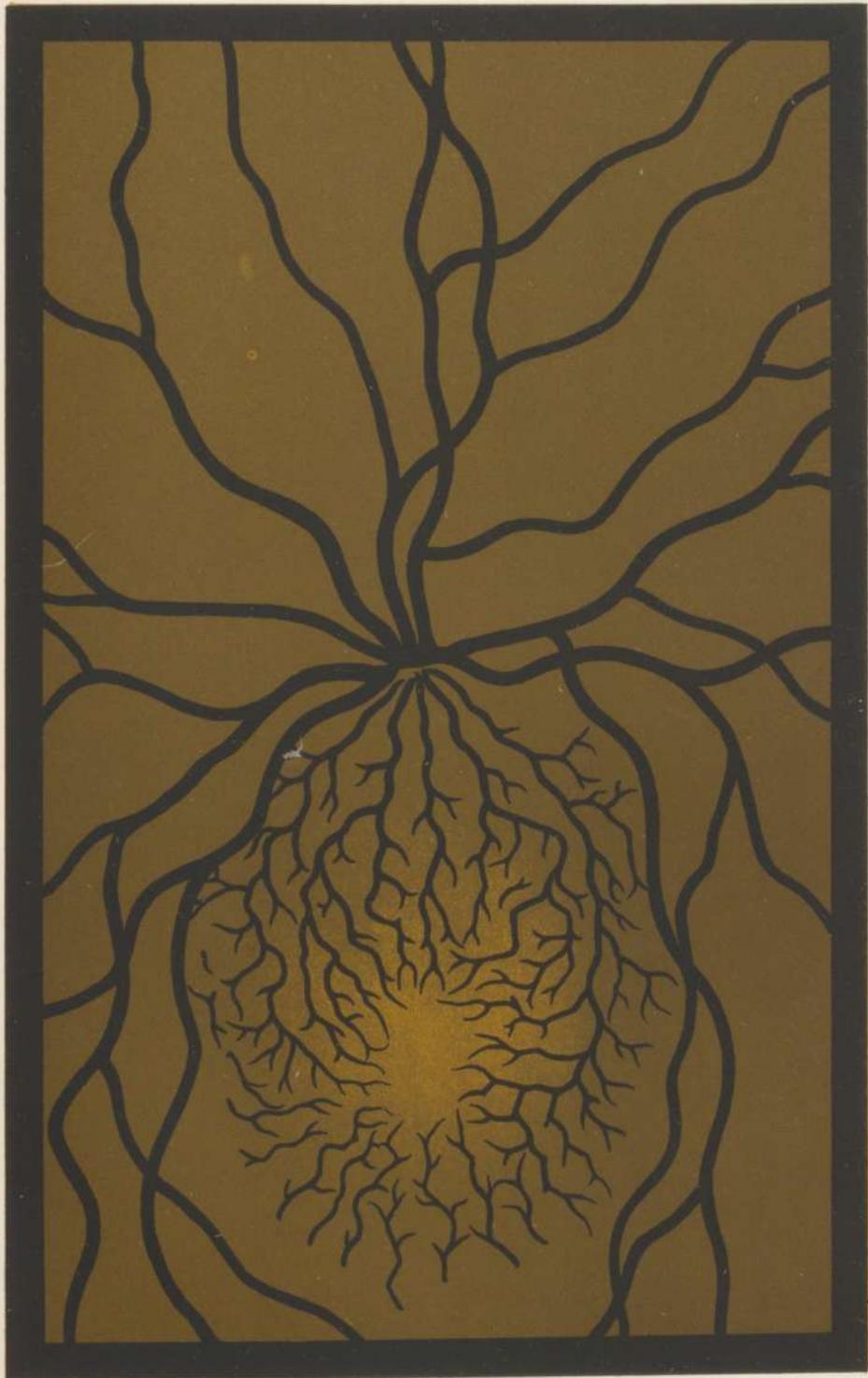


Fig. 3.

Gahlen, Entoptischer Befund bei Choriooretinitis.

Studien über die Bakterienflora des Mains bei Würzburg in qualitativer und quantitativer Hinsicht.

Von
August Reiss.

I. Einleitung.

Literatur und Aufgabe.

In der Literatur sind bisher wenig qualitative bakterio-
logische Wasseruntersuchungen veröffentlicht. Grössere Reihen von
„Wasserbakterien“ sind schon von *Maschek* (18)*), *Adametz* (1),
Frankland (11), *Flügge* (9), *Zimmermann* (35), *Tils* (32), *Tataroff* (30),
Lustig (15), *Mez* (19) und *Migula* (20) auf Grund eigener Beobachtungen
und Untersuchungen beschrieben worden. Bei einem grossen Teil
der vorhandenen Bakterienbeschreibungen machen sich leider gewisse
Mängel auffällig bemerkbar und zwar in erster Linie, hauptsächlich
bei den älteren Arbeiten, eine oft sehr störende Unvollständigkeit
in der Aufzählung charakteristischer Merkmale. Daran sind die
Autoren natürlich meist unschuldig, denn wir halten heute viele
namentlich biologisch-chemische Merkmale für wichtig, welche dies
nach früherer Auffassung nicht waren. Neben dieser Unvollkommen-
heit leiden aber die meisten Bakterienbeschreibungen und bisweilen
auch die recht ausführlich gehaltenen, an einem anderen Fehler,
nämlich, dass sie sich nicht recht miteinander vergleichen lassen
wegen der etwas verschiedenen Zusammensetzung der angewendeten
Nährböden. Geringfügige Schwankungen in der chemischen Zusammen-
setzung der Nährböden können auf das Wachstum einer Kultur,
auf die Farbstoffentwicklung derselben u. s. w., einen bedeutenden
Einfluss ausüben. In neuerer Zeit schenkt man auch diesem Gebiete
mehr Beachtung.

*) Die Zahlen bedeuten die Nummern des alphabetisch geordneten Literatur-
verzeichnisses am Schlusse der Arbeit.

Endlich dürften *Zimmermann*, *Lustig*, *Mez* und namentlich *Migula* wohl bei ihren Beschreibungen der Wasserbakterien in der Aufstellung von Arten zu weit gegangen sein. *Mez* unterscheidet in seinem Lehrbuch „Mikroskopische Wasseranalyse“ bei dem Kapitel „die Mikroorganismen des Süsswassers“ über 300 Arten von Bakterien. *Zimmermann* hat die Bakterien unserer Trink- und Nutzwässer beschrieben und suchte dabei 89 verschiedene Spezies, die grösstenteils der Chemnitzer, in zweiter Linie der Dresdener Wasserleitung entstammten, möglichst treu zu charakterisieren. Mit den Spezies im Trinkwasser beschäftigen sich weiter die Arbeiten von *J. Maschek*, welcher 55 verschiedene Bakterienarten aus den Leitmeritzer Trinkwässern isolierte und näher kennzeichnete, von *L. Adametz*, der 87 Wasserbakterien charakterisierte und von *Grace C. Frankland* (11), und *Percy F. Frankland* (11), welche 9 Arten aus englischen Wässern veröffentlichten. Ausserdem beziehen sich noch auf Trinkwasser 4 Dissertationen, nämlich: „Bakteriologische Untersuchung der Freiburger Leitungswässer von *Tils*, dessen Beschreibungen der Arten als zu knapp gehalten bezeichnet werden dürften, „die Dorpater Wasserbakterien“ von *Tataroff*, der 40 Arten aus den Brunnenwässern von Dorpat stammend beschrieben hat, dann „Bakteriologische Untersuchungen über Bernische Wasserversorgung“ von *Manoiloff* (16), welcher 10 verschiedene Arten von Bakterien aus den Brunnenwässern von Bern isolierte, aber mehr Gewicht auf die quantitative Bestimmung der Keimzahlen legte; schliesslich noch eine unter Leitung von Herrn Prof. Dr. *Kunkel* verfasste Arbeit von *Fritz Besser* (2): „die Bakterien des Würzburger Leitungswassers“. *Besser* zählte in 1 ccm Wasser im Sommer durchschnittlich 15 und im Winter durchschnittlich 11 Keime und unterschied 4 verschiedene Arten, die er mit *Bacterium A, B, C, D* benannte. Über Trinkwasser und Grundwasser liegen sonst noch zahllose Keimzählungen vor, die uns hier nicht interessieren.

Über Flusswasser bringen zahlreiche Arbeiten resp. Gutachten auf dem Gebiete der Frage der Verunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse Keimzählungen ohne Speziesbestimmung. Ich erwähne als Beispiele die bakteriologischen und chemischen Untersuchungen von *Breidenbach* (3)*, *Dahmen* (5), *Dirksen* und *Spitta* (6), *Dräer* (7), *Fitzau* (8), *Frank G.* (10), *Meyer E.* (19), *Prausnitz* (24), *Rubner* (26), *Schlatter* (27), *Stutzer* und *Knublauch* (29), *Thomann* (31); dann die

*) Die Nummern siehe Literaturverzeichnis.

verschiedenen Gutachten, die im Auftrage des Kaiserlichen Gesundheitsamtes von *Ohlmüller* (23), *Wolffhügel* und *Riedel* (33) u. a. geliefert wurden.

In all den letzterwähnten Arbeiten und Gutachten begnügte man sich bei der bakteriologischen Wasseruntersuchung mit Feststellung der Keimzahlen in 1 ccm Wasser, ohne nach den verschiedenen Bakterienarten zu fragen.

Über die Artenbestimmung im Flusswasser kam mir nur die Dissertation von *Stahl* (1904) in Händen: „Bakteriologische und chemische Untersuchungen über Verunreinigung und Selbstreinigung kleinerer Flussläufe in der Umgebung von Freiburg i. Br.“ *Stahl* teilt die von ihm isolierten Bakterienarten, die er hauptsächlich nach *Flügge* bestimmt hat, nach ihren Eigenschaften und sonstigen Merkmalen in 5 Gruppen ein: Wasserbakterien, *Proteus*-Arten, Koliartige, denitrifizierende und Gärungsbakterien. Zu den eigentlichen Wasserbakterien zählte er die verschiedenen fluoreszierenden Arten, die Farbstoff bildenden Sarcinen, Mikrokokken und Bakterien, weiterhin die Arten, die von der Erdoberfläche aus in das Wasser geraten, wie *Bac. mesentericus* und *Bac. vulgatus*; dann noch die Rosa-Hefe. *Stahl* hat anscheinend bei seinen Untersuchungen nicht auf Sporenbildung geprüft, gebraucht daher auch nicht die Bezeichnungen *Bacterium* und *Bacillus*.

Ausführliche Untersuchungen über die Spezies im Wasser grösserer Flüsse sind bisher, wie es scheint, kaum gemacht worden, trotzdem die Kenntnis der darin enthaltenen Bakterienarten für die gründliche Beurteilung der hygienischen Beschaffenheit eines Wassers mit Recht allgemein für wichtig gehalten wird. Lange Zeit hat man ein Wasser nach der Zahl der in 1 ccm desselben enthaltenen, entwicklungsfähigen Keimen geschätzt, ist aber jetzt zu der Überzeugung gekommen, daß neben der Anzahl auch namentlich die Art der im untersuchten Wasser enthaltenen Bakterien zu berücksichtigen sei.

Schon *Migula*¹⁾ und *Dahmen*²⁾ weisen darauf hin, dass bei Beurteilung eines Wassers es weniger Zweck hat, die Anzahl der in 1 ccm Wasser enthaltenen Bakterien zu bestimmen, als vielmehr die bei Bruttemperatur gewachsenen Arten zu diagnostizieren, da sich unter diesen die Krankheitserreger befinden müssen, auf welche

1) Zentralblatt f. Bakt. Bd. VIII. S. 353.

2) Zentralblatt f. Bakt. Bd. XII. S. 302.

zu fahnden immer die erste Aufgabe der bakteriologischen Wasseruntersuchung sein solle.

Zum Teil dürfte die ungenügende Kenntnis der Bakterienarten grösserer Flüsse darin begründet sein, dass die Ausführung der längere Zeit hindurch fortzusetzenden Untersuchungen einen nicht unerheblichen Zeitaufwand beansprucht und für den Bakteriologen sowie andere, ungelöste Fragen existieren, deren Beantwortung für lohnender gehalten wird. In Wirklichkeit ist eine möglichst genaue Erforschung sämtlicher im Flusswasser vorkommenden Bakterienarten nicht nur vom rein wissenschaftlichen Standpunkte aus erwünscht, sondern sie hat für die meisten Flüsse auch eine grosse praktische Bedeutung. Nicht nur interessiert die Frage, ob und in welcher Verbreitung und Ausdehnung pathogene Arten in einem Flusswasser vorkommen, sondern es ist oft ebenso wichtig, bakteriologisch feststellen zu können, ob ein Flusswasser mit einer nahegelegenen Grundwasserversorgung zusammenhängt, ob Keime, die in einem filtrierten Wasser vorhanden sind, aus dem Flusswasser oder aus dem Filter stammen.

Speziell über Mainbakterien bei Würzburg wurde schon verschiedentlich gearbeitet. Im Jahre 1886 hat *Rosenberg* (24)¹⁾ im Laboratorium von Herrn Prof. Dr. *Kunkel* eine Arbeit verfasst, in welcher er die Bakterien, die das Mainwasser oberhalb und unterhalb Würzburg führt, zählte und nach verschiedenen Spezies ausschied, die er mit den Buchstaben a, b, c, d u. s. w. bezeichnete. Die Gesichtspunkte, unter welchen *Rosenberg* die morphologischen und biologischen Verhältnisse studierte, sind, wie es zu jener Zeit selbstverständlich war, nicht zahlreich genug. Indem er alle damaligen Hilfsmittel der Bakterienuntersuchung verwendete, legte er zu grosses Gewicht auf die Beobachtung und das Studium derjenigen Erscheinungen, die schon makroskopisch oder mit einfachen Hilfsmitteln festzustellen und als differentielle Merkmale zu benützen sind. Recht geringe Abweichungen im makroskopischen Aussehen der Kulturen genügten ihm zur Aufstellung einer neuen Art. Daneben benützte er noch zum Teil das mikroskopisch verschiedene Aussehen auf Gelatineplatten. Die sonstigen Eigenschaften der Spezies auf anderen Nährböden stellte er nicht genügend fest und prüfte auch nicht ihre chemischen Leistungen; Zuckernährböden wurden z. B. nicht verwendet. Auch die Sporenbildung liess er ziemlich ausser acht und versuchte auch keine Differenzierung mittels der Färbbarkeit nach *Gram*. Seine von den Bakterien gegebenen Charakteristiken genügen

1) Siehe Literaturverzeichnis.

vielfach nicht mehr, um Bestimmungen darnach vornehmen zu können; es lassen sich daher auch Vergleiche meiner aus dem Mainwasser isolierten Arten mit denen von *Rosenberg* nicht regelrecht durchführen. Einige Versuche von Vergleichen der von mir gefundenen Spezies mit *Rosenberg's* Formen werde ich später anführen. Während er in der Unterscheidung nach nebensächlichen, rein äusserlichen Kennzeichen entschieden zu weit gegangen ist, hat er keine Benennung der einzelnen Arten durchgeführt.

Fitzau hat unter Leitung von Herrn Prof. Dr. *K. B. Lehmann* in seiner Dissertation vom Jahre 1893 „über den Einfluss der Würzburger Schwemmkanalisation auf den Main“ Zählungen der Keime des Mainwassers oberhalb, in der Stadt und unterhalb ausgeführt, ohne sich um die Arten zu kümmern.

15 Jahre später hat *Breidenbach* im gleichen Laboratorium in der preisgekrönten Abhandlung über den „Zustand des Mainwassers und der Mainufer, oberhalb, unterhalb und innerhalb Würzburgs“ neben der chemischen Bearbeitung des Themas an Wasserproben von mehreren Stellen in ähnlicher Weise wie *Fitzau* eine Reihe von Keimzählungen angestellt und namentlich den Einfluss des neuen Sammelkanals studiert.

Meine Arbeit soll durch Bestimmung der verschiedenen Arten der Bakterien des Mains versuchen, einen Schritt weiterzukommen, als es meinen Vorgängern gelungen war. Herr Prof. Dr. *Lehmann* stellte mir speziell folgende Aufgaben:

1. Ermittlung der im Main an verschiedenen Stellen vorkommenden Arten unter genauer Bestimmung derselben nach den Lehrbüchern.
2. Bestimmung der relativen Häufigkeit der einzelnen Arten mindestens oberhalb und unterhalb. Es sollte gesehen werden, wie sich die qualitative und quantitative Zusammensetzung der Bakterienflora ändert nach Lokalität, Wasserstand und Jahreszeit.

Zur Durchführung dieser Aufgaben habe ich mich als Anfänger in der Bakteriologie zunächst zwei Semester eifrig mit Vorarbeiten beschäftigt, die in der Einübung der bakteriologischen Technik, in Übungen im Bestimmen von Bakterien und in der Ausbildung der für die Versuche praktischen Methode bestanden. Beim Bestimmen, d. h. bei der Ermittlung der Diagnose der Arten boten sich mir anfänglich ziemliche Schwierigkeiten. Im 3. Semester konnte ich mit der Durchführung der gestellten Aufgaben beginnen, indem ich zunächst ziemlich viele Zählungen der Gesamtkeime ausführte und eifrige Speziesstudien machte. Speziell wurde die Frage des Vor-

kommens von *B. coli* studiert. Die selteneren der gefundenen Bakterienarten habe ich selbst gezeichnet und gemalt. In der zweiten Hälfte des 4. Semesters benützte ich die Gelegenheit des starken Hochwassers und suchte unter Verwendung mehrerer Nährböden möglichst viele Spezies aus demselben zu isolieren. In den beiden letzten Semestern konnte ich dann der schwierigen Aufgabe näher treten, alle auf Gelatine und Agar entwicklungsfähigen Keime, die eine bestimmte Wassermenge enthält, zu bestimmen.

Ich bin mir sehr wohl bewusst, dass meine Zählungen der Gesamtkeime nichts wesentlich Neues bringen, halte aber meinen Nachweis vom Vorkommen von 73 Arten im Mainwasser — darunter manche seltenere — für einen sehr erheblichen Fortschritt gegenüber *Rosenberg's* Ermittlungen. Ich hätte die Zahl leicht vermehren können, wenn ich nach dem Vorgehen mancher Autoren — so auch *Rosenberg* — auf jede kleinste Abweichung zweier Kulturen eine neue Art gegründet hätte. Mir schien es richtiger, in Anlehnung an den Standpunkt meines Lehrers Herrn Prof. Dr. *Lehmann*, Ähnliches und sehr Ähnliches mehr zusammenzufassen und unter anerkannten Speziesbezeichnungen unterzubringen, eventuell, wo es nötig schien, mit einem Hinweis darauf, dass meine Art in irgend einer Eigenschaft etwas vom Typus abweicht.

Ganz neu ist der Versuch in meiner Arbeit, einen Einblick zu gewinnen in die relative Häufigkeit der einzelnen Arten. Nur erwies sich diese Arbeit so mühsam und zeitraubend, dass ich mich begnügen musste, zwei vollständige Untersuchungen nach dieser Richtung durchzuführen. Allerdings können die hierbei gewonnenen Resultate keinen Anspruch auf absolute Genauigkeit erheben, sondern sie sind nur als einigermassen annähernde Werte anzusehen. Das von Herrn Prof. Dr. *Lehmann* entworfene Programm erwies sich so umfangreich, dass mir beim grössten Fleiss nur die Bearbeitung eines relativ kleinen Teiles möglich war. Mögen bald weitere bakteriologische Arbeiten die von mir begonnenen Untersuchungen fortführen!

II. Methodik der Untersuchungen.

Um der gestellten Aufgabe möglichst gerecht zu werden, wählte ich als Zeitpunkt der Wasserentnahme meist solche Tage, an denen nach vorausgegangenem, mehrtägigem klarem Wetter der Wasserstand ziemlich niedrig war und das Wasser möglichst rein erschien. Nur

2 Proben wurden bei Hochwasser geschöpft. Die ersten Proben¹⁾ entnahm ich von der Fähre aus (2) oberhalb der ersten Häuser der Stadt, jeweils in sterilisierten Kolben, tief genug, um nicht etwaigen Schmutz der Oberfläche zu bekommen, aus der Mitte des Flusses. Stets sofort nach der Rückkehr ins Laboratorium, etwa eine halbe Stunde nach der Entnahme, kamen die Wasserproben zur Verwendung.

Bei den ersten Untersuchungen stellte ich zunächst nur Zählversuche der Gesamtkeime an, indem ich eine grössere Anzahl Platten mit 0,1 ccm Mainwasser goss.

Das Giessen der Platten geschah folgendermassen: Mit sterilen Pipetten entnahm ich die jeweiligen Wassermengen aus der zu untersuchenden Probe und brachte dieselben in sterile Petrischalen; hernach goss ich dazu je ein Röhrchen der verschiedenen, geschmolzenen Nährböden. Die Flüssigkeit suchte ich durch vorsichtiges Hin- und Herbewegen der Schalen ordentlich zu vermischen.

Als Nährböden dienten bei dem 1. Zählversuch Koch'sche Bouillon-Pepton-Gelatine²⁾, Nähragar³⁾ und saurer Agar³⁾ und gleichzeitig wurde ein Vergleich der Keimzahlen festzustellen versucht, welcher Nährboden durchschnittlich die höchste Keimzahl liefere. Sämtliche verwendeten Nährböden wurden bis nahe an den Phenolphthalein-Testpunkt mit Normalnatronlauge neutralisiert.

Bei der 2ten und 3ten Zählung an 2 Proben des Hochwassers vom Jahre 1909 verwendete ich ausser Gelatine und Agar noch die in der Literatur als „die geeignetsten angegebenen Nährböden für die Erreichung der höchsten Keimzahlen“, nämlich die von *Schütz*⁴⁾, *Hesse* und *Niedner*⁵⁾ und *Prall*⁶⁾ empfohlenen Nährböden.

Ich suchte aus den beiden sehr verunreinigten Wasserproben auch möglichst viele voneinander verschiedene Bakterienarten zu bekommen. In einem Verzeichnis lasse ich sämtliche aus dem Hochwasser isolierten Arten folgen, die neu zu denen des Niederwassers

1) Die einzelnen Entnahmestellen auf beigegebenem Plan. Die Einzeichnung des Sammelkanals verdanke ich dem Entgegenkommen des Herrn Ingenieur *Hauck* (Stadtbauamt I).

2) Alle Gelatine- und Agarnährböden habe ich statt mit Fleischwasser mit 2% *Liebig's* Fleischextrakt hergestellt.

3) Dem neutralisierten Agar wurden pro Liter 20 ccm Normallessigsäure zugesetzt.

4) *Schütz*: Dest. Wasser 1 l; Gelatine 50 g; Agar 7,5 g; Pepton 20 g.

5) *Heyden-Agar* (*Hesse* und *Niedner*): Dest. Wasser 1 l; Agar 12,5 g; Nährstoff *Heyden* 7,5 g.

6) *Prall*: Dest. Wasser 1 l; Gelatine 50 g; Agar 7,5 g; Albumose 7,5 g.

hinzukommen. (Vergl. pag. 29). Den Versuch der Bestimmung einer relativen Häufigkeit der einzelnen Arten in diesem Hochwasser konnte ich leider nicht ausführen, weil die Platten zu sehr mit Kolonien überwuchert und daher nicht dazu geeignet waren. Ich kann nur einige Gesamtkeimzahlen anführen, aus denen ich keine grösseren Schlüsse ziehen darf, weil nur je eine Platte zählbar war.

Nachdem ich aus diesen Orientierungsversuchen den Eindruck erhalten hatte, dass Nähragar und der von *W. Hesse* und *Niedner* (Zentralblatt für Bakteriologie Band 29 S. 460) empfohlene Albumose-Nährboden die geeignetsten Nährböden zur Erhaltung vieler verschiedener Arten seien, verwendete ich diese beiden Nährsubstrate bei dem 4. Zählversuch und gleichzeitig ersten Versuch einer quantitativen Bestimmung aller Keime an einer Wasserprobe bei niederem Pegelstand (80 cm) von oberhalb der Stadt. Ich goss eine grössere Anzahl Platten mit starken Verdünnungen, die mit sterilem Wasser hergestellt wurden. Nachdem die Platten bei Zimmertemperatur aufbewahrt waren, impfte ich nach 6 Tagen von sämtlichen Platten alle gewachsenen Keime ab und bestimmte jeden einzelnen Keim. Auf diese Weise war es allein möglich, die relative Häufigkeit der einzelnen Arten zu ermitteln.

Nach den Resultaten der ersten quantitativen Bestimmung erwies sich der Nähragar als das geeignetste Substrat, um recht viele verschiedene Spezies zu erhalten. Auch *Müller*¹⁾ ist der Ansicht, dass wohl auf Albumoseagar die höchste Zahl von Wasserbakterien erreicht werde, aber nicht auch die meisten verschiedenen Arten und nicht auch etwaige pathogene Organismen zur Entwicklung gelangen würden wegen der Überwucherung der saprophytischen Organismen; daher empfiehlt er und auch *Walbaum*²⁾ den gewöhnlichen Agar als den günstigsten Nährboden. Dies veranlasste mich nun, bei der letzten grossen Untersuchung (5. Zählversuch und gleichzeitig 2. quantitativer Bestimmungsversuch) als Nährböden gewöhnlichen Agar und ausserdem die sonst allgemein übliche Nährgelatine zu wählen.

Bei dieser Untersuchung verarbeitete ich 3 Wasserproben, die ich bei dem niederen Pegelstand von 65 cm an folgenden 3 Stellen des Mains (s. Plan. Tafel VI.) entnahm:

Die erste oberhalb der Stadt bei der Fähre (2); die zweite etwa 300 m unterhalb Kloster Himmelsporten (4); die dritte etwa 3 km unterhalb der zweiten Probe, unterhalb der Brücke bei Zell an

1) Archiv f. Hygiene. Bd. XXXVIII. S. 350.

2) Zentralblatt f. Bakt. Bd. XXX. S. 793.

der Kilometertafel 247. (5.) In den Tabellen (pag. 13 u. 33—36) sind diese 3 Entnahmestellen mit: Oberhalb (Fähre), Himmelspforten und Zell bezeichnet.

Die zweite Wasserentnahme war an der Stelle, von der man annehmen konnte, dass das freie Flusswasser mit dem Sammelkanal, der die Abwässer der Stadt bringt, ordentlich vermischt ist. Ich hielt es für interessant, noch eine dritte Probe zu schöpfen, — was zwar nicht in der gestellten Aufgabe vorgesehen war —, um einen Einblick zu bekommen, wie sich der Bakterienbestand nach dieser 3 km Entfernung verhält. Die sämtlichen 3 Wasserproben sind der Mitte des Flusses entnommen. Sie wurden in Zeitabschnitten geschöpft, die der Geschwindigkeit der Wasserströmung entsprechend waren. Die erste Probe 9 Uhr, die zweite 11 Uhr und die dritte Probe 11 $\frac{1}{2}$ Uhr vormittags. Bei dieser Untersuchung machte ich gleichfalls den Versuch einer quantitativen Artenbestimmung. Wiederum bestimmte ich sämtliche Keime, die auf der grossen Anzahl von Gelatine- und Agar-Platten gewachsen waren. Ich suchte einen Unterschied der Keimzahlen und der verschiedenen Arten der 3 Entnahmestellen zu ermitteln. Um vollständig brauchbare Platten zu bekommen, musste ich starke Verdünnungen anstellen. Da nun bei den beiden letzten grossen Untersuchungen die Platten mit verschiedenen Mengen Wasser gegossen wurden, habe ich nicht jede stets spärlich bewachsene Platte mit ihrer Keimzahl auf 1 ccm umgerechnet und dann aus der Summe der Plattenzahlen die Durchschnittskeimzahl berechnet — denn dadurch hätten die Platten mit den verschiedensten Wassermengen die gleiche Dignität bekommen —, sondern ich ermittelte die einzelnen Zahlen der nachfolgenden Tabellen aus der Summe der Keimzahlen aller Platten bezogen auf die Summe der zu allen Platten verwendeten Wassermengen. Es kann natürlich auch dies nur eine einigermaßen annähernde quantitative Übersicht der Bakterienflora vorstellen, da zwar die Methode wohl die beste, aber die verwendete Wassermenge noch zu klein war.

Zum Verständnis der Pegelangaben führe ich einige Zahlen an:

| | | |
|-----|----|--------------------------|
| 33 | cm | niedrigster Stand |
| 122 | „ | mittlerer Stand |
| 734 | „ | höchster Hochwasserstand |
| | | vom 30. März 1845. |

III. Resultate einiger vergleichender Zählungen der Gesamtkeime auf verschiedenen Nährböden.

Im folgenden gebe ich eine Reihe von Zählungen der Gesamtkeime, ohne auf eine qualitative Bestimmung Rücksicht zu nehmen.

Erster Zählversuch vom 1. April 1908.

Wasserentnahme bei klarem Wetter $\frac{1}{2}$ 4 Uhr Nachm. oberhalb der Stadt (Fähre). Pegelstand 128 cm.

Gelatine bei Zimmertemperatur nach 4 Tagen.

| Gelatine | Verdünnung | Keimzahl | | Gelatine verflüssigend | Fluoreszierend |
|-----------|------------|-----------|----------|------------------------|----------------|
| | | wirkliche | in 1 ccm | | |
| 1. Platte | 0,1 ccm | 348 | 3480 | 280 | 50 |
| 2. " | " | 388 | 3880 | 240 | 20 |
| 3. " | " | 365 | 3650 | 160 | 20 |
| 4. " | " | 270 | 2700 | 80 | 0 |
| 5. " | " | 255 | 2550 | 220 | 30 |
| 6. " | " | 252 | 2520 | 80 | 30 |
| 7. " | " | 368 | 3680 | 130 | 30 |
| 8. " | " | 295 | 2950 | 150 | 60 |
| 9. " | " | 411 | 4110 | 230 | 20 |
| 10. " | " | 466 | 4660 | 150 | 0 |

Durchschnittlich in 1 ccm: **3418** Keime, darunter **172** verflüssigende und davon **26** fluoreszierende Keime.

Agar bei Zimmertemperatur.

Agar bei 37°.

| Agar | Verdünnung | Nach 3 Tagen | | Nach 10 Tagen | Nach 3 Tagen Keimzahl in 1 ccm |
|-----------|------------|--------------|----------|-----------------|-----------------------------------|
| | | Keimzahl | | | |
| | | wirkliche | in 1 ccm | | |
| 1. Platte | 0,1 ccm | 330 | 3300 | 4750 | 610 |
| 2. " | 0,1 " | 372 | 3720 | 4900 | 630 |
| 3. " | 0,1 " | 232 | 2320 | 4130 | 260 |
| 4. " | 0,1 " | 174 | 1740 | — ¹⁾ | — ¹⁾ |

Durchschnittlich in 1 ccm: **4593** Keime.

500 Keime.

Saurer Agar bei Zimmertemperatur nach 14 Tagen.

| Saurer Agar | Verdünnung | Keimzahl | |
|-------------|------------|-----------|----------|
| | | wirkliche | in 1 ccm |
| 1. Platte | 0,1 ccm | 22 | 220 |
| 2. " | 0,1 " | 22 | 220 |
| 3. " | 0,1 " | 24 | 240 |
| 4. " | 0,1 " | 4 | 40 |

Durchschnittlich in 1 ccm: **180** Keime.

¹⁾ Unzählbar, weil Oberfläche von Bakterien diffus überwachsen.

Zweiter Zählversuch vom 5. Februar 1909.

Wasserentnahme: 9¹/₄ Uhr vormittags 300 m unterhalb Kloster Himmelsporten, rechtes Ufer (s. Plan. 3). Pegelstand 2,28 m (Hochwasser). Wasser sehr trüb, mit Eismassen. Wassertemperatur 0,5° C.

Gelatine bei Zimmertemperatur nach 4 Tagen.

| Gelatine | Verdünnung ccm | | Keimzahl |
|-----------|-------------------|--------|----------|
| 1. Platte | $\frac{1}{100}$ | 0,01 | 450 |
| 2. " | $\frac{1}{500}$ | 0,005 | 108 |
| 3. " | $\frac{1}{1000}$ | 0,001 | 42 |
| 4. " | $\frac{1}{5000}$ | 0,0005 | 46 |

In 0,0165 ccm: 646 Keime.

In 1 ccm: $\frac{646}{0,0165} = 39152$ Keime.

Heyden-Agar bei 37° Brutschrank nach 3 Tagen.

| Heyden-Agar | Verdünnung ccm | | Keimzahl |
|-------------|-------------------|-------|----------|
| 1. Platte | $\frac{1}{200}$ | 0,005 | 88 |
| 2. " | $\frac{1}{200}$ | 0,005 | 120 |

In 0,01 ccm: 208 Keime.

In 1 ccm: $\frac{208}{0,01} = 20800$ Keime.

Dritter Zählversuch vom 6. Februar 1909.

Wasserentnahme: Heidingsfelderbrücke, linkes Ufer (s. Plan 1). 3¹/₂ Uhr nachmittags. Pegelstand 4,70 m (Hochwasser). Wasser sehr trüb. Wassertemperatur 0,5° C.

Zählungen bei Zimmertemperatur nach 3 Tagen:

Heyden-Agar.

1 Platte mit 1/1000 ccm M. W. 486 Keime.

In 1 ccm: 486000 Keime.

Nährboden Schütz.

1 Platte mit 1/1000 ccm M. W. 315 Keime.

In 1 ccm: 315000 Keime.

Nährboden Prall.

1 Platte mit 1/1000 ccm M. W. 261 Keime.
 In 1 ccm: **261000** Keime.

Agar.

1 Platte mit 1/1000 ccm M. W. 218 Keime.
 In 1 ccm: **218000** Keime.

Zählungen bei 37° Brutschrank nach 3 Tagen:

Agar.

1 Platte mit 1/1000 ccm M. W. 77 Keime.
 In 1 ccm: **77000** Keime.

Heyden-Agar.

1 Platte mit 1/1000 ccm M. W. 37 Keime.
 In 1 ccm **37000** Keime.

Vierter Zählversuch vom 24. Juli 1909.

Wasserentnahme: Oberhalb (Fähre), Flussmitte, 1/25 Uhr nachmittags Pegelstand 80 cm. Klares Wasser. Wassertemperatur: 20° C.

a) Agar bei Zimmertemperatur nach 6 Tagen.

| Agar | Verdünnung ccm | | Keimzahl |
|-----------|--------------------|--------|----------|
| 1. Platte | $\frac{1}{4000}$ | 0,0025 | 8 |
| 2. „ | $\frac{1}{10000}$ | 0,001 | 5 |
| 3. „ | $\frac{1}{20000}$ | 0,0005 | 8 |
| 4. „ | $\frac{1}{20000}$ | 0,0005 | 5 |
| 5. „ | $\frac{1}{20000}$ | 0,0005 | 2 |
| 6. „ | $\frac{1}{50000}$ | 0,0002 | 2 |
| 7. „ | $\frac{1}{50000}$ | 0,0002 | 2 |
| 8. „ | $\frac{1}{100000}$ | 0,0001 | 2 |
| 9. „ | $\frac{1}{100000}$ | 0,0001 | 5 |

In 0,0056 ccm: 39 Keime.

In 1 ccm: $\frac{39}{0,0056} = 6964$ Keime.

b) Albumose-Agar bei Zimmertemperatur nach 6 Tagen.

| Albumose-Agar | Verdünnung ccm | | Keimzahl |
|---------------|--------------------|---------|----------|
| 1. Platte | $\frac{1}{10000}$ | 0,001 | 5 |
| 2. " | $\frac{1}{20000}$ | 0,0005 | 4 |
| 3. " | $\frac{1}{100000}$ | 0,0001 | 3 |
| 4. " | $\frac{1}{200000}$ | 0,00005 | 3 |

In 0,00165 ccm: 15 Keime.

In 1 ccm: $\frac{15}{0,00165} = 9091$ Keime.

Fünfter Zählversuch vom 8. November 1909.

Pegelstand 65 cm. Wassertemperatur 6° C.

a) Gelatine bei Zimmertemperatur nach 4 Tagen.

| Wasserentnahme: Gelatine | Oberhalb (Fähre) | | | Himmelspforten | | | Zell | | |
|-----------------------------|--------------------|---------------|---|--------------------|---------------|----|--------------------|---------------|----|
| | Verdünnung ccm | Keim- zahl | | Verdünnung ccm | Keim- zahl | | Verdünnung ccm | Keim- zahl | |
| 1. Platte | $\frac{1}{4000}$ | 0,0025 | 4 | $\frac{1}{40000}$ | 0,00025 | 14 | $\frac{1}{4000}$ | 0,0025 | 21 |
| 2. " | $\frac{1}{4000}$ | 0,0025 | 9 | $\frac{1}{40000}$ | 0,00025 | 6 | $\frac{1}{4000}$ | 0,0025 | 28 |
| 3. " | $\frac{1}{100000}$ | 0,001 | 5 | $\frac{1}{180000}$ | 0,0001 | 6 | $\frac{1}{100000}$ | 0,001 | 17 |
| 4. " | $\frac{1}{100000}$ | 0,001 | 3 | — | — | — | $\frac{1}{100000}$ | 0,001 | 12 |

In 0,007 ccm: 21 K.

In 1 ccm:

$$\frac{21}{0,007} = 3000 \text{ K.}$$

Oberhalb.

In 1 ccm: 3000 K.

In 0,0006 ccm: 26 K.

In 1 ccm:

$$\frac{26}{0,0006} = 43333 \text{ K.}$$

Himmelspforte.

In 1 ccm: 43333 K.

In 0,007 ccm: 78 K.

In 1 ccm:

$$\frac{78}{0,007} = 11143 \text{ K.}$$

Zell.

In 1 ccm: 11143 K.

b) Agar bei Zimmertemperatur nach 6 Tagen.

| Wasserentnahme: Agar | Oberhalb (Fähre) | | | Himmelspforten | | | Zell | | |
|-------------------------|--------------------|---------------|---|--------------------|---------------|----|--------------------|---------------|----|
| | Verdünnung ccm | Keim- zahl | | Verdünnung ccm | Keim- zahl | | Verdünnung ccm | Keim- zahl | |
| 1. Platte | $\frac{1}{4000}$ | 0,0025 | 8 | $\frac{1}{40000}$ | 0,00025 | 9 | $\frac{1}{4000}$ | 0,0025 | 28 |
| 2. " | $\frac{1}{100000}$ | 0,001 | 3 | $\frac{1}{100000}$ | 0,0001 | 8 | $\frac{1}{100000}$ | 0,001 | 15 |
| 3. " | — | — | — | $\frac{1}{100000}$ | 0,0001 | 11 | — | — | — |

In 0,0035 ccm: 11 K.

In 1 ccm: 3143 K.

In 0,00045 ccm: 28 K.

In 1 ccm: 62222 K.

In 0,0035 ccm: 43 K.

In 1 ccm: 12286 K.

Die Betrachtung dieser Tabellen ergibt folgendes:

Bei dem 1. Zählversuch sind die Keimzahlen der einzelnen Gelatineplatten nicht wesentlich voneinander verschieden. In der 1. Tabelle habe ich jeweils bei den 10 Platten die die Gelatine verflüssigenden Keime und von diesen wieder die fluoreszierenden Keime ausgeschieden.

Die Durchschnittszahl der Keimzahlen der 10 Gelatineplatten ist 3418 Keime, darunter — wie ich vorgreifend hervorhebe — durchschnittlich 172 Gelatine verflüssigende und davon im Mittel 26 fluoreszierende Keime. Nach diesen Resultaten ist die Zahl der die Gelatine verflüssigenden Keime des Mainwassers weit geringer als die der nicht verflüssigenden Arten. Darnach sind im freien Flusswasser von sämtlichen Keimen nur 5⁰/₁₀₀ die Gelatine verflüssigende Keime.

Rosenberg hat nach seiner Dissertation „über die Bakterien des Mainwassers“ 3,5⁰/₁₀₀ verflüssigende Formen gefunden.

Einige Beobachtungen bei diesen Zählungen will ich hier erwähnen. Unter den Verflüssigenden unterschieden sich schon in den ersten Tagen einige deutlich fluoreszierende Stämme von den übrigen nicht fluoreszierenden Verflüssigenden, die ich als *B. punctatum* ansprach. Nach 7 Tagen machte ich an den Gelatineplatten folgende überraschende Beobachtung:

Auf der grossen Mehrzahl der Platten zeigten die Kolonien von *B. punctatum* nunmehr deutliche Fluoreszenz und waren nicht mehr zu unterscheiden von denen von *B. fluoreszens*; nur auf der 4. und 10. Platte waren nicht fluoreszierende Punktaten zu sehen.

Weitere nähere Untersuchungen über *B. fluoreszens* unterliess ich, da Herr Prof. Dr. *Lehmann* meinen Kollegen Herrn *Stettenheimer* beauftragte, über die nahe Verwandtschaft dieser beiden Arten weitere Studien vorzunehmen.

Die Verwendung des Nähragars bei dem 1. Zählversuch hat nach der Tabelle eine etwas höhere Durchschnittszahl der Gesamtkeime ergeben. Bedeutend geringer ist die durchschnittliche Keimzahl der Agarplatten bei 37⁰ Brutschrank. Es hängt dies offenbar damit zusammen, dass die Wasserbakterien grösstenteils psychrophil sind. Eine noch viel geringere Durchschnittszahl der Gesamtkeime ergab sich bei Verwendung des sauren Agar; auch dies erstaunt nicht.

Bei dem 2. und 3. Zählversuch, die ich an den beiden Hochwasserproben mit Benützung der Nährböden Gelatine, Agar, Heyden-Agar, von *Schütz* und von *Prall* vornahm, konnte ich nur wenige Platten nach ihrer Gesamtkeimzahl zählen, die übrigen Platten

waren zu sehr mit Keimen überwuchert. Wegen der starken Wasserströmung war es mir nur ermöglicht, diese Proben den Ufern zu entnehmen. Die Mitte des Flusses hätte wohl noch bedeutend höhere Zahlen ergeben. Die gefundenen Keimzahlen der wenigen, brauchbaren Platten genügen aber, um zu erkennen, wie bedeutend die Gesamtkeimzahl des Hochwassers gestiegen im Vergleich zum normalen, niederen Wasser.

Bei der 4. und 5. Zählung der Gesamtkeime, die ich auch alle zu bestimmen suchte, ermittelte ich die Keimzahl in 1 ccm Mainwasser aus der Summe der Keimzahlen aller Platten, bezogen auf die Summe der zu allen Platten verwendeten Wassermengen.

Das Ergebnis der beiden Tabellen des 4. Zählversuches ist, dass auf dem Albumose-Nährboden die höhere Keimzahl erreicht wurde; bei Verwendung von Albumose-Agar ergaben sich 9091 Keime und bei Verwendung von gewöhnlichem Agar 6964 Keime.

W. Hesse und *Niedner* haben mit diesem Nährboden sogar 10—20 mal soviel Keime als auf Gelatine bei Wasseruntersuchungen erhalten, also wohl die höchste Zahl von Keimen, aber nicht auch die höchste Zahl verschiedener Arten. Meine späteren Angaben lassen erkennen, dass ich auch mit dem gewöhnlichen Nähragar mehr verschiedene Arten als bei der Verwendung des Albumose-Agar bekommen habe. Da es mir ja auch besonders darauf ankam, möglichst viele Spezies zu erhalten, so benützte ich zu dem 5. Zählversuch und gleichzeitig quantitativen Bestimmungsversuch als Nährböden Agar und ausserdem die übliche Nährgelatine. Nach den Resultaten wies von diesen beiden Nährböden der Agar durchweg höhere Keimzahlen auf. Aus den beiden Tabellen ist auch ersichtlich, wie sich die Gesamtkeimzahlen der 3 Wasserentnahmestellen ändern. Auf der Gelatine beträgt die Gesamtkeimzahl — auf 1 ccm Wasser berechnet — bei Kloster Himmelsporten das 14fache der Gesamtkeime von oberhalb; die Gesamtkeimzahl bei Zell nur noch das 3,7fache von oberhalb der Stadt Würzburg. Auf dem Agar ist die Gesamtkeimzahl bei Kloster Himmelsporten das 19fache der Keimzahl von oberhalb und bei Zell das 3,9fache von oberhalb Würzburg. Es ist also bei Zell, etwa 3 km noch weiter unterhalb, schon eine bedeutende Abnahme der Gesamtkeime des Mainwassers gegenüber der Entnahmestelle bei Kloster Himmelsporten zu konstatieren.

Vergleiche ich nun die von *Breidenbach* gefundenen Keimzahlen der Zählungen, die in bezug auf die Jahreszeit meinen Zählversuchen entsprechend sind, so würde sich die Zahl *Breidenbach's* im Herbst

(4400 Keime) von oberhalb Würzburg mit meiner im Herbst erhaltenen Gesamtkeimzahl (3000) ungefähr decken, wenn man berücksichtigt, dass *Breidenbach* bei seinen Untersuchungen einen höheren Pegelstand (130 cm) des Wassers hatte als ich (65 cm). Unterhalb Kloster Himmelsporten dagegen fand ich im Herbst beinahe die doppelte Zahl von Keimen (43333) als *Breidenbach* (durchschnittlich 22000). Allerdings musste ich für meine Zwecke stärkere Verdünnungen wählen, was den Keimen ein üppigeres Wachstum auf den Platten zuließ als auf *Breidenbach's* dichten Gelatineplatten; vielleicht erklärt sich so und daraus, dass ich 4 Tage warten konnte bis zum Beginn der Zählungen, befriedigend die Differenz. Bei Zell (etwa 3,3 km unterhalb Kloster Himmelsporten) habe ich noch die Gesamtkeimzahl 11100 gefunden, wie sie *Breidenbach* 800 m nach der Kanaleinmündung bekommen hat, also auch eine relativ hohe Zahl. Die Verwendung der Nährböden Agar und gar noch Heyden-Agar hat bei den gleichen Wasserproben noch weit höhere Zahlen der Gesamtkeime ergeben. *Rosenberg*, *Fitzau* und *Breidenbach* benützten als Nährboden zu ihren Zählungen nur Gelatine. *Breidenbach's* Keimzahlen stimmen mit denen von *Fitzau* erhaltenen überein; mit *Rosenberg's* Zahlen, die recht niedrig sind, kann man die von *Fitzau*, *Breidenbach* und mir erhaltenen schlecht vergleichen. Wir wissen nicht, ob seine Wasserproben aus der Flussmitte stammen und nicht, wie lange er bis zur Zählung die Platten stehen liess.

IV. Qualitative Untersuchungen.

Nach den einleitenden Zählungen der Gesamtkeime des Mainwassers komme ich nunmehr zur eigentlichen Hauptaufgabe, zu der Ermittlung der an verschiedenen Stellen vorkommenden Arten und deren genauen Bestimmung nach den Lehrbüchern.

Häufig bietet eine korrekte Artenbestimmung ziemliche Schwierigkeiten wegen der ausserordentlich starken Variabilität der Bakterien; so können fast sämtliche morphologischen und biologischen Eigenschaften einer bestimmten Art sehr schwanken. Der Einfluss des Nährbodens kann wohl als eine äussere Ursache dieser Verschiedenheiten betrachtet werden, doch mehren sich die Angaben über Mutationen aus inneren Ursachen. Durch eine Reihe von Vorversuchen verschaffte ich mir die nötige Übung, die verschiedenen Arten von Keimen voneinander zu unterscheiden, zu deren Ermittlung ich nun in folgender Weise verfuhr:

Alle auf den Plattenkulturen mir jeweils als anscheinend neu entgegretretenden Kolonien nahm ich in Reinkultur und prüfte ihre Eigenschaften auf den üblichen Nährböden Gelatine, Agar, Bouillon, Milch und Kartoffeln. Bei Gelatine und Nähragar beobachtete ich die Wachstumserscheinungen an Stich-, Strich- und Plattenkulturen. Die Anlegung von Gelatinestichkulturen liess mich erkennen, ob die Gelatine nach kürzerer oder längerer Dauer verflüssigt wird oder nicht; bei der Verflüssigung der Gelatine wiederum stellte ich die verschiedenen Arten der Verflüssigung fest und bei dem Festbleiben der Gelatine das Aussehen des Stichkanals und des Oberflächenwachstums. An den Strichkulturen beobachtete ich den Belag auf der Oberfläche. Bei der Anlegung von Gelatine- und Agarplattenkulturen studierte ich die makroskopischen und speziell bei schwacher Vergrösserung die mikroskopischen Erscheinungen der Randbeschaffenheit und der inneren Struktur der Kulturen. Die Bouillonkulturen wurden auf Häutchenbildung an der Oberfläche, Trübung der Flüssigkeit und auf Bodensatz beobachtet. Milchkulturen legte ich an, um auf Koagulation zu prüfen; Kartoffelkulturen, um die optische Beschaffenheit des Wachstums und namentlich Farbstoffbildung zu beobachten.

Die Beweglichkeit der Organismen, ob eine aktive Eigenbewegung oder nur die sogenannte *Brown'sche* Molekular-Bewegung vorhanden, — was in einigen Fällen schwierig zu entscheiden war, — wurde stets an jungen Bouillon- und Agarkulturen im hängenden Tropfen geprüft; in zweifelhaften Fällen machte ich Untersuchungen auf Geiseln nach der *Zettnow'schen* Geiselfärbung. Sämtliche Stämme wurden auf Färbbarkeit nach *Gram* mit der *Ehrlich'schen* Lösung, Anilingentianaviolett, untersucht; alle *Gram* positiven Arten prüfte ich hernach unter Verwendung von Nähragar und Kartoffeln auf Sporenbildung bei Brutschranktemperatur von 37°.

Auch einige chemische Leistungen der einzelnen Arten suchte ich festzustellen, so die Farbstoffbildung auf Agar und Kartoffeln, die Gas- und Säurebildung aus Kohlehydraten und die Indolbildung. Zur Prüfung auf Gasbildung legte ich Trauben- und Milchezuckeragar-Schüttelkulturen an, um zu beobachten, ob Zuckervergärung eintritt; zur Untersuchung auf Säure — resp. Alkalibildung wurden Versuche mit Lackmusmilch vorgenommen. Den Indolnachweis unternahm ich an Bouillonkulturen, die nicht unter 8 Tage alt waren, mit Nitrit und Schwefelsäure. Schliesslich wurden noch einige Stämme auf Blutagarplatten auf ihre hämolytischen Eigenschaften geprüft.

Nachdem ich dann die Untersuchung der grossen Anzahl von Stämmen nach diesen Richtungen hin vorgenommen hatte, suchte ich die Stämme mit den diagnostischen Merkmalen der Arten in dem „Atlas und dem Lehrbuch der speziellen bakteriologischen Diagnostik“ von *Lehmann* und *Neumann* (4. Auflage 1907) zu vergleichen und zu identifizieren. Den grössten Teil meiner isolierten Arten konnte ich, nachdem ihre Wachstumserscheinungen, ihre morphologischen und biologischen Eigenschaften übereinstimmend waren, mit den dort aufgeführten und beschriebenen Spezies, identifizieren. Jedoch waren bei einer Reihe von Stämmen Abweichungen von den typischen Spezies zu konstatieren; ich suchte aber dennoch diese Arten unter den bekannten Typen unterzubringen und werde bei der späteren Aufzählung der sämtlichen isolierten Stämme die jeweiligen Abweichungen erwähnen.

Ich hätte wohl sämtliche gefundenen Arten hier genau beschreiben können und wäre dabei zu dem Schluss gekommen, dass die meisten derselben in ihren Eigenschaften mit den Speziesbezeichnungen von *Lehmann* und *Neumann* sich decken, hielt es aber natürlicher, um nicht meine Arbeit überflüssig anschwellen zu lassen, alle identifizierbaren Stämme nur in Form eines Verzeichnisses mit den jeweiligen Angaben der Abweichungen anzuführen. Einen Stamm, der mir wegen seiner eigenartigen Farbstoffbildung besonders ins Auge fiel und den ich nach eingehender Untersuchung auf seine Eigenschaften an der Hand der mir zugänglichen Literaturangaben nicht mit schon beschriebenen Arten identifizieren konnte, will ich anhangsweise ausführlich beschreiben.

Sonst sah ich trotz eifrig darauf gerichteter Bemühungen keinen Grund, eine neue Spezies aufzustellen; ein sicheres Zeichen, dass im Würzburger Laboratorium der Speziesbegriff nicht allzu eng gefasst wird.

Die Arten, die gegenüber den Speziesbeschreibungen bei *Lehmann* und *Neumann* Abweichungen zeigten, bemühte ich mich, in dem umfangreichen System der Bakterien von *Migula* unterzubringen, doch erlahmte mein guter Wille bald. In dem Chaos von Speziesbeschreibungen, die sicher vielfach einfachen Synonymen gelten, ist bei der Dürftigkeit der Merkmale in den abgedruckten Beschreibungen älterer Arten kein Durchkommen möglich.

Zunächst werde ich eine Gesamtübersicht der gefundenen Bakterienflora des Mainwassers geben, die von folgenden 5 Stellen stammt:

1. Oberhalb Würzburg direkt an der Heidingsfelderbrücke, linkes Ufer (1).

2. Oberhalb der ersten Häuser von Würzburg, Fähre, Flussmitte (2).

3. 300 m unterhalb Kloster Himmelspforten, rechtes Ufer (3).

4. 300 m unterhalb Kloster Himmelspforten, Flussmitte (4).

5. Etwa 3 km unterhalb der 4. Entnahmestelle, unterhalb der Brücke von Zell an der Kilometertafel 247, Flussmitte (5).

Ich bringe die isolierten Arten nach der Einteilung in Familien, Gattungen und Spezies. Die mit * bezeichneten zeigten Abweichungen.

Übersicht der erhaltenen Bakterienflora.

1. Familie. Coccaceen.

I. Streptokokken.

Streptococcus pyogenes. *Rosenbach.*

II. Sarcinen.

Auflage von Gelatine und Agar schwefel-zitronengelb:

1. *S. flava.*

2. *S. lutea.*

Auflage von Gelatine und Agar orangegelb:

3. *S. aurantiaca.*

Auflage von Gelatine und Agar bräunlichgelb:

4. *S. cervina.*

III. Mikrokokken.

a) Gelatine- und Agaraufgabe rein weiss bis grau oder gelblich weiss.

Auf Gelatine und Agar, Kultur dick, rein weiss:

1. *M. candicans.*

Auf Gelatine und Agar, Kultur gelblich grau:

2. *M. rosettaceus.*

Auf Gelatine und Agar, Kultur dünn, irisierend:

3. *M. concentricus.*

Vom Gelatinestich aus zarte, weisse Ästchen:

4. *M. viticulosus.*

Stichkultur ohne Ästchen, Agaraufgabe weiss:

5. *M. pyogenes albus.*

6. *M. pyogenes albus* (*Diplococcus*).

Gelatineauflage unregelmässig spitzig, lappig:

7. *M. coronatus*.

Gelatinestichauflage unregelmässige Ausläufer:

8. *M. coralloides*.

Ästchen im Gelatinestich, Auflage strahlige Ausläufer:

9. *M. radiatus*.

b) Gelatine- und Agarauflage zitronengelb, grünlichgelb, bräunlichgelb, orange gelb, rosarot, kirschrot:

10. *M. luteus*.

11. *M. flavus*.

12. *M. sulfureus*.

13. *M. badius*.

14. *M. pyogenes aureus*.

15. *M. aurantiacus*.

16. *M. roseus*.

17. *M. cerasinus*.

2. Familie. Bacteriaceen.

I. Genus Bacterium.

a) Rundliche Kolonien ohne Ausläufer auf den Nährböden.

α) Ohne Farbstoffbildung:

1. *B. septicaemiae haemorrhagicae**.

2. *B. pseudotuberculosis rodentium**.

3. *B. lactis viscosi**.

4. *B. acidi lactici*.

5. *B. coli*.

6. *B. coli* var. *albidoliquefaciens*.

7. *B. alkaligenes*.

8. *B. disciformans**.

9. *B. salmonicida* (a).

10. *B. salmonicida* (b)*.

11. *Bac. devorans* (Zimmermann).

12. *B. punctatum*.

β) Mit Farbstoffbildung:

Farbstoff unlöslich, d. h. Kolonien gefärbt.

a) Auf Gelatine und Agar gelbgrün, cremefarbig, zitronengelb, blassockergelb, grauorange:

13. *B. turcosum*.

14. *B. cremoides**.

- 15. *B. luteum*.
- 16. *B. helvolum*.
- 17. *B. ochraceum**
- 18. *B. fulvum**
- 19. *B. chrysogloea**
- b) Gelatine- und Agaraufgabe rötlichbraun:
 - 20. *B. lactericium*.
- c) Agar- und Kartoffelaufgabe violett:
 - 21. *B. violaceum*.
- d) Kartoffel grünlichgraublau gefärbt:
 - 22. *B. anthocyaneum**
- e) Fluoreszierende Verfärbung des Nährbodens:
 - 23. *B. fluorescens**
 - 24. *B. putidum*.
- f) Nährboden durch Diffusion intensiv braun gefärbt:
 - 25. *B. brunificans*.
 - 26. *B. ferrugineum*.

b) Kolonien mit Ausläufer.

Proteus-Gruppe:

- 27. *B. Zopfii**
- 28. *B. vulgare**
- 29. *B. Zenkeri*.
- 30. *B. murisepticum**

II. Genus *Bacillus*.

Aërobe Bazillen.

- a) Gelatinestichkulturen mit seitlichen Ästchen:
 - 1. *Bac. mycoides*.
 - 2. *Bac. mycoides radicosus*.
 - 3. *Bac. sphaericus*.
 - 4. *Bac. robur*.
- b) Gelatinestichkulturen ohne Ästchen:
 - Auf Kartoffel schmutziggrauer, schmieriger Belag:
 - 5. *Bac. ruminatus*.
 - Kartoffelaufgabe schmutzigweiss, dick, faltig, schleimig:
 - 6. *Bac. simplex*.
 - Kartoffelaufgabe gelblich, matt, später mehlig bestäubt:
 - 7. *Bac. subtilis*.
 - Agar- und Kartoffelaufgabe gelb, saftig glänzend:
 - 8. *Bac. luteus*.

Kartoffelkultur saftig glänzend, gelbbraun:

9. *Bac. parvus*.

Kartoffelkultur schleimig, gelbbraun; Agar dunkelrotbraun:

10. *Bac. silvaticus*.

Kartoffelüberzug eigelb, saftig glänzend:

11. *Bac. Petasites*.

Kartoffelkultur darmschlingenartig:

12. *Bac. vulgatus*.

Kartoffelaufgabe netzartig:

13. *Bac. mesentericus*.

Kartoffelkultur trocken, hellbraun, mit Furchen:

14. *Bac. teres*.

Kartoffelkultur rosa, später rötlich braun:

15. *Bac. mesentericus ruber*.

Kartoffelüberzug zart, schleimig:

16. *Bac. liodermos*.

Anhang. Actinomyceten.

Nährböden farblos:

1. *Actin. chromogenes alba*.

2. *Actin. thermophilus*.

Nährboden braun verfärbt:

3. *Actinomyces chromogenes*.

Ausserdem erwähne ich, dass ich auch:

Oidium lactis

und jedesmal:

Hefepilze

isoliert, sie aber nicht weiter studiert habe.

Von diesen 73 Arten, die ich aus dem Mainwasser isolieren konnte, waren 53, also weitaus der grösste Teil, mit den von *Lehmann* und *Neumann* beschriebenen Spezies vollkommen identifizierbar. Die übrigen Arten bespreche ich im folgenden der Reihe nach, in welchen Eigenschaften dieselben von den typischen Spezies dieses Lehrbuches abwichen.

Abweichungen.

1. *M. candidans* zeigte geringe Indolbildung, während *Lehmann* und *Neumann* kein Indol nachweisen konnten.

2. *B. septicaemiae haemorrhagicae*. Von 11 Stämmen keine Zuckervergärung erhalten wie *Lehmann* und *Neumann* auch;

nach *Karlinski* ist bald schwache Gasbildung aus Traubenzucker da, bald fehlt sie.

3. *B. pseudotuberculosis rodentium*. Alle 4 erhaltenen Stämme waren wie bei *Lehmann* und *Neumann* unbeweglich, in Bouillon in kurzen Ketten angeordnet, dagegen zeigte ein Stamm deutliche Indolbildung, *Lehmann* und *Neumann* fanden kein Indol. *Beloff* (Zentralblatt für Bakt. XLII, S. 5) und *E. Klein* (Zentralblatt für Bakt. XXVI, S. 260) wollen Geisseln gefunden haben.

4. *B. lactis viscosi*. Keine Sporenbildung gesehen wie auch *Lehmann* und *Neumann* bei den von *Král* bezogenen Kulturen; *Zimmermann* will Sporen gesehen haben. Gegenüber *Lehmann* und *Neumann* wenig Indol, konnte ich deutliche Indolbildung beobachten.

5. *B. disciformans*. Keine eigentliche Gelatineverflüssigung, nur schalige Verzeehrung der Gelatine, keine Zuckervergärung; *Lehmann* und *Neumann* sahen trichter-schlauchförmige, ziemlich rasche Verflüssigung und starke Gasbildung.

6. *B. salmonicida* (b) unterschied ich von dem typischen *B. salmonicida* (a), weil auf Kartoffel ein gelbbraunes, wenig glänzendes, fast mattes trockenes zum Teil körniges Wachstum sich zeigte, während *B. salmonicida* (a) nach *Lehmann* und *Neumann* auf Kartoffel nicht wachsen soll; auch meine Stämme des a-Typus wuchsen nicht.

7. *B. punctatum*. Bei sämtlichen 25 Stämmen keine Zuckervergärung beobachtet, *Lehmann* und *Neumann* geben starke Gasbildung an; ausserdem sahen sie bei ihren Stämmen schwache Indolbildung. Ich beobachtete zum Teil deutliche, zum Teil schwache Indolbildung, auch konnte sie vollständig ausbleiben.

8. *B. cremoides* war nicht nach *Gram* färbbar und zeigte keine Spur von Indol; bei *Lehmann* und *Neumann*, *Gram*-positiv und wenig Indolbildung.

9. *B. ochraceum*. Äusserst langsame Gelatineverflüssigung, *Lehmann* und *Neumann* beobachteten alsbaldige Einsenkung und zylindrische Verflüssigung.

10. *B. fulvum*. Bei der Gelatinestichkultur waren im oberen Teil kurze feine, seitliche Ästchen zu sehen und sehr langsame Gelatineverflüssigung in Form von schaliger Austrocknung, bei *Lehmann* und *Neumann* die Verflüssigung der Gelatine schwankend, bald trichterförmig bald fehlend.

11. *B. fluorescens*. Alle Stämme waren nicht nach *Gram* färbbar, *Lehmann* und *Neumann* geben an: Färbbarkeit nach *Gram* nicht oder mangelhaft, die Milch sei nie koaguliert; ich dagegen

beobachtete nach 3 Tagen schon Gerinnung, nach 8 Tagen war die Milch vollkommen wässerig. *Lehmann* und *Neumann* beobachteten weiter eine entständige Geißel, eine gelbgrüne Umrandung der Kartoffelkultur selten und meist schwache Indolbildung; meine Stämme liessen zum Teil eine polare Geißel, zum Teil auch zwei Geißeln an einem Ende erkennen, eine gelbgrüne Umrandung der Kartoffelkulturen war häufig, aber lange nicht immer zu sehen und auch deutliche Indolbildung. Bei einigen Stämmen war auch aus Traubenzucker Gasbildung zu konstatieren, *Lehmann* und *Neumann* erwähnen nichts davon, geben dies aber, wie oben erwähnt, bei *B. punctatum* an, was nach den noch nicht publizierten Untersuchungen von *Stettenheimer* aus dem hiesigen Institut nur ein nicht fluoreszierendes *B. fluorescens* ist.

12. *B. Zopfii*. Von 19 Stämmen waren nur 4 gut nach *Gram* färbbar; bei einigen konnte deutlich Indol nachgewiesen werden. *Lehmann* und *Neumann* geben über dieses Bacterium an, dass es auch gut nach *Gram* färbbar sei und sie in neuerer Zeit etwas Indol gefunden hätten. Die Ästchenbildungen der isolierten Spezies von *B. Zopfii* waren verschiedener Art: Bald kürzere dicke, bald ängere feine Ästchen, zum Teil auch sehr zahlreiche längere nach unten kürzer werdende feine Härchen, zum Teil in kleinen Büscheln von feinen Ästchen und Härchen, die später wolkig zusammenflossen. Häufig erschienen zahlreiche Härchen und winzige punktähnliche Kolonien losgetrennt vom Stichwachstum. Das Oberflächenwachstum des Gelatinestichs bildete wie bei *Lehmann* und *Neumann* angegeben, einen zarten, durchscheinenden, grauen Belag mit welligem Rand, liess aber bei einzelnen Stämmen deutlich ausgeprägte Ringbildung erkennen.

13. *B. vulgare*. Die Gelatineverflüssigung ist erst nach 14 Tagen schalig eingetreten, von 5 Stämmen war nur einer deutlich nach *Gram* färbbar, keine Gasbildung zu konstatieren, nur bei der verwandten Art *B. Zenkeri* wurden Trauben- und Milchzucker vergoren; letzterer Stamm war nur schwach *Gram* positiv. Bei *Lehmann* und *Neumann* ist über diesen Organismus (*B. vulgare*) angegeben: Schlauchförmige Gelatineverflüssigung, Färbbarkeit nach *Gram* wechselnd, aus Traubenzucker werde reichlich Gas gebildet.

14. *B. murisepticum*. Während *Lehmann* und *Neumann* auch eine gute Färbbarkeit nach *Gram* und fakultativ anaërobes Wachstum beobachteten, zeigte der von mir isolierte Stamm keine *Gram*-Färbung und sehr geringes aërobes Wachstum. Auch nach *Kuhn*

(Zentralblatt f. Bakt. VIII, S. 1) wachsen manche Stämme bei Luftabschluss entschieden besser. Der Versuch an einer weissen Maus auf pathogene Wirkung ergab auch nach 10 Tagen noch negatives Resultat. Die negative *Gram*-Färbung machte Herr Prof. Dr. *Lehmann* etwas zweifelhaft, ob der Organismus, der makroskopisch und mikroskopisch ganz dem *B. murisepticum* entspricht, wirklich dahin gehört. Aber bei der schwankenden *Gram*-Färbung der ganzen *Proteus*-Gruppe scheint ein *Gram*-negatives *B. murisepticum* sehr wohl denkbar.

15. *Bac. teres* wies keine Gelatineverflüssigung auf, *Lehmann* und *Neumann* sahen langsame, zylindrische Verflüssigung.

16. *Bac. ruminatus* war nicht nach *Gram* färbbar wie bei *Lehmann* und *Neumann*.

17. *B. anthocyaneum*. Mit diesem Namen ist der Organismus bezeichnet, der mit keiner der bisher bekannten Arten zu identifizieren war. Ich lasse daher eine ausführliche Beschreibung desselben nun folgen:

B. anthocyaneum ¹⁾. Nachdem dieser Organismus eine sehr gute *Gram*-Färbbarkeit zeigte, suchte ich denselben bei Brutschrank-Temperatur von 37° und auf Kartoffeln auf Sporenbildung zu prüfen. Nach 2 Tagen bei 37° war in den Agarröhrchen und auf Kartoffel nur sehr spärliches Wachstum zu konstatieren; an den bei Zimmertemperatur aufbewahrten Kartoffelkulturen dagegen war ein üppigeres Wachstum und ausserdem in der Umgebung des Impfstriches eine auffallende Farbstoffbildung zu beobachten. Daher unterzog ich diesen Organismus einer genaueren Untersuchung.

Mikroskopisches Aussehen: Verschiedene Formen von Kurzstäbchen kommen vor, zum Teil dünner, zum Teil etwas plump, an den Enden abgerundet; keine Anschwellungen der Enden, keine Sporen und keine Verzweigung.

Eigenbewegung fehlt im hängenden Tropfen; keine Geisseln. Stärkere Molekularbewegung.

Färbbarkeit: Mit allen Anilinfarbstoffen, namentlich gut nach *Gram*.

Ansprüche an Nährböden, Temperatur und Sauerstoff. Wächst auf allen Nährböden, auf Gelatine langsam; Farbstoffbildung in Milch und auf Kartoffeln, bei Zimmertemperatur

¹⁾ Tafel 2.

(16 — 17° C) am besten. Auf Kartoffeln nach 1 Tag schon Wachstum mit geringer Andeutung von Farbstoffbildung, bei 37° nur spärlich und ohne Farbstoffbildung. Der Organismus ist sauerstoffbedürftig, in der Tiefe des Nährbodens geringes Wachstum.

Gelatineplatte. Natürliche Grösse: Nach 8 Tagen rundliche, graugelbe, scharfrandige, glänzende Kolonien mit dunklerem Pünktchen im Innern; nach 10 Tagen erst beobachtete man am Rand der Kultur einen geringen Anfang von Verflüssigung.

60fache Vergrösserung: Die Kultur stellt eine rundliche, homogene Masse mit scharfem, dunklerem Rand dar. Im Innern rundlicher, dunklerer Fleck.

Gelatinestich: Anfangs uncharakteristisch fadenförmig, Auflage sinkt sehr langsam ein. Nach 14 Tagen erst eingesenkte, schalige Verflüssigung, die später zylindrisch langsam fortschreitet.

Agarstich: Auf der Oberfläche saftig glänzende, graugelbliche Auflage, die sich bald auf die ganze Oberfläche ausbreitet.

Agarstrich: Über die ganze Oberfläche ausgedehnter gelblich weisser, saftig glänzender Belag.

Bouillonkultur: Ziemlich trüb, kräftiger Bodensatz.

Milchkultur: Nach 3 Tagen bei Zimmertemperatur ist im oberen Teil Blaufärbung zu sehen, die bald wieder verschwindet. Milch koaguliert nicht.

Milchagar-Plattenkulturen zeigten keine Farbstoffbildung.

Kartoffelkultur: Nach 2 Tagen bei Zimmertemperatur schmutziggelbe, saftigglänzende Auflage mit geringer blassblaugrauer Farbstoffbildung in der Umgebung der Kultur; nach 5 Tagen ist die Farbe intensiver geworden, erscheint grünlichgraublau und durchsetzt die ganze Kartoffel. Nach wenigem Stehen schon erblasst der Farbstoff rasch wieder und der Nährboden wird blassgrau; die Farbstoffbildung ist also verhältnismässig spärlich und verschwindet ziemlich schnell wieder. Diese eigenartige Farbstoffbildung veranlasste mich, einige weitere Untersuchungen vorzunehmen.

Kartoffeln, die mit frischer Agarkultur geimpft wurden, zeigten bei der Aufbewahrung im Licht schnelleres, üppigeres Wachstum und intensiveren Farbstoff als die Kartoffelkulturen, die ins Dunkle gebracht waren. Es dauerte auch längere Zeit, bis sich im Dunkeln überhaupt schwacher Farbstoff gebildet hatte. Das Licht würde also darnach die Farbstoffbildung begünstigen. Weiterhin fiel mir auf, dass Kartoffelkulturen, die von Gelatinekulturen abgeimpft waren,

ein üppiges, hellgelbes, saftig glänzendes Wachstum besaßen und nur geringe Andeutung einer blassgrauen Verfärbung in der Umgebung der Kultur erkennen liessen, während ich an den von Agar abgeimpften Kartoffelkulturen ein schmutziggelbes, weniger üppiges Wachstum und deutlichen Farbstoff beobachtete.

Bei dem Anlegen der Kartoffelkulturen suchte ich möglichst Stücke der gleichen Kartoffeln zu verwenden. Versuche von Impfungen dieses Organismus auf weisse, rote und gelbe Rüben ergaben kein Wachstum.

Chemische Leistungen.

1. Farbstoffbildung:

Prüfung des Farbstoffs auf Löslichkeit.

In Wasser + (sehr gut; Wasserlösung zeigt einen Stich ins Grüne), in Alkohol + (weniger gut), gar nicht in Äther, Chloroform, Schwefelkohlenstoff, Benzol.

Untersuchungen des Farbstoffs mit Alkalien und Säuren.

Alkalien.

Mit Ammoniak: bläulichgrüne Färbung.

Mit Natronlauge: intensiv blaugrüne Färbung.

Säuren.

Mit allen Säuren wie Salzsäure, Schwefelsäure, Salpetersäure, Essigsäure, Weinsäure: Rosafärbung.

2. Gasbildung findet aus Trauben- und Milchzucker nicht statt.

3. Indol wurde wenig gebildet, Nitrit nicht.

Der blaugrüne-blaugraue Farbstoff würde also durch diese chemischen Reaktionen eine Verwandtschaft mit dem Blütenfarbstoff Anthocyan zeigen. Herr Prof. Dr. *Lehmann* schlug daher vor, diesem Bacterium den Namen *B. anthocyaneum* (*Lehmann* und *Reiss*) beizulegen.

Im Zentralblatt für Bakteriologie, Originale, 46. Band, Heft 3, 1908 hat *R. Müller* einen Organismus beschrieben, den er auf einer *Löffler*-Serumplatte zur Kultur eines Diphtherie verdächtigen Mandelbelages fand. Er bezeichnete den Organismus als eine Diphtheridee, als zu den Verwandten des Diphtherieerregers gehörig und nannte

ihn wegen seiner himmelblauen Farbstoffbildung *B. coelicolor*. Anfangs glaubte ich, den von mir aufgefundenen Organismus mit dem von *Müller* identifizieren zu können. Nähere Untersuchungen ergaben aber, dass mein Organismus keine Aktinomyces, keine Diphtheridee ist, dass ferner die Bildung des Farbstoffs auf den von *R. Müller* angegebenen Nährböden ausblieb; weder auf Stärke-Agar, noch auf Milchagar wurde die Farbe sichtbar. Ausserdem stimmt auch die Farbstoffbildung, die bei dem von mir aufgefundenen Organismus etwas ins Grüne übergeht, nicht vollkommen mit der bei *Müller* überein.

Versuch einer Identifizierung meiner gefundenen Arten mit denen von Rosenberg.

Die folgenden von *Rosenberg* noch nicht mit bestimmten Namen versehenen Arten können mit den jetzt bekannten und auch von mir aus dem Mainwasser isolierten Stämmen identifiziert werden.

Bacterium a = *B. punctatum*, Bacterium c = *B. fluorescens*, Bacterium e = *B. salmonicida*, Bacterium g = *B. ferrugineum*, Bacterium h = *B. violaceum*, Bacterium i = *B. turcosum*, Bacterium m = *B. vulgare*, Bacterium o = *M. badius*, Bacterium q = *B. putidum*, Bacterium r, s und t = *B. septicaemiae haemorrhagicae*, Bacterium y = *B. luteum*; Bacterium b und d können auch noch als *B. punctatum* angesprochen werden.

Bei den übrigen Bakterienformen lassen sich keine genaueren Vergleiche anstellen, wofür oben (S. 4) die Gründe angegeben sind.

Übersicht der isolierten Spezies des niederen Mainwassers oberhalb Würzburg.

Im folgenden zähle ich sämtliche in den Monaten Juli und November 1909 aus dem niederen, relativ reinen Wasser isolierten Arten auf. Bei der Isolierung kamen zur Verwendung die Nährböden Gelatine, Agar und Albumose-Agar.

1. *Sarcina lutea*, 2. *S. aurantiaca*, 3. *S. cervina*, 4. *M. rosettaceus*, 5. *M. concentricus*, 6. *M. pyogenes albus*, 7. *M. coronatus*, 8. *M. coralloides*, 9. *M. luteus*, 10. *M. flavus*, 11. *M. sulfureus*, 12. *M. pyogenes aureus*, 13. *M. roseus*, 14. *M. cerasinus*, 15. *B. septicaemiae haemorrhagicae*, 16. *B. pseudotuberculosis rodentium*, 17. *B. acidi lactici*, 18. *B. coli*, 19. *B. alkaligenes*, 20. *B. disciformans*, 21. *B. salmonicida* (a), 22. *B. salmonicida* (b), 23. *B. punctatum*, 24. *B. tur-*

cosum, 25. *B. luteum*, 26. *B. helvolum*, 27. *B. ochraceum*, 28. *B. fulvum*, 29. *B. chrysogloea*, 30. *B. lactericium*, 31. *B. anthocyaneum*, 32. *B. fluorescens*, 33. *B. Zopfii*, 34. *B. vulgare*, 35. *Bacillus mycoides*, 36. *Bac. sphaericus*, 37. *Bac. robur*, 38. *Bac. parvus*, 39. *Bac. silvaticus*, 40. *Bac. vulgatus*, 41. *Bac. mesentericus*, 42. *Actinomyces chromogenes alba*, 43. *Actinomyces thermophilus*, 44. Hefepilze.

Zu diesen treten hinzu folgende Spezies, die ich etwa 300 m unterhalb Kloster Himmelspforten resp. etwa 3,3 km unterhalb Himmelspforten, bei Zell, aus dem niederen Mainwasser isolieren konnte:

45. *Streptococcus pyogenes*, 46. *Sarcina flava*, 47. *M. candicans*, 48. *M. viticulosus*, 49. *M. radiatus*, 50. *M. badius*, 51. *M. aurantiacus*, 52. *B. lactis viscosi*, 53. *B. coli* var. *albidoliquefaciens*, 54. *Bac. devorans* (*Zimmermann*), 55. *B. cremoides*, 56. *B. putidum*, 57. *B. Zenkeri*, 58. *B. murisepticum*, 59. *Bac. ruminatus*, 60. *Bac. simplex*, 61. *Bac. teres*, 62. *Oidium lactis*.

Durch den Sammelkanal mit den Abwässern der Stadt wird also das niedere Mainwasser von oberhalb noch durch eine Anzahl von Arten aus allen Gattungen bereichert.

Schliesslich erwähne ich noch die Arten, die nur im Hochwasser, nicht aber auch im niederen Wasser gefunden wurden:

63. *Micrococcus pyogenes albus* (*Diplococcus*), 64. *Bacterium violaceum*, 65. *B. ferrugineum**, 66. *B. brunificans**, 67. *Bacillus subtilis**, 68. *Bac. luteus*, 69. *Bac. Petasites**, 70. *Bac. mycoides radicosus*, 71. *Bac. mesentericus ruber**, 72. *Bac. liodermos**, 73. *Actinomyces chromogenes**.

Von diesen 11 Stämmen, die von 2 Hochwasserproben, von oberhalb und unterhalb Würzburg stammen, sind die Mehrzahl und zwar die mit * bezeichneten auch oberhalb gefunden; sie kommen also sicher durch Abspülen und Aufwühlen des Erdbodens hinein.

Ein Rückblick auf diese gesamte Aufzählung der isolierten Spezies lässt erkennen, welch reiche Bakterienflora ich in dem Mainwasser auffinden konnte.

Von den in den Schlüsseln der bakteriologischen Diagnostik von *Lehmann* und *Neumann* aufgeführten nicht pathogenen Hauptarten habe ich weitaus den grössten Teil auch aus dem Mainwasser isoliert.

Unter den oberhalb Würzburg aus dem Main isolierten Bakterien war es mir möglich, eine Reihe seltenerer Organismen zu

finden, die bisher im Flusswasser noch kaum oder nur ganz vereinzelt angetroffen wurden. Ich erwähne:

Von den Mikrokokken: *M. rosettaceus*, *M. concentricus*, *M. pyogenes albus*, *M. coronatus*, *M. roseus* und *M. cerasinus*.

Von den Bakterien: *B. pseudotuberculosis rodentium*, *B. acidilactici*, *B. alkaligenes*, *B. disciformans*, *B. salmonicida*, *Bac. devorans* (*Zimmermann*) *B. luteum*, *B. helvolum*, *B. ochraceum*, *B. chrysogloea*, *B. lactericium*, *B. Zopfii*, *B. vulgare*. Dazu kommt noch die neue, oben ausführlich beschriebene Bakterienform, das *B. anthocyaneum*.

Von den aëroben Bazillen führe ich an: *Bac. mycoides*, *Bac. sphaericus*, *Bac. robur*, *Bac. parvus*, *Bac. silvaticus*, *Bac. vulgaris* und *Bac. mesentericus*.

Von den Actinomyceten endlich: *Actinomyces chromogenes alba* und *Actinomyces thermophilus*.

Von den bei Kloster Himmelsporten resp. bei Zell aufgefundenen Arten seien die überhaupt oder im Wasser selteneren hier nochmals genannt: *Streptococcus pyogenes*, *M. viticulosus*, *M. radiatus*, *M. badius*, *M. aurantiacus*, *B. lactis viscosi*, *B. Zenkeri*, *B. murisepticum*, *Bac. ruminatus*, *Bac. simplex*, *Bac. teres* und *Oidium lactis*.

V. Versuche, die relative Häufigkeit einzelner Arten zu bestimmen.

Nach der Ermittlung der im Mainwasser vorkommenden Arten bringe ich nun im folgenden zwei Versuche der Bestimmung der relativen Häufigkeit der einzelnen Arten und zwar der besseren Übersicht wegen in 2 Tabellen.

Der 1. Versuch ist an einer Wasserprobe von oberhalb der Stadt bei der Fähre, Flussmitte, mit den Nährböden Agar und Albumose-Agar vorgenommen.

Der 2. Versuch geschah an den in der Methodik beim 5ten Zählversuch erwähnten 3 Wasserproben (pag. 8) mit Benützung der gewöhnlichen Gelatine- und Agarnährböden.

Sämtliche Platten, sowohl beim ersten als auch beim zweiten quantitativen Bestimmungsversuche waren bei Zimmertemperatur aufbewahrt.

Erster quantitativer Bestimmungsversuch vom 24. Juli 1909.

Wasserentnahme: Oberhalb Würzburg bei der Fähre, Flussmitte.

| Verwendete Wassermenge: | Agar (9 Platten) | | Albumose-Agar (4 Platten) | |
|----------------------------------------|-----------------------|----------|------------------------------|----------|
| | 0,0056 ccm | | 0,00165 ccm | |
| Namen der Arten | Wirkliche Keimzahl | in 1 ccm | Wirkliche Keimzahl | in 1 ccm |
| 1. <i>M. rosettaceus</i> | — | — | 2 | 1212 |
| 2. <i>M. concentricus</i> | 1 | 179 | 1 | 606 |
| 3. <i>M. coronatus</i> | 1 | 179 | — | — |
| 4. <i>M. pyogenes albus</i> | 3 | 536 | — | — |
| 5. <i>M. luteus</i> | 1 | 179 | — | — |
| 6. <i>M. sulfureus</i> | 1 | 179 | — | — |
| 7. <i>M. pyogenes aureus</i> | 1 | 179 | 1 | 606 |
| 8. <i>M. roseus</i> | 2 | 357 | 1 | 606 |
| 9. <i>M. cerasinus</i> | — | — | 1 | 606 |
| 10. <i>B. septicaemiae haemorrhag.</i> | 2 | 357 | — | — |
| 11. <i>B. coli</i> | 1 | 179 | — | — |
| 12. <i>B. alkaligenes</i> | 2 | 357 | — | — |
| 13. <i>B. salmonicida a</i> | 1 | 179 | — | — |
| 14. <i>B. punctatum</i> | 9 | 1607 | 1 | 606 |
| 15. <i>B. turcosum</i> | 1 | 179 | — | — |
| 16. <i>B. luteum</i> | 1 | 179 | — | — |
| 17. <i>B. helvolum</i> | 1 | 179 | — | — |
| 18. <i>B. ochraceum</i> | — | — | 2 | 1212 |
| 19. <i>B. fulvum</i> | — | — | 1 | 606 |
| 20. <i>B. chrysogloea</i> | 1 | 179 | — | — |
| 21. <i>B. lactericium</i> | 1 | 179 | — | — |
| 22. <i>B. anthocyaneum</i> | 1 | 179 | — | — |
| 23. <i>B. Zopfii</i> | 3 | 536 | 1 | 606 |
| 24. <i>B. vulgare</i> | 1 | 179 | 2 | 1212 |
| 25. <i>Bac. mycoides</i> | 1 | 179 | — | — |
| 26. <i>Bac. sphaericus</i> | 1 | 179 | — | — |
| 27. <i>Bac. parvus</i> | — | — | 1 | 606 |
| 28. <i>Bac. silvaticus</i> | 1 | 179 | — | — |
| 29. <i>Bac. vulgatus</i> | 1 | 179 | — | — |
| 30. <i>Bac. mesentericus</i> | — | — | 1 | 606 |
| | 39 | | 15 | |

Insgesamt bestimmte Kolonien: 54.

Ein Vergleich der Befunde auf den beiden Nährböden ergibt Verschiedenheiten in Bezug auf die Qualität und Quantität der Keime; verschiedene Arten wurden nur auf einem Nährboden isoliert, woran aber natürlich bei den starken Verdünnungen ebensogut der Zufall wie der Nährboden schuld sein kann. Bezüglich der Häufigkeit sämtlicher bei dieser Untersuchung isolierten Kolonien lässt sich aus der Tabelle folgendes sagen:

Die Bakterien, hauptsächlich vertreten durch *B. punctatum*, *B. vulgare*, *B. Zopfii*, *B. ochraceum*, *B. septicaemiae haemorrhagicae* und *B. alkaligenes*, machen die Hälfte (50%) von sämtlichen Kolonien aus. Unter diesen trifft man *B. punctatum* weitaus am häufigsten. An nächster Stelle folgen allerdings in bedeutend geringerer Zahl *B. Zopfii* und *B. vulgare*. In dritter Linie kommen *B. ochraceum*, *B. septicaemiae haemorrhagicae* und *B. alkaligenes*; dann *B. fulvum* und schliesslich sind in wenigen Exemplaren noch vertreten: *B. coli*, *B. salmonicida* a, *B. turcosum*, *B. luteum*, *B. helvolum*, *B. chrysogloea*, *B. lactericium* und *B. anthocyaneum*.

Die Mikrokokken kommen mit 30% von sämtlichen Kolonien vor. Unter ihnen steht weitaus an erster Stelle *M. rosettaceus*, dann folgen *M. roseus*, *M. concentricus*, *M. cerasinus*, *M. pyogenes albus*. In gleicher Zahl vertreten sind dann noch *M. coronatus*, *M. luteus* und *M. sulfureus*.

Von aëroben Bazillen, die mit 20% sämtlicher Keime vorkommen, sind *Bac. parvus* und *Bac. mesentericus* mit gleicher Häufigkeit am meisten vorhanden. Dann kommen noch in einzelnen Exemplaren *Bac. mycoides*, *Bac. sphaericus*, *Bac. silvaticus* und *Bac. vulgatus*.

Alle Platten, auf denen diese Organismen gewachsen sind, standen bei Zimmertemperatur. Dass bei 37° die Prozentzahlen ganz anders ausgefallen wären, bedarf keiner besonderen Ausführung; die sporenfreien Bakterien und Kokken bleiben bei Brutschranktemperatur von 37° zum Teil aus, die Bazillen sind begünstigt.

Zweiter quantitativer Bestimmungsversuch vom 8. November 1909.

Tabelle mit den wirklichen Keimzahlen.

| Wasserentnahme: | Gelatine | | | Agar | | |
|--------------------------------------|----------------------|---------------------|-------|----------------------|---------------------|--------|
| | Oberhalb (Fähre) | Himmels- pforten | Zell | Oberhalb (Fähre) | Himmels- pforten | Zell |
| Plattenzahl: | 4 | 3 | 4 | 2 | 3 | 2 |
| Verwendete Wasser- menge in cem | 0,007 | 0,0006 | 0,007 | 0,0035 | 0,00045 | 0,0035 |
| Namen der Arten | Wirkliche Keimzahlen | | | Wirkliche Keimzahlen | | |
| 1. Streptococcus pyogenes | — | 2 | 1 | — | — | — |
| 2. Sarcina flava | — | — | — | — | — | 1 |
| 3. S. aurantiaca | — | — | — | — | — | 1 |
| 4. S. cervina | — | — | — | 1 | — | — |
| 5. M. candidans | — | — | 1 | — | — | — |
| 6. M. rosettaceus | — | 1 | 2 | — | — | 1 |
| 7. M. concentricus | — | — | 4 | — | 2 | 2 |
| 8. M. viticulosus | — | — | 4 | — | — | — |
| 9. M. pyogenes albus | 2 | — | 2 | — | — | — |
| 10. M. corallioides | 1 | 2 | — | — | — | — |
| 11. M. radiatus | — | — | 5 | — | — | 1 |
| 12. M. flavus | 1 | — | — | — | 1 | — |
| 13. M. sulfureus | — | — | — | — | 1 | — |
| 14. M. badius | — | — | 1 | — | — | — |
| 15. M. pyogenes aureus | — | — | 1 | — | — | — |
| 16. M. aurantiacus | — | — | 1 | — | — | — |
| 17. M. roseus | — | — | — | — | 1 | — |
| 18. B. septicaemiae haemorrh. | — | — | 8 | — | 1 | 2 |
| 19. B. pseudotuber- culosis rod. | — | — | 1 | 1 | — | 2 |
| 20. B. lactis viscosi | — | — | 1 | — | 1 | 2 |
| 21. B. acidi lactici | — | 2 | — | 1 | 2 | — |
| 22. B. coli | — | 2 | 2 | — | — | — |
| 23. B. coli var. albi- doliuefac. | — | 2 | 1 | — | — | — |
| 24. B. disciformans | 1 | — | 1 | — | — | — |
| 25. B. salmonicida a | 5 | 3 | 1 | 2 | 3 | 11 |
| 26. B. salmonicida b | 1 | 3 | 1 | — | 1 | 4 |
| 27. Bac. devorans (Zimmermann) | — | 2 | 1 | — | 2 | 2 |
| 28. B. punctatum | 3 | 1 | 12 | 1 | 3 | 4 |

| Wasserentnahme: | Gelatine | | | Agar | | |
|----------------------------------------|----------------------|---------------------|-------|----------------------|---------------------|--------|
| | Oberhalb (Fähre) | Himmels- pforten | Zell | Oberhalb (Fähre) | Himmels- pforten | Zell |
| Plattenzahl: | 4 | 3 | 4 | 2 | 3 | 2 |
| Verwendete Wasser- menge in ccm | 0,007 | 0,0006 | 0,007 | 0,0035 | 0,00045 | 0,0035 |
| Namen der Arten | Wirkliche Keimzahlen | | | Wirkliche Keimzahlen | | |
| 29. <i>B. turcosum</i> | 1 | — | — | 1 | 1 | — |
| 30. <i>B. cremoides</i> | — | — | 1 | — | — | — |
| 31. <i>B. luteum</i> | — | — | — | 2 | — | — |
| 32. <i>B. ochraceum</i> | — | 1 | 1 | — | — | 1 |
| 33. <i>B. fulvum</i> | — | — | 2 | — | 2 | — |
| 34. <i>B. chrysogloea</i> | 1 | — | 5 | 1 | 2 | — |
| 35. <i>B. fluorescens</i> | 1 | — | 2 | — | — | 1 |
| 36. <i>B. putidum</i> | — | — | — | — | — | 2 |
| 37. <i>B. Zopfii</i> | 3 | 1 | 12 | — | 2 | 1 |
| 38. <i>B. vulgare</i> | — | 1 | 2 | — | — | 2 |
| 39. <i>B. Zenkeri</i> | — | — | 1 | — | — | — |
| 40. <i>B. murisepti- cum</i> | — | 1 | — | — | — | — |
| 41. <i>Bac. robur</i> | 1 | — | — | — | — | — |
| 42. <i>Bac. ruminatus</i> | — | — | — | — | 1 | — |
| 43. <i>Bac. simplex</i> | — | — | 1 | — | — | — |
| 44. <i>Bac. parvus</i> | — | 2 | — | — | 1 | 2 |
| 45. <i>Bac. teres</i> | — | — | — | — | — | 1 |
| 46. <i>Actinomyces chrom. alba</i> | — | — | — | 1 | — | — |
| 47. <i>Oidium lactis</i> | — | — | — | — | 1 | — |
| Zahl der bestimmten Kolonien: | 21 | 26 | 78 | 11 | 28 | 43 |

Insgesamt: 207 Kolonien.

Zweiter quantitativer Bestimmungsversuch vom 8. November 1909.

Die Keimzahlen der vorhergehenden Tabelle in 1 ccm umgerechnet.

| Namen der Arten | Gelatine | | | Agar | | |
|--------------------------------|---------------------|---------------------|------|---------------------|---------------------|------|
| | in 1 ccm Mainwasser | | | in 1 ccm Mainwasser | | |
| | Oberhalb | Himmels- pforten | Zell | Oberhalb | Himmels- pforten | Zell |
| 1. Streptococcus pyogenes | — | 3333 | 143 | — | — | — |
| 2. Sarcina flava | — | — | — | — | — | 286 |
| 3. S. aurantiaca | — | — | — | — | — | 286 |
| 4. S. cervina | — | — | — | 286 | — | — |
| 5. M. candidans | — | — | 143 | — | — | — |
| 6. M. rosettaceus | — | 1667 | 286 | — | — | 286 |
| 7. M. concentricus | — | — | 571 | — | 4444 | 571 |
| 8. M. viticulosus | — | — | 571 | — | — | — |
| 9. M. pyog. albus | 286 | — | 286 | — | — | — |
| 10. M. corallioides | 143 | 3333 | — | — | — | — |
| 11. M. radiatus | — | — | 714 | — | — | 286 |
| 12. M. flavus | 143 | — | — | — | 2222 | — |
| 13. M. sulfureus | — | — | — | — | 2222 | — |
| 14. M. badius | — | — | 143 | — | — | — |
| 15. M. pyog. aureus | — | — | 143 | — | — | — |
| 16. M. aurantiacus | — | — | 143 | — | — | — |
| 17. M. roseus | — | — | — | — | 2222 | — |
| 18. B. septicaemorrhag. | — | — | 1143 | — | 2222 | 571 |
| 19. B. pseudotuberculosis rod. | — | — | 143 | 286 | — | 571 |
| 20. B. lactis viscosi | — | — | 143 | — | 2222 | 571 |
| 21. B. acidi lactici | — | 3333 | — | 286 | 4444 | — |
| 22. B. coli | — | 3333 | 286 | — | — | — |
| 23. B. coli var. albidoliquef. | — | 3333 | 143 | — | — | — |
| 24. B. disciformans | 143 | — | 143 | — | — | — |
| 25. B. salmonicida a | 714 | 5000 | 143 | 571 | 6667 | 3143 |
| 26. B. salmonicida b | 143 | 5000 | 143 | — | 2222 | 1143 |
| 27. Bac. devorans (Zimmermann) | — | 3333 | 143 | — | 4444 | 571 |
| 28. B. punctatum | 429 | 1667 | 1714 | 286 | 6667 | 1143 |
| 29. B. turcosum | 143 | — | — | 286 | 2222 | — |
| 30. B. cremoides | — | — | 143 | — | — | — |
| 31. B. luteum | — | — | — | 571 | — | — |
| 32. B. ochraceum | — | 1667 | 143 | — | — | 286 |
| 33. B. fulvum | — | — | 286 | — | 4444 | — |

| Namen der Arten | Gelatine | | | Agar | | |
|----------------------------------------|---------------------|---------------------|------|---------------------|---------------------|------|
| | in 1 ccm Mainwasser | | | in 1 ccm Mainwasser | | |
| | Oberhalb | Himmels- pforten | Zell | Oberhalb | Himmels- pforten | Zell |
| 34. <i>B. chrysogloea</i> | 143 | — | 714 | 286 | 4444 | — |
| 35. <i>B. fluorescens</i> | 143 | — | 286 | — | — | 286 |
| 36. <i>B. putidum</i> | — | — | — | — | — | 571 |
| 37. <i>B. Zopfii</i> | 429 | 1667 | 1714 | — | 4444 | 286 |
| 38. <i>B. vulgare</i> | — | 1667 | 286 | — | — | 571 |
| 39. <i>B. Zenkeri</i> | — | — | 143 | — | — | — |
| 40. <i>B. murisepticum</i> | — | 1667 | — | — | — | — |
| 41. <i>Bac. robur</i> | 143 | — | — | — | — | — |
| 42. <i>Bac. ruminatus</i> | — | — | — | — | 2222 | — |
| 43. <i>Bac. simplex</i> | — | — | 143 | — | — | — |
| 44. <i>Bac. parvus</i> | — | 3333 | — | — | 2222 | 571 |
| 45. <i>Bac. teres</i> | — | — | — | — | — | 286 |
| 46. <i>Actinomyces chrom. alba</i> | — | — | — | 286 | — | — |
| 47. <i>Oidium lactis</i> | — | — | — | — | 2222 | — |
| Zahl der bestimmten Kolonien: | 21 | 26 | 78 | 11 | 28 | 43 |

Insgesamt: 207 Kolonien.

Aus der Tabelle dieses 2. quantitativen Bestimmungsversuches ist aus den Befunden der 3 Wasserproben auf beiden Nährböden, Gelatine und Agar, zunächst ersichtlich, dass bei Zell die meisten Arten zu isolieren waren. Dies erklärt sich wohl daraus, dass ich von dem Zeller Mainwasser viel grössere Mengen (zusammen 7/1000 ccm) untersuchte, während die Menge der untersuchten Wasserprobe bei Kloster Himmelspforten nur 6/10000 ccm war. Trotz des niedrigeren Keimgehaltes bei Zell (11143 Keime auf Gelatine) erhielt ich von diesem Wasser viel dichtere Platten als von dem bei Himmelspforten (Keimgehalt 43333); unter den zahlreichen Keimen waren auch mehr Arten.

Auf den Gelatineplatten waren es zusammen bei Zell 78 bestimmte Kolonien, während bei Kloster Himmelspforten nur 26 und oberhalb Würzburg 21. Auf Agar war die Zahl der abgeimpften Kolonien bei Zell 43, bei Himmelspforten 28 und oberhalb Würzburg 11.

Die Zahl der verschiedenen Arten steht in keinem direkten Verhältnis zu den gefundenen Keimzahlen. So sind oberhalb verhältnismässig viele voneinander verschiedene Arten vorhanden gegenüber der Wasserprobe bei Himmelsporten. Bei letzterer ist der Keimgehalt z. B. auf Gelatine 43333, also das 14fache von dem oberhalb (3000 Keime); es sind aber bei Kloster Himmelsporten nicht auch 14 mal soviel Arten als oberhalb vertreten.

Eine auffallende Beobachtung ist auch hier, dass einige Arten auf Gelatine reichlich vertreten sind, während sie auf Agar überhaupt nicht gefunden wurden, obgleich in beiden Fällen Zimmertemperatur verwendet wurde, so *Streptococcus pyogenes*, *M. coralloides*, *B. coli* und dessen verwandte Art *B. coli* var. *albidoliquefaciens* und *B. murisepticum*. Umgekehrt waren einzelne Arten nur auf Agar zum Wachstum gelangt, darunter auch die Sarzinen. Obwohl Sarzineformen auch in der Luft vorkommen, so stammen diese doch aus dem Mainwasser, da zu gleicher Zeit angelegte Luft-Kontrollplatten nicht die gleichen Sarzinen zeigten.

Einige wenige Spezies, wie *M. flavus* und *B. luteum* kommen scheinbar unregelmässig, oberhalb oder nur bei Himmelsporten oder bei Zell vor, ohne dass man sie sonst findet. Dies sind Zufälligkeiten, die nur durch Versuche mit grösseren Wassermengen vermieden werden können.

Alle Arten nehmen auf beiden Nährböden (mit Ausnahme von *B. punctatum* und *B. Zopfii* auf Gelatine) bei Zell an Häufigkeit gegenüber Himmelsporten und zwar meist ganz erheblich ab. Eine Menge seltenerer Arten, die zum Teil bei Himmelsporten in grösserer Zahl zu finden waren, verschwinden sogar vollkommen, so *M. coralloides*, *B. acidi lactici*, *M. flavus*, *M. sulfureus*, *M. roseus*, *B. turcosum*, *B. murisepticum*, *Bac. ruminatus*, *Actinomyces chromogenes alba* und *Oidium lactis* — vielleicht sind aber auch dies nur Zufälle.

Bezüglich ihrer Häufigkeit folgen der Reihe nach:

Oberhalb: *B. salmonicida a* und *B. punctatum* als die hauptsächlichsten Vertreter, dann *B. Zopfii*.

Bei Kloster Himmelsporten: *B. salmonicida a*, *B. punctatum*, *B. acidi lactici*, *Bac. devorans*, hernach *B. salmonicida b*, *B. Zopfii* und *Bac. parvus*.

Bei Zell: *B. salmonicida a*, *B. punctatum*, *B. Zopfii*, *B. septicaemiae haemorrhagicae*, *B. salmonicida b*, *M. concentricus*, *M. radiatus* und *B. chrysogloea*.

Alle übrigen sind in gleich geringerer Zahl vorhanden.

Bei der erwähnten Hochwasser-Untersuchung war es eine sehr auffallende Tatsache, dass ich bei meinen Abimpfungen, obwohl ich darauf ausging, eine möglichst grosse Verschiedenheit der Arten zu bekommen, immerhin einen besonders grossen Prozentsatz *B. fluorescentes* erhielt. Von 126 bestimmten Kolonien waren 41 *Fluorescentes*, also 32% bei Hochwasser.

VI. Spezielle quantitative und qualitative Untersuchung auf *B. coli*.

Um der Frage nahezutreten, ob in dem freien Flusswasser direkt oberhalb der ersten Häuser der Stadt, wo noch keine gröbere Verunreinigung des Wassers mit Fäkalien stattgefunden hat, sich auch *B. coli* finden liessen, stellte ich mehrere Untersuchungen an und zwar nach der heute von vielen Seiten besonders für *B. coli* empfohlenen Methode der *Eijkman'schen* Gärungsprobe im 46°-Brutschrank. Dieses Verfahren besteht in dem Anlegen einer Vorkultur. Ein Kölbchen Mainwasser wird mit $\frac{1}{8}$ seines Volumens einer starken Zuckerlösung (10 Traubenzucker, 10 Pepton, 5 Kochsalz, 100 Wasser) versetzt.

Ich stellte von Mainwasser oberhalb Würzburg bei der Fähre (Flussmitte) folgende Mischungen her:

1. 200 ccm Mainwasser: 25 ccm Zuckerlösung
2. 120 " " : 15 " "
3. 80 " " : 10 " "
4. 8 " " : 1 " "
5. $\left\{ \begin{array}{l} 0,8 \text{ ccm Mainwasser} \\ + 7,2 \text{ „ steril. Wasser} \end{array} \right\}$: 1 ccm Zuckerlösung.

Nach 24 Stunden Brutschrank bei 46° zeigten alle Mischungen deutliche Vergärung des Traubenzuckers in Form von kleinen Bläschen an der Oberfläche der Flüssigkeiten in den Kölbchen. Zu den Mischungen 4 und 5 verwendete ich Gärröhrchen, die nach 24 Stunden bei 46° deutliche Gasbildung (bei 4 etwa 2 ccm Gas) erkennen liessen. Bei der geringsten Mainwassermenge (0,8 ccm) hatte sich in 2 angelegten Gärröhrchen etwa je $\frac{1}{2}$ ccm Gas gebildet.

Alle mit Material von den Mischungen 4 und 5 (Vorkulturen) gegossenen Agarplatten zeigten nach 24 Stunden Brutschrank bei 46° zahlreiche, aufliegende, grössere und tiefer liegende kleine Kolonien von *B. coli*, die sich bei weiterer Untersuchung als typische *Coli* erwiesen.

Mit 2 weiteren Wasserproben von oberhalb und unterhalb der Stadt versuchte ich, die Grenze der Nachweisbarkeit von *B. coli* näher festzustellen. Zu diesem Zwecke legte ich Gärröhrchen an zunächst mit den Wassermengen 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6 ccm. In jedes Gärröhrchen kam 1 ccm Zuckerlösung, das übrige wurde mit sterilem Wasser aufgefüllt, bis die Mischung 1:8 hergestellt war. Im ganzen verwendete ich 12 Gärröhrchen, die alle nach 24 Stunden Brutschrank bei 46° Gasbildung zeigten und zwar schwankte dieselbe in den einzelnen Röhrchen zwischen $\frac{1}{4}$ — $1\frac{1}{2}$ ccm Gas. Plattenkulturen aus allen Gärröhrchen ergaben überall *Coli*.

Um ein direktes Wachstum von *B. coli* (ohne vorherige Vorkultur) auf den Platten zu versuchen, goss ich von den letzten beiden Wasserproben gleichzeitig Agarplatten mit den Mengen 0,5 und 0,1 ccm und brachte sie in den Brutschrank von 46°.

Das Ergebnis nach 1 Tag war:

1. 2 Platten mit je 0,5 ccm Mainwasser von oberhalb wiesen durchschnittlich 30 Keime *B. coli* auf, die übrigen Keime boten flächenartig ausgebreitetes Wachstum und erwiesen sich als sporentragende Bazillen, also 60 *Coli* auf 1 ccm.

2. 2 Platten mit je 0,1 ccm Mainwasser von oberhalb zeigten durchschnittlich 12 *B. coli*, das übrige ausgebreitetes Wachstum von sporentragenden Stäbchen, also 120 *Coli* in 1 ccm.

3. 2 Platten mit 0,5 ccm Wasser unterhalb Würzburg wiesen im Durchschnitt auf: 100 Keime *Coli* neben sporentragendem Wachstum, also 200 *Coli* in 1 ccm.

4. 2 Platten mit 0,1 ccm Wasser unterhalb Würzburg zeigten durchschnittlich 30 Keime *Coli* und flächenartiges Sporenwachstum, also 300 *Coli* in 1 ccm.

Kontroll-Untersuchungen dieser Keime, die ich für *B. coli* hielt, ergaben bei Schüttelkulturen von Trauben- und Milchzucker-Agar Gasbildung bei 37 und 46° Brutschrank.

Nachdem noch bei der Wassermenge 0,1 ccm Gasbildung vorhanden war, suchte ich mit weiteren Wasserproben von oberhalb und unterhalb mit stärkeren Verdünnungen die Grenze der Gasbildung zu erreichen. Ich verwendete die Quantitäten 0,01, 0,02, 0,03, 0,04, 0,05, 0,06 und 0,07 ccm Mainwasser.

In den Gärröhrchen mit 0,01—0,05 ccm Wasser von oberhalb bekam ich keine Gasbildung mehr, erst in dem Röhrchen mit 0,06 ccm Mainwasser war eine Spur von Gasbildung zu konstatieren und in dem Gärröhrchen mit 0,07 ccm Wasser wenig mehr Gasbildung. Ich

glaube also, die Grenze der Gasbildung und somit das Vorhandensein von *B. coli* bei dieser Wasserprobe von oberhalb bei **0,06** ccm Mainwasser annehmen zu können, d. h. es wären also in 1 ccm Wasser oberhalb **16** Kolonien *Coli*.

Die Gärröhrchen mit den gleichen Wassermengen unterhalb Würzburg zeigten alle, selbst die geringste Menge 0,01 ccm, noch Gasbildung, was mich also veranlasste, weiter zu verdünnen. Hiezu stellte ich tags darauf Kulturen mit 0,001, 0,002, 0,003, 0,004, 0,005, 0,006, 0,007, 0,008 und 0,009 ccm Mainwasser an. Das Resultat nach 1 Tag Brutschrank von 46° war, dass die Gasbildung bei der Wassermenge von 0,003 ccm verschwand; danach wäre also bei dieser Wasserprobe von unterhalb Würzburg die Zahl **0,004** ccm als Grenze der Gasbildung zu betrachten, d. h. in 1 ccm Wasser 250 *Coli*.

Kurz zusammengefasst fand ich an verschiedenen Tagen nach verschiedener Methode:

Oberhalb Würzburg: **60, 120, 16** *Coli*

Unterhalb „ : **200, 300, 250** *Coli*.

Es sind also oberhalb unzweifelhaft schon ziemlich zahlreiche *Coli*-Kolonien vorhanden und unterhalb entschieden mehr, etwa die **3—15**fache Menge.

Die obigen Zahlen sind natürlich nur als einigermaßen annähernde anzusehen; zu der Bestimmung einer genaueren Grenze würde es eine grössere Anzahl solcher Versuche an verschiedenen Tagen erfordern.

Vergleichende Untersuchungen meiner aus dem Mainwasser von oberhalb Würzburg isolierten *B. coli* mit den aus Kotaufschwemmungen gezüchteten *Coli* ergaben, dass die Wasser-*Coli* mit den Darm-*Coli* identisch waren.

Zusammenfassung der Ergebnisse.

Das Hauptergebnis meiner Untersuchungen dürfte wohl die Feststellung des überraschenden Reichtums der Bakterienflora im Mainwasser sein. Obwohl ich nicht im mindesten annehmen darf, alle Arten gefunden zu haben, so konnte ich wenigstens 70, 80 und mehr Prozent der in der Literatur genauer beschriebenen und anerkannten, nicht pathogenen Arten aus dem Mainwasser isolieren. Das verhältnismässig reine, von grösseren Verunreinigungen durch Abwässer mit Fäkalien usw. relativ freie Wasser direkt oberhalb Würzburg enthielt allein schon 44 verschiedene Spezies, eine auffallend grosse Zahl von Arten. Die Frage, welche von den aufgefundenen Arten oberhalb als die typischen Mainwasserbakterien anzusehen sind, die sich

im Mainwasser vermehren und ihren ganzen Entwicklungsgang vollenden, ist natürlich schwer zu beantworten, da durch Zuflüsse aller Art und aus der Luft alle möglichen Bakterien in den Main gelangen können.

Das Vorkommen der Proteus-Arten, der *B. Zopfii* und *B. vulgare*, also der Vorbereiter der typischen Eiweissfäulnis, dann das Vorhandensein der Bakterienarten, die im Darm von Menschen und Tieren sowie an der Erdoberfläche vorkommen, wie *B. coli*, *B. alkaligenes*, *Bac. vulgatus*, *Bac. mesentericus* sprechen dafür, dass auch direkt oberhalb der Stadt dem anscheinend reinen Wasser schon Verunreinigungen aller Art anhaften. Es wird dies niemand verwundern bei einem Flusse, der ca. 137 Kilometer durch kultiviertes Land geflossen ist und an dem x Städte und grosse Dörfer liegen — von den kleinen nicht zu sprechen. Nach freundlicher Angabe des Herrn Flussbauamtman *Strasser* gibt wohl zwischen Schweinfurt und Würzburg keine Mainstadt offiziell Abort-Abwässer in den Main, sicher aber inoffiziell. Man braucht nur bei Trockenzeit die Ufer einzelner in den Main mündender Bäche und die dort deponierten Fäkalien anzusehen, um an Beispielen zu erkennen, was alles möglich ist.

Unterhalb der Einmündung des Sammelkanals bei Kloster Himmelspforten resp. bei Zell konnte ich weitere 18 Spezies, die zu dem Bakteriengehalt von oberhalb der Stadt noch hinzukommen, auffinden. Die Bakterienarten: *Streptococcus pyogenes*, *M. pyogenes aureus et albus*, *B. septicaemiae haemorrhagicae* und *B. murisepticum* sind den spezifisch pathogenen Typen in morphologischer und biologischer Beziehung sehr ähnlich, von den pathogenen Arten, deren Namen ich ihnen beigelegt habe, durch kein morphologisches und kein übliches biologisch-chemisches Merkmal zu unterscheiden. Pathogene Wirkungen konnte ich bei keinem der Stämme nachweisen. Da aber Virulenzverlust ausserordentlich oft im Laboratorium an den pathogenen Arten zu beobachten ist, so glaubte ich mich dadurch nicht in der Benennung irre machen lassen zu müssen.

In der Bestimmung der relativen Häufigkeit der Arten kann ich mir wegen der jeweils zu geringen, untersuchten Wassermenge keine grösseren Schlüsse, als ich es in der Aufstellung der Tabellen (S. 31 u. 35) getan habe, gestatten, glaube aber, eine Methode gefunden zu haben, nach der auch in der quantitativen Richtung befriedigende Resultate erzielt werden dürften, wenn grössere Mengen Wasser untersucht und mehrere solcher Versuche vorgenommen werden. Ausserdem wäre es von Interesse, noch andere Nährböden (z. B. Blutserumagar,

Drigalski-Nährboden, Glycerinascitesagar u. a.) zu benützen und auch bei höherer und niedrigerer Temperatur Versuche anzustellen, um eventuell pathogene Arten und solche, die nur bei abnormer Temperatur zum Wachstum gelangen, aufzufinden.

Diese immerhin äusserst mühsame und zeitraubende Aufgabe dürfte aber das gleichzeitige Zusammenarbeiten mehrerer Kräfte erfordern.

Vorliegende Arbeit wurde im Hygienischen Institut der Universität Würzburg auf Veranlassung und unter Leitung von Herrn Professor Dr. *K. B. Lehmann* ausgeführt. Es sei mir an dieser Stelle gestattet, meinem verehrten Lehrer für die gütige Überlassung des Themas und die vielfache Unterstützung bei der Anfertigung der Dissertation meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Weiterhin danke ich auch den Herren Assistenten am Hygienischen Institut, insbesondere Herrn Dr. *H. Schülze* für seinen liebenswürdig erteilten Rat und seine freundlichen Anleitungen.

Literaturverzeichnis.

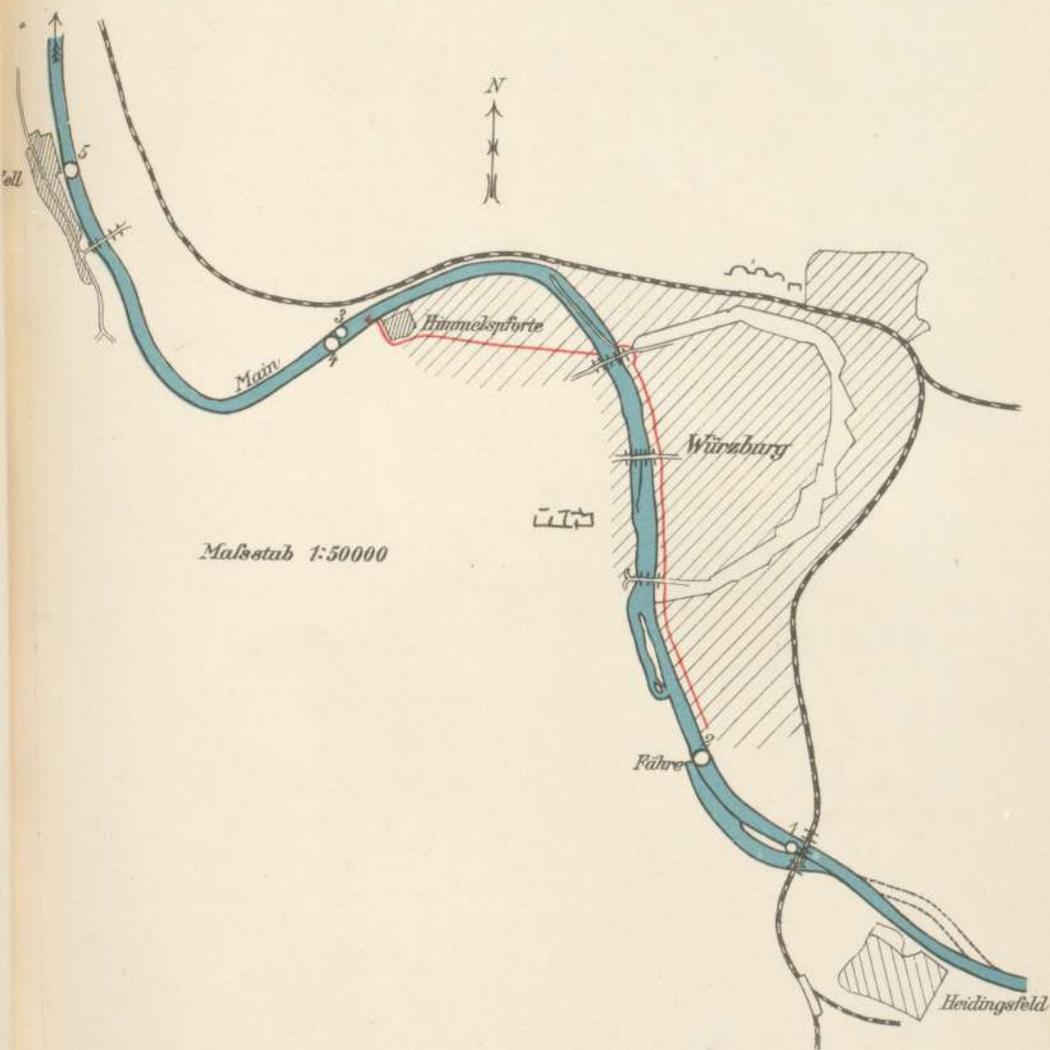
1. *Adametz, L.*, „Die Bakterien der Trink- und Nutzwässer.“ Separat-Abdruck aus den Mitteilungen der Versuchsstation für Brauerei und Mälzerei in Wien 1888.
2. *Besser, Fritz*, „Die Bakterien des Würzburger Leitungswassers“. Dissertation. Würzburg 1887.
3. *Breidenbach, H.*, „Der Zustand des Mainwassers und der Mainufer, oberhalb unterhalb und innerhalb Würzburgs unter Verwendung chemischer, bakteriologischer und biologischer Methoden“. Preisgekrönte Arbeit als Dissertation. Würzburg 1908.
4. *Burri, R.*, „Über einige zum Zwecke der Artcharakterisierung anzuwendende bakteriologische Untersuchungsmethoden nebst Beschreibung von zwei neuen aus Rheinwasser isolierten Bakterien“. Dissertation. München 1893.
5. *Dahmen*, „Die bakteriologische Wasseruntersuchung“. Zentralblatt für Bakteriologie. Bd. XII. S. 302.
6. *Dirksen und Spitta*, „Die Veränderungen des Spreewassers auf seinem Laufe durch Berlin in bakteriologischer und chemischer Hinsicht“. Archiv für Hygiene. Bd. XXXV. S. 83.
7. *Dräer, A.*, „Das Pregelwasser oberhalb, innerhalb und unterhalb Königsberg in bakteriologischer und chemischer Beziehung, sowie hinsichtlich seiner Brauchbarkeit als Leitungswasser, nebst einigen Bemerkungen über die Selbstreinigung der Flüsse und über die Einleitung von Abwässern in Flussläufe“. 1895. Zeitschrift für Hygiene. Bd. XX. S. 323.
8. *Fitzau, H.*, „Über den Einfluss der Würzburger Schwemmkanalisation auf den Main“. Dissertation. Würzburg 1893.

9. *Flügge*, Lehrbuch der hygienischen Untersuchungsmethoden.
10. *Frank, G.*, „Die Veränderungen des Spreewassers innerhalb und unterhalb Berlins in bakteriologischer und chemischer Hinsicht“. Zeitschrift für Hygiene. Bd. VI. S. 355.
11. *Frankland, Grace C.* und *Frankland, Percy F.*, „Über einige typische Mikroorganismen im Wasser und im Boden“. Zeitschrift für Hygiene. Bd. VI. S. 373. 1889.
12. *Heim*, Lehrbuch der Bakteriologie. III. Auflage. Stuttgart 1906.
13. *Lehmann* und *Neumann*, Atlas und Grundriss der Bakteriologie und Lehrbuch der speziellen bakteriologischen Diagnostik. IV. Auflage München 1907.
14. *Löffler*, Das Wasser und die Mikroorganismen. In Weyl's Handbuch der Hygiene. 1896. Bd. I.
15. *Lustig*, Diagnostik der Bakterien des Wassers. 1893.
16. *Manoiloff*, „Bakteriologische Untersuchungen über Bernische Wasserversorgung“. Dissertation. Würzburg 1893.
17. *Maschek*, „Bakteriologische Untersuchung der Leitmeritzer Trinkwässer“. Im Jahresbericht der Kommunal-Oberrealschule in Leitmeritz für 1887.
18. *Meyer, Ernst*, Über den Bakteriengehalt der Ill oberhalb der Einmündung der Strassburger Schmutzwässer. Dissertation. Strassburg 1901.
19. *Mez*, Mikroskopische Wasseranalyse. 1898.
20. *Migula*, System der Bakterien. II. Bd. Spezieller Teil. 1900.
21. *Müller, R.*, „Eine Diphteridee und eine Streptothrix mit gleichem blauem Farbstoff, sowie Untersuchungen über Streptothrixarten im allgemeinen“. Zentralblatt für Bakteriologie, Originale. Bd. XLVI. Heft 3. S. 195. 1908.
22. *Ochtmüller*, Gutachten, betreffend die Verunreinigung der Saale zwischen Halle und Barby. Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamt. Bd. XII. S. 285. 1896.
23. *Prausnitz*, Der Einfluss der Münchner Kanalisation auf die Isar mit besonderer Berücksichtigung der Frage der Selbstreinigung der Flüsse. 1889.
24. *Rosenberg, B.*, „Über die Bakterien des Mainwassers“. Dissertation. München 1886.
25. *Rubner*, Beitrag zur Lehre von den Wasserbakterien. Archiv für Hygiene. 1888.
26. *Schlatter*, „Die Veränderungen des Limmatwassers durch das Abwasser der Stadt Zürich in bakteriologischer Hinsicht“. Dissertation. Zürich 1890.
27. *Stahl*, „Bakteriologische und chemische Untersuchungen über Verunreinigung und Selbstreinigung kleinerer Flussläufe in der Umgebung von Freiburg i. Br.“. Dissertation. Freiburg i. Br. 1904.
28. *Stutzer* und *Knublauch*, Untersuchungen über den Bakteriengehalt des Rheinwassers, oberhalb und unterhalb der Stadt Köln; Zentralblatt für allgemeine Gesundheitspflege. Jahrgang XIII. Heft 3/4. S. 123.
29. *Tataroff*, „Die Dorpater Wasserbakterien“. Dissertation. Dorpat 1891.
30. *Thomann*, „Untersuchungen über den gegenwärtigen Stand der Frage der Verunreinigung der Limmat durch die Abwässer der Stadt Zürich.“ Zeitschrift für Hygiene. Bd. XXXIII. S. 1.
31. *Tils*, „Bakteriologische Untersuchungen der Freiburger Leitungswässer“. Zeitschrift für Hygiene. Bd. IX. S. 282. 1890.
32. *Wolffhügel* und *Riedel*, „Die Vermehrung der Bakterien im Wasser“. Arbeiten aus dem kaiserlichen Gesundheitsamte. 1886. Bd. I. S. 455.

33. *Worthmann*, „Untersuchungen über die Eijkman'sche Probe und ein eigenartiges, Gärung erregendes Bakterium“. Mitteilungen aus der Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung zu Berlin. Heft 9. 1907.
34. *Zimmermann, O. E. R.*, „Die Bakterien unserer Trink- und Nutzwässer, insbesondere des Wassers der Chemnitzer Wasserleitung“. 11., 12. und 14. Bericht der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft zu Chemnitz. 1890, 1893 und 1900.

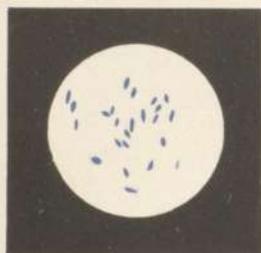
Plan über den Main.

Die 5 Entnahmestellen (○) u. der Sammelkanal (—).

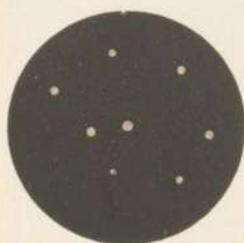


Reiss, Studien über die Bakterienflora des Mains bei Würzburg in qualitativer und quantitativer Hinsicht.

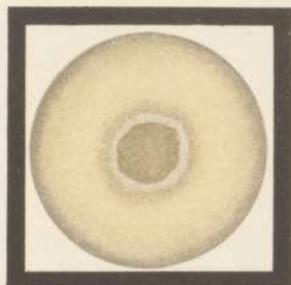
B. anthocyaneum. (Lehmann und Reiss.)



Mikroskop. Bild von
3 Tage alter Agarkultur.



Gelatineplatten-
kulturen, 8 Tage alt.



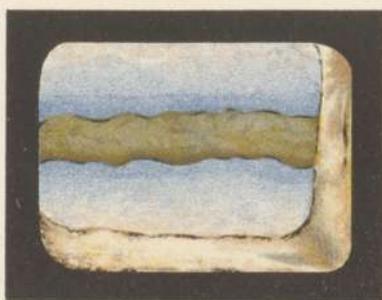
Gelatineplattenkultur
60 fach vergrössert.



Gelatinestickkulturen
nach 14 Tagen.



nach 3 Wochen.



Kartoffelkultur
nach 5 Tagen.

Die Flora des Rhöngebirges VII¹⁾.

Von

M. Goldschmidt-Geisa

Nachträge zu I.—VI.

A. Zum Literatur- und Quellenverzeichnis.

Zu I. 2. Im IX. Ber. d. Ver. f. Naturk. in Fulda (1909) hat Herr *Denner* als 4. Nachtr. zu dem „Verz. der Phanerog. u. Gefässkryptog. der Umgebung von Fulda“ wiederum eine Reihe von floristischen Neubeobachtungen gegeben, deren Anführung durch das seither übliche Zeichen (V.) geschehen soll. — Durch das dankenswerte Entgegenkommen des Ver. f. Naturkunde zu Fulda ist es mir ermöglicht worden, das in dessen Besitz befindliche umfangreiche Herbar *Dannenberg's* mit Musse zu revidieren. Ich war dadurch in die Lage versetzt, eine grosse Anzahl Belegexemplare für jetzt nicht mehr oder nur schwer zu bestätigende Angaben kennen zu lernen. Hinweise unter: (*Hb. D.*) —

B. Zu den Pteridophyten in I.

6. *Aspidium thelypteris* Sw. Im (*Hb. D.*) liegt eine handschriftliche Bemerkung *Dannenberg's*, dass er diesen — bei uns so seltenen — Farn beim „Aufstieg zur Milseburg über der englischen Anlage“ gesehen habe. Es handelt sich offenbar um das teilweise sumpfige Tälchen, das vom Delzenhof zur Bieber eingeschnitten ist. Genauere Nachforschungen werde ich noch vornehmen.

11. *Aspidium lobatum* Sw. in der var. *umbraticum* Kze. entdeckte ich am 12. VIII. 1910 in wenigen und schwachen Stöcken

¹⁾ Vergl. in Allgem. bot. Zeitschr. 1900 Nr. 12 u. ff. II—VI in Verhdlg. d. phys.-med. Gesellschaft zu Würzburg N. F. Bd. XXXIV., XXXV., XXXVII., XXXVIII. u. XXXIX. (*Curt Kabitzsch, Stuber's Verlag*).

auf dem Felsgehänge des Habelberges an dessen Ostseite; sie sind als Relikte eines alten, durch forstliche Massnahmen beeinträchtigten Bestandes anzusehen.

13. *Onoclea struthiopteris* Hoffm. Von geschichtlichem Werte ist folgende Aufzeichnung im (*Hb. D.*): „Im Sommer 1857 habe ich in der Nähe des Steinhauks (bei Fulda) 2 Exemplare *Struthiopteris* gesehen, aber (damals noch unbekannt in der Gegend — in der Meinung, sie werde sich wohl noch oft finden) stehen gelassen. Jahres darauf war sie ausgeackert“. — Die ältere, ungültig gewordene Angabe (vergl. I. und VI.) von (*E. S.*) beruhte demnach auf richtiger Beobachtung.

14. *Woodsia rufidula* Aschers. Von der Milseburg liegt im (*Hb. D.*) schon aus dem Jahre 1832 leg. *A. Wolf*.

19. *Asplenium viride* Huds. Über die beiden, nach meinen Ausführungen in I. noch unaufgeklärt gebliebenen Standortsangaben kann ich nunmehr ein — leider verneinendes — endgültiges Ergebnis bringen. Nach dem (*Hb. D.*) war dieser zierliche Farn am 29. IX. 1857 von (*D.*) in ziemlicher Menge an einer Mauer im Tiergarten (Forsthaus und Revier) gefunden worden, war 1864 durch Einsturz derselben verschwunden, aber 1867 wieder vorhanden. Mit der dankenswerten Hilfe des Herrn Forstmeisters *Giese* — Tiergarten konnte ich folgendes ermitteln: Besagte Mauer schloss den Wildpark ab und hat dem Distrikt den Namen „Fuldaer Mauer“ hinterlassen; nach Auflösung des Wildgeheges liess man sie verfallen und verwendete ihr Material zu Bauten; ihre Spur ist noch teilweise zu verfolgen; sie befand sich an der Forstgrenze gegen das Gehöfte Altenrain; ihre äussere Linie wird durch einen Bestand von *Ulex europaeus* markiert, auf den wir weiterhin zu sprechen kommen werden. — Den l. conf. angezogenen Standort in den Brunnenkammern bei Ziehers hat Herr *Denner* mit Hilfe eines städtischen Arbeiters untersucht; auch hier war das Ergebnis ein negatives, und *Aspl. viride* ist nun mit Bestimmtheit aus der Liste der Rhönpflanzen zu streichen.

22. *Asplenium nigrum* Heufl. vom Stoppelsberg liegt im (*Hb. D.*), leg. 1864 (vermutl. *Kemmerer*). Am 18. VII. 1909 fand ich einige kümmerliche Stücke unter den Doleritfelsen (Südhang), wo der Farn in früheren Zeiten einen unbeschatteten, ihm besser zusagenden Standort besessen haben mag.

24. *Pteridium aquilinum* Kuhn. Im Mischwalde bei Mauerschell nächst Eckweissbach findet sich var. *crispum* Chr. mit gedrängtem, zartem Laub und welligen Segmenträndern in grosser

Menge. — Der Adlerfarn kommt nach meinen neueren Beobachtungen vor am Stoppelsberg bei Schwarzenfels, im Diesbachswalde bei Römershag und an der Eckweissbacher Kuppe. — Im dichten Buchenstangenholz zwischen Langenbieber und dem Wadberge sah ich im Okt. 1910 zum ersten Male die merkwürdige, fast lianenhafte, dünnhäutige Schattenform des von Natur aus fast xerophilen Adlerfarns, die var. *gracile* Beck in wenigen Exemplaren. Sie übertraf die dürftige *Beck'sche* Diagnose in allen charakteristischen Merkmalen. Die Angabe der Masse dürfte willkommen sein: Länge des sehr schmalen Wedels einschl. des Stiels 1,40 m, dabei nur 7 schmale Fiederpaare und die Spitze; unterste, grösste S. I. O. 30 cm. lang, ihre grösste Breite 10 cm; S. II. O. 5 cm lang und nur 1 cm breit; S. III. O. 4 bis 5 mm \times 2 $\frac{1}{2}$ —3 mm; Stiel und Mittelstreif dünn rutenförmig.

25a. *Osmunda regalis* L. Um durchaus korrekt zu verfahren, will ich erwähnen, dass im (*Hb. D.*) bei einem Exemplar dieses Sumpffarns aus Hannover sich die handschr. Bemerkung vorfindet: „Fulda, im roten Moor“. Da nun (*D.*) als geübter Systematiker nach Fulda gekommen war, so hat er anscheinend eine ihm zunächst wahrscheinlich klingende Angabe eines anderen angenommen und es später nur übersehen, die Notiz aus seinem Herbar zu entfernen.

34. *Lycopodium selago* L. Von den früher (*I.*) genannten Standorten bei Langenberg und Oberzell (Amt Schwarzenfels) liegen Exemplare im (*Hb. D.*), beide aus dem Jahre 1845, letzteres leg. *Kämmerer*; die Priorität dieser beiden Funde gebührt daher (*D.*) bez. *Kämmerer*, welcher in der 1. Hälfte des 19. Jahrhunderts in der Umgebung des Stoppelberges sammelte. — *Lycopodium selago* beobachtete ich inzwischen auch im Basaltgerölle des Schäferstandes über Wüstensachsen.

36. *Lycopodium clavatum* L. auch in Rommers dem Schulhause gegenüber, sowie auf Wacholderheide an der Eckweissbacher Kuppe gegen Eckweissbach.

37. *Lycopodium inundatum* L. vom „Waldrande des Tiergartens“ bei Langenbieber (*W.*) hat *Dannenberg* aufgenommen (*Hb. D.*)

38. *Lycopodium complanatum* L. hat *Kämmerer* bei Oberzell (Amt Schwarzenfels) in der für das Gebiet noch nicht erwähnten Unterart *anceps* Wallr. gesammelt (*Hb. D.*); der Fundort, im Grenzgebiet gelegen, könnte vielleicht noch zum Rhöngebirge gehören.

39. *Lycopodium alpinum* L. Das spärlichere, zuerst bekannte Vorkommen auf der Wasserkuppe wurde nicht von (*G.*), sondern von *Dannenberg* 1870 entdeckt. (*Hb. D.*) — Inzwischen ist

mir durch die Güte des Herrn Seminarlehrers *Brückner*-Coburg unter Mitteilung von Lokalskizzen und Belegpflanzen unzweideutig dargetan worden, dass diese im mitteldeutschen Gebirgslande so seltene Pflanze im Gebiete des Schwabenhimmels an verschiedenen Stellen, wenn auch nicht so massenhaft wie an der Wasserkuppe, auftritt. Zunächst hat Herr *Brückner* selbst 1887 am Ostabhange des Schwabenhimmels, vom „Steinernen Haus“ kommend, einen Horst entdeckt und 1904 wieder bestätigt, doch zunächst für *Lyc. complan.* gehalten, was eigentlich — ohne mikroskopische Untersuchung — für Mitteldeutschland die naturgemässe Annahme ist; er fand ferner 1907 noch solche Bestände in der Richtung gegen das „Hohe Polster“. Mehr gegen den Störnberg hin entdeckten die Herren *Engel* und *Stubenrauch* 1909 gelegentlich einer Wanderung des Coburger Lehrerseminars einen weiteren Horst, so dass man nunmehr annehmen darf, diese Bärlappart sei im Gebiete des Schwabenhimmels recht verbreitet und nur deshalb von dort nicht früher bekannt geworden, weil ihre Auffindung auf diesen schier unendlichen Bergmatten nur ein Spiel des Zufalls ist. Bayern besitzt nunmehr auch in seinem nördlichsten Winkel ein Areal des *Lycopodium alpinum*.

C. Zu den Pflanzen in II.

15. *Pinus mughus* Scop. Im (*Hb. D.*) liegt ein noch jugendlicher ♂ Blütenstand vom Forstort Sandplatte zwischen Teufelstein und Milseburg, leg. 1881; er gehört unstreitig zu *P. pumilio* Willk. (in I. habe ich irrtümlicherweise *P. mughus* gesetzt). Die *Sandberger*'sche Notiz (Gemeinnütz. Wochenschr. Polytechn. Ver. Würzburg 1881) war demnach zutreffend, nur darf man daraus nicht auf das Indigenat der Latschenkiefer in der Rhön schliessen. Inzwischen ist durch forstwirtschaftliche Veränderungen jede Spur des sicherlich mit Samen eingeschleppten Fremdlings vernichtet worden.

22. *Typha angustifolia* L. Auch in einem Wasser- (Flachs-) loch am Wege Borbels—Mieswarz Amts Geisa.

28. *Potamogeton perfoliatus* L. Im (*Hb. D.*) die f. *cordato-lanceolatus* M. K. aus dem Fuldagebiet.

D. Zu den Gräsern in III.

1. *Oryza clandestina* A. Br. Belegexemplare von Oberhausen, dem ersten und höchstgelegenen Orte an der Fulda im (*Hb. D.*)

17. *Phleum Boehmeri* Wib. ist im ganzen Kalkgebiet um Meiningen — besonders in lichten Kieferwäldern — verbreitet.

29 a. *Avena orientalis* Schreb. Der Fahnenhafer wird unter dem Namen „Träubelhafer“ in den Abarten *tatarica* und *tristis* (teils mit Grannen, teils ohne solche) neuerdings in vielen Ortschaften des Kreises Hünfeld angebaut.

97. *Fetuca pratensis* × *Lolium perenne* A. u. G. im (Hb. D.) aus Fuldas Umgebung.

E. Zu den Juncaceen in IV.

76. *Juncus squarrosus* L. auch in Wiesen am roten Moor in der Richtung gegen die Wasserkuppe.

84. *Juncus obtusiflorus* Ehrh. Den zweiten, recht reichen Bestand für das Gebiet bildet eine Sumpfwiese zwischen Oberbreizbach und dem Vorwerke Grasgrube in der Vorderrhön.

F. Zu den Rosoideae in V.

14. *Rosa gallica* L. Hinter dem Eichicht an der Böschung links von der Strasse Rippershausen—Stepfershausen nach deren Austritt aus dem Walde in wenigen Stöcken.

14 a. *Rosa gallica* × *canina* R. Keller. Ein Strauch zwischen den Eltern an vorstehend bezeichneter Örtlichkeit. Die Einreihung unter eine der beschriebenen Formen dieses Blendlings war Herrn *M. Schulze* wegen mancherlei Abweichungen nicht möglich. Vielleicht kann ich später ausreichenderes Material dort aufnehmen.

16. *Rosa Jundzillii* Bess., von Herrn *M. Schulze* zur var. *Aliothii* Chr. gestellt, fand ich an einem Ackerrand über dem Seeshof bei Hammelburg in üppigen Sträuchern.

29 b. *Rosa rugosa* Thb. Die Kartoffelrose gedeiht vortrefflich an der Umfriedigung eines Villengrundstückes in Gersfeld.

30. *Rosa pimpinellifolia* L. Die zahlreichen Stöcke im Gebüsch längs der Landstrasse durch die Hainleite bei Obereschbach gehören zur var. *spinosissima* Koch; doch finden sich auch Übergänge zur var. *typica* Christ, welche letztere in guter Ausprägung am Schwedenberg bei Elfershausen vertreten ist.

36. *Agrimonia eupatoria* L. in der prächtigen var. *grandis* A. u. G. im Heidelbergwald nächst Ostheim.

45. *Rubus suberectus* Anderss. ist häufig an einem Fusspfade längs der Bahnstrecke Altenfelde-Gersfeld.

45 a. *Rubus sulcatus* Fest ebendasselbst; neu für das Gebiet.

51. *Rubus tomentosus* Borckh. var. *glabratus* Godr. an einem Feldwege am Fusse des Rudelsbergs bei Stedlingen.

54. *Rubus radula* Whe. Verbreitet auf Waldblößen am Oechsenberg gegen das Oechsetal.

54b. *Rubus apricus* Wimm. in einer durch spärlichere Behaarung vom Typus abweichenden Form (*nuda* Kretzer) an der Strasse Gersfeld-Poppenhausen.

62. *Rubus eupruinosus* Focke auch in Weinbergen bei Elfershausen nächst Hammelburg; in der Vorderrhön in Hecken häufig.

65. *Rubus serrulatus* Ldbg. in der Vorderrhön an ähnlichen Orten wie 62 nicht selten.

68. *Rubus Wahlenbergii* Arrhen. mit stark ausgeprägtem Filz der Unterseite (var. *tomentosus* Kretzer briefl.) an Feldwegen unterhalb des Oechsenberges gegen das Oechsetal verbreitet.

74. *Potentilla sterilis* Garcke erhielt ich im Mai 1909 durch Herrn Denner vom Rauschenberg bei Fulda.

92. *Geum rivale* × *urbanum* A. u. G. vom früher genannten Giebelrain liegt im (*Hb. D.*) in der Form *Wildenowii* Aschers.

G. Zu den Pflanzen in VI.

1. *Colchicum autumnale* L. Die f. *vernum* Rchb., eine biologische Merkwürdigkeit, ist auch bei Fulda 1861 von (*D.*) und am 5. V. 1909 von Herrn Denner gesammelt worden.

24. *Lilium bulbiferum* L., qu. sp. mit Bulbillen und ohne Blüten entdeckte Herr C. Brade am Rande einer Kieferschönung unterhalb der Lichtenburg (!).

31. *Ornithogalum umbellatum* L. auch im Park von Adolfs-eck bei Fulda qu. sp. (*Denner* briefl. 24. X. 1908).

45. *Narcissus pseudonarcissus* L. Herr Denner hat das von (W.) angeführte Vorkommen am Ebersberg jahrelang beobachtet; gemeint ist eine Wiese beim Weiler Rödersbach, nahe dem Fusspfade nach Hättenhausen; genannter Herr hält den reichen Bestand für ausgepflanzt, was mit meinen Ausführungen (VI.) übereinstimmt.

63. *Orchis masculus* L. Die durch blasse Färbung und charakteristischen Geruch ausgezeichnete var. *foetens* Rchb. fand sich auch auf Wiesen zwischen Gersfeld und Oberhausen (leg. Flechtner 1908).

65. *Orchis incarnatus* L. vom Fusse des Ziegenkopfs bei Schackau (leg. 1859) liegt im (*Hb. D.*); sie gehört zur var. *lanceolatus* Rchb. f. *brevicalcaratus* Rchb. und neigt in der Frucht zur f. *serotinus* Hsskn.

75. *Gymnadenia albida* Rich. auch auf den Matten des Schwabenhimmels in der hohen Rhön (Ade 1907).

78. *Epipactis latifolia* All. Die bei uns seltenere Rasse *viridiflora* Irm. konstatierte ich zahlreich auf Muschelkalk im Mischwald des Dachsberges bei Ostheim.

79. *Epipactis varians* Fleischm. u. Rech. auch im Laubwalde der Grasburg bei Oberbreizbach auf Muschelkalk.

90. *Coralliorrhiza innata* R. Br. Den höchstgelegenen Standort entdeckte Herr *Brade* auf der bis über 800 m emporgehobenen Muschelkalkinsel der Eube bei Gersfeld.

Fortsetzung.

Pomoideae.

1. *Cotoneaster integerrima* L. (Cot. *cotoneaster* Karsten. Nicht gar selten, aber zerstreut, am häufigsten um Meiningen im Gebirgsstock zwischen dem Sülzbache und der Herpf, sowie im Gebiet der Geba (R. u. *Bliedner* br.), ferner am Hutsberg und bei Henneberg (G.); im Süden am Sodenberg (*Vill* br.); isoliertes Vorkommen bei Schloss Bieberstein (D. u. Hb. D); der höchste und exponierteste Standort (830 m) befindet sich auf der Spitze der Milseburg (G!).

2. *Mespilus germanica* L. Die Mispel fehlt bei uns gänzlich, anscheinend sogar als Kulturstrauch; die Angabe des forstbotanischen Merkbuches für die Provinz Hessen über ihr Vorkommen im Revier Hilders muss ich anfechten.

3. *Mespilus coccinea* Mill. in Anlagen.

4. *Mespilus mollis* A. u. G. wie 3, aber seltener.

5. *Mespilus crus galli* Duroi wie 4.

6. *Mespilus oxyacantha* Crtz. Recht häufig, auf Hutten der montanen Region mit den sogenannten Wetterbuchen (Einzelbuchen) wohl Relikt früherer Waldungen, daselbst oft durch Tierverbiss in kugelig-geschlossener Form; die var. *integrifolia* Wallr. bei Schloss Bieberstein, deren Unterform *glabrata* Sanio bei Schackau;

7. *Mespilus monogyna* All. Nicht so häufig wie 6. Eine der in Gartenzäunen häufiger angepflanzten var. *fissa* A. u. G. mit fast fiederschnittigen Blättern ähnliche Abart fand ich auf dem Plateau des Horbel bei Andenhausen. Die rot und gefüllt blühende Spielart von 6. und 7. („Rotdorn“) erreicht nicht selten Baumgestalt.

8. *Amelanchier vulgaris* Mch. (*A. amelanchier* Karst.)

Nur auf zwei weit voneinander entfernten Kalkinseln: Sodenberggebiet bei Hammelburg (*Vill* br.) und Grasburg nebst Schwärzelsberg am Fusse des Soisberges (*W.*); das Vorkommen im Revier Hilders (Forstmerkbuch) muss ich einstweilen um so mehr bezweifeln, als auch mehrere andere für dasselbe dort gegebenen floristischen Nachrichten unbedingt falsch sind.

9. *Pirus communis* L. Nicht mehr allzuhäufig an Waldrändern, daselbst strauchartig und selten fruchtend; in Feldzäunen und auf freiem Gelände in den beiden Unterarten *achras* Gaertn. mit verkehrt-kugelförmiger und *piraster* Borckh. mit mehr kugeliger Frucht öfter und fruktifizierend, doch immer mehr verschwindend. Es sei hier bemerkt, dass in dem erfreulichen Fortschritte der letzten beiden Jahrzehnte auf dem Gebiete der Kernobstzucht unserer Gegend die Kultur der Birne nicht gleichen Schritt mit der des Apfels hält.

10. *Pirus malus* L. und zwar subsp. *silvestris* (*L.*). Der Holzapfel teilt Vorkommen und Schicksal der Feldbirne.

11. *Pirus torminalis* Ehrh. Mit der wachsenden Herrschaft des Buchenhochwaldes geht dieser interessante Baum auch in unserem Gebiete wie so viele schönen Bewohner des ursprünglichen deutschen Laubwaldes seinem Ende entgegen. Für die Vorderrhön sind einzelne, eingesprengte Bäume an folgenden Punkten festgestellt: Quecksmoor bei Rasdorf (*G!*), Giebelrain (*D.*), Schleidsberg bei Geisa (Oberförster *Saalfeld*), Neuberg bei Dermbach (*Denner* br.), Buchwald bei Haselstein (40 cm Durchmesser, Forstmerkbuch), Hessenliede bei Bieberstein und Rauschenberg bei Fulda (*V. IX.*), Höchstberg bei Mackenzell mit 25 cm Durchmesser (!) und die var. *pinatifida* A. u. G. mit tief eingeschnittenen Blättern urwüchsig an der Grasburg bei Mamsbach; (!) im Osten: Forstort Wahnser Buche bei Meiningen (*R.*); für den Süden fehlen Angaben. Zahlreiche, nicht mehr bestätigte Nachrichten von *Lieblein* beweisen, dass die Elzbeere zu seiner Zeit häufiger war. Einige sehr schöne, gut fruchtende Bäume stehen — angepflanzt — an der Strasse nach Bremen, 1 km hinter Geisa.

12. *Pirus aucuparia* Gaertn. Im Laubwald, sehr vereinzelt, mit der höheren Lage an Häufigkeit zunehmend und durch ihre Widerstandsfähigkeit am geeignetsten zur Bepflanzung unserer höchsten Gebirgsstrassen im offenen Gelände; aus ästhetischen Gründen ist es bedauerlich, dass man der Eberesche neuerdings an den Landstrassen kein Plätzchen mehr zwischen den Obstbäumen gönnen will. Die mährische Eberesche var. *dulcis* A. u. G. hat sich als Obstbaum leider

nicht eingebürgert; ich fand sie nur in den sehenswerten Obstanlagen des Herrn Lehrers *Köll* in Ketten.

13. *Pirus domestica* Sm. von *Lieblein* für eine Reihe von Örtlichkeiten in der Vorderrhön genannt, fehlt tatsächlich im ganzen Gebiete; wenn das forstbotan. Merkbuch den Speierling als urwüchsig für den benachbarten Forstbezirk Lautenhausen anführt, so beruht dies ebenso wie die *Lieblein*'schen Angaben auf Verwechslung. Auch in Gärten des Gebietes ist der Speierling kaum zu finden. Ich nehme hier Gelegenheit, mein Bedauern darüber auszusprechen, dass die Berichterstatter des genannten Merkbuches in Zweifelsfällen keinen Floristen oder Systematiker zu Rate gezogen haben; das Werkchen büsst dadurch an Zuverlässigkeit wesentlich ein und das floristische Bild der einschlägigen Landesteile wird von neuem mit falschen Strichen verunstaltet.

14. *Pirus intermedia* Ehrh. (*P. suecica* Garcke.) Nach (*R.*) bei Bettenhausen, links am Wege nach Dreissigacker nächst Meiningen, sicherlich angepflanzt.

15. *Pirus aria* Ehrh. Im ganzen Gebiete von der oberen Lage der Hügelregion aufwärts bis zu den kleinen Baumgruppen der hohen Rhön, meist in Strauchform, im Vorlande den Muschelkalk und lichtere Örtlichkeiten bevorzugend, meist in der typischen Form, auf dem Gipfel der Milseburg var. *incisa* A. u. G. Auch die Mehlbeere eignet sich zur Anpflanzung an Höhenstrassen.

16. *Pirus aucuparia* \times *aria* A. u. G. (*P. thuringiaca* Ilse.) Nur vereinzelt und selten, vielleicht auch öfter übersehen: Langenberg bei Buttlar (*G.*), am Hahnenköpfchen unter dem Oechsenberg (Oberförster *Krähan!*) in einer der *aucuparia* nahestehenden Form, am Arnsberg bei Bischofsheim (*Schk.*), am Melkerker Felsen bei Meiningen (*S.*).

17. *Pirus torminalis* \times *aria* A. u. G. (*P. latifolia* Lindl.) Ist vom Berichterstatter für das forstbotanische Merkbuch in das Verzeichnis der im Revier Hilders und dessen Nachbarschaft wildwachsenden Pflanzen aufgenommen; vermutlich irrtümliche Benutzung einer von Herrn *Denner* gemachten Angabe über das Vorkommen des Blendlings in früheren Anlagen bei Fulda (ehemal. botan. Garten); ich halte das ursprüngliche Auftreten dieser Hybride bei dem spärlichen und örtlich durchaus getrennten Vorkommen der Elzbeere im Gebiete für unwahrscheinlich. Wenn (*H.*) im Supplementum unter dem Namen *P. intermedia* Willd. den Kreuzberg, die Milseburg und das Steinerne Haus als Fundorte benennt, so muss ich auf Grund

der von ihm mitgeteilten Diagnose annehmen, dass er die an stark gelappten Blättern kenntliche Abart *incisa* der Mehlbeere gemeint hat. Der Bastard ist als ursprünglich für das Gebiet nicht nachgewiesen; der von *Vollmann* (Ber. d. bayr. bot. Ges. XII.) erwähnte Standort Trimburg liegt ausserhalb der Gebietsgrenze.

18. *Cydonia vulgaris* Pers. (*Cyd. cydonia* Karst.) Die Quitte wird nur sehr vereinzelt in Gärten gezüchtet.

Prunoideae.

19. *Prunus spinosa* L. Überall, doch den Schatten meidend, so dass die durch rutenförmige Zweige und die erst mit den Blättern austretenden Blüten gekennzeichnete Schattenform *coetanea* W. Gr. nur äusserst selten (Schwärzelsberg bei Mannsbach!) anzutreffen ist. (Über die biologisch und anatomisch tiefgehenden Einflüsse sonniger Kalkblößen auf die Schlehe vergleiche man die beachtenswerten Forschungsergebnisse in mehreren Heften der von Herrn Professor *Kraus* herausgegebenen Sammlung „Aus der Pflanzenwelt Unterfrankens“). Leider fallen die Schlehenhecken an den Feldrainen in einigen Teilen der Vorderrhön letzthin mehr einem gewissen Ordnungsfanatismus als wirtschaftlichen Erwägungen zum Opfer, wodurch das Landschaftsbild verödet und die Singvogelwelt durch Vernichtung ihrer Schlupfwinkel — zur Freude der Obstverderber — zur Auswanderung gezwungen wird. Geeignete Belehrung durch landwirtschaftliche und Obstbauvereine tut hier dringend not.

20. *Prunus insititia* L. Die Haferschlehe ist in der v. pomariorum Bout. hin und wieder in Bauerngärten, bei Langenbieber auch an der Landstrasse zu finden. Die Mirabelle var. *Syriaca* Koehne und die Reineclaude v. *Italica* Borckh. finden in der Vorderrhön — wohl infolge geringer Haltbarkeit der Früchte — noch immer nicht die genügende Beachtung seitens der Obstzüchter; *Prunus armeniaca* L. (Aprikose) und *P. persica* Sibth. u. Sm. (Pflirsich) fehlen wohl wegen der ungünstigen klimatischen Verhältnisse.

22. *Prunus communis* Fritsch (Mandelstrauch) nur als Zierstrauch in geschützten Gartenanlagen; kommt nicht zur Fruchtreife.

23. *Prunus nana* Stokes in der Rasse *Georgica* Desf. bedeckt, reichlich fruchtend, ein grosses Areal auf dem höchsten Teile des Kirschberges bei Ostheim.

24. *Prunus incana* Steven seit langem angepflanzt auf dem Hofe des Schlosses Bieberstein.

25. *Prunus cerasus* L. i. eng. S. als Weichselkirsche (v. *austera* L.) und als Amarelle (v. *Caproniana* L.) im südlichen Gebietsteile öfter, im nördlichen seltener angepflanzt und hier und da — namentlich an Kalkhängen in der Nähe der Ortschaften — verwildert.

26. *Prunus acida* K. Koch. Die Ostheimer Weichsel ist seit langer Zeit bei Ostheim in weinbergartigen Anlagen angepflanzt und von dort durch Ableger verbreitet worden. Leider teilen die Ostheimer Anlagen das Geschick so vieler Weinberge des südlichen Gebietes (Neustadt, Gemünden usw.); sie sind verlassen und verwildert; die — wenn auch geringe — Pflege, welche die Sträncher erfordern, scheint den Besitzern lästig geworden zu sein, und so ist diese — in günstigen Jahren doch immerhin nicht unwichtige — Erwerbsquelle versiegt.

27. *Prunus avium* L. nicht selten im Gebüsch an Waldrändern und Feldrainen in der typischen var. *silvestris*, welche in der Vorderrhön leider noch immer die einzige an den Landstrassen gebaute Rasse ist; die besseren Rassen *Juliana* L. (Herzkirsche) und *duracina* L. (Knorpelkirsche) finden nur in wenigen, namentlich südlichen und östlichen Gebietsteilen die gebührende Bewertung.

28. *Prunus mahaleb* L., das wohlriechende Weichselholz liefernd, findet sich nur selten in Gärten und Anlagen. Wenn der Berichterstatter für das hessische Forstmerkbuch diese Art unter den im Revier Hilders und dessen Umgebung vorkommenden Holzgewächsen aufzählt, so hätte er mindestens betonen müssen, dass sie nur als *pl. culta* zu verzeichnen sei.

29. *Prunus cornuta* Steud. als Zierstrauch im Garten der Oberförsterei Geisa, ebenso in reichlicher Selbstvermehrung im Boyneburgschen Parke zu Gehaus, wohl auch sonst noch in Anlagen.

30. *Prunus padus* L. Die Traubenkirsche ist von der oberen Hügelregion aufwärts häufig in gemischten lichten Laubbeständen, an den Rändern der Bergwiesen und Gebirgsbäche; doch geht sie mit letzteren bis zur Talsohle der Ulster bei Buttlar; sie tritt meist in schlanker Strauchform auf, doch finden sich im bewaldeten Gerölle der Bergregion auch stattliche Bäume. Da die unentwickelten Blütenstände zumeist noch aufrecht stehen, wird die bei uns vertretene typische Form leicht mit der bis jetzt noch nicht authentisch fürs Gebiet festgestellten var. *petraea* Fiek leicht verwechselt.

Leguminosae.

31. *Gleditschia triacanthos* L. Zu Fulda in den unteren Anlagen (früher Forstgarten) mehrere Bäume bis 62 cm Umfang, ein

anderer von 164 cm Umfang auf dem alten Totenhofe (*Denner* br.), wohl auch anderwärts in Anlagen.

32. *Lupinus polyphyllus* Lindl. Im Gebiete des mittleren Buntsandsteins, besonders um Vacha zur Befestigung von Bahndämmen und Wegeböschungen seit Jahren angesät, gut ausdauernd und sich stark vermehrend; im Gebirgszuge des Bles innerhalb des Wildgeheges als Wildfutter angesät und von da an vielen Stellen bis gegen die Werra ausgewildert.

33. *Lupinus luteus* L. Auf dem mittleren Buntsandstein zuweilen noch als Futterpflanze, früher öfter zum Unterpflügen als Gründüngung (Stickstoffsammler) angebaut.

34. *Lupinus angustifolius* L. In vorgenannten Gebietsteilen kultiviert und wegen ihrer grösseren Zartheit und ihres dichteren Bestandes halber der gelben Lupine vorgezogen.

35. *Genista germanica* L. Auf mittlerem Buntsandstein der unteren Höhenlagen, durch Gebüsch gedecktes Terrain bevorzugend, in allen Gebietsteilen, doch besonders verbreitet in der nördlichen Hälfte des Zuges zwischen Werra und Fulda, überall nur typisch.

36. *Genista tinctoria* L. Auf gleicher Unterlage wie 35 in der oberen Hügel- und der Bergregion, steigt z. B. am Dammersfeld bis gegen 800 m hinauf; seine horizontale Verbreitung ist eine weit umfangreichere als die des deutschen und des Besenginsters und reicht von der Peripherie bis ins Herz des Gebietes. Ausser der allgemein verbreiteten typischen Form fand ich im Heidelbergwald bei Ostheim die bis gegen 70 cm hohe Schattenform *umbrosa* Boenn. Die Art findet sich auch zerstreut auf den trockenen Bergwiesen der höchsten Lagen auf (Basaltkrume) und auf Kalkboden des grossen Lindenbergs bei Ostheim.

37. *Genista pilosa* L. Nur ein einziger Fundort: Am Wege von Weyhers nach Steinhauck (Herb. *D.*!) Der diesem benachbarten, Standort bei Ziegel liegt schon ausserhalb der Gebietsgrenze; beide sind Ausstrahlungen eines grösseren südwestlichen Verbreitungsgebietes. Das Forstmerkbuch gibt diese Ginsterart fälschlicherweise für die Umgebung von Hilders an, während die dort häufige *Genista tinctoria* unerwähnt geblieben ist.

38. *Genista sagittalis* L. Von *Prantl* für Kissingen angegeben; ob noch im Gebiet?

39. *Laburnum vulgare* Griseb. in der Unterart *Linnaenum* Dieck als Strauch und Baum in Anlagen nicht selten.

40. *Laburnum alpinum* Griseb. Als Zierstrauch in Hofbieber (!), wohl auch anderwärts; der Blendling 39×40 im Garten des evangelischen Pfarrhauses zu Geisa.

41. *Ulex europaeus* L. Nur an zwei Orten im Gebiete, aber daselbst schon lange und eingebürgert: 1. Längs der früher erwähnten Fuldaer Mauer, welche den Tiergarten bei Langenbieber gegen Altenrain abschloss (*D!*), daselbst beschattet und nicht blühend; 2. kräftiger und reichlicher bei Hohenwart nächst Gehaus und zwar nach Süden auf der Ebene gegen den Bayer (*G!*) und nach Norden an der Talwand des oberen Schorngrabens (!). Die von *Hodermann* (Mitteil. Thür. bot. Ver. XXI. 1908) gemachte Bemerkung, dass der Bestand am Bayer zerstört sei, ist glücklicherweise unbegründet.

42. *Sarothamnus scoparius* Koch. Seine Verbreitung fällt, wenn man von Anpflanzung an Bahndämmen absieht, in der Hauptsache mit der des mittleren Buntsandsteins zusammen, hält sich aber innerhalb der mittleren Hügelregion bis etwa 350 m aufwärts. Herr *Vill* hat den Besenginster bei Weikersgrüben im Saaletal auf Muschelkalk gesehen; bei Schackau im Milseburggebiet findet er sich am Ziegenkopf auf vulkanischem Gestein. Zur Bildung von baumähnlicher Form kommt er bei uns nicht.

43. *Cytisus nigricans* L. Nur im südwestlichen Gebietswinkel zwischen Gemünden (*Schk.!*), Waizenbach (*Vill*), Heiligenkreuz (*G!*) und Burgsinn (*G!*) auf mittlerem Buntsandstein.

44. *Cytisus elongatus* W. u. K. In Anlagen, so im gräflichen Park zu Gehaus.

45. *Ononis procurrens* Wallr. (*O. repens* L. p. p.) Auf sonnigen Blößen im ganzen Gebiet, namentlich des Muschelkalkes und des oberen Buntsandsteins in der Hügelregion, verbreitet, um Ostheim die var. *mitis* Spenn. vorherrschend.

46. *Ononis spinosa* L. Weit seltener als die vorige Art: Auf trockenen Wiesen bei Rasdorf gegen den Hübelberg (*G!*), bei Fulda (*Dirlos*) selten (*Hb. D.*), im Osten um Meiningen (*R.*), bei Hammelburg (*G!*) und Gemünden (!).

47. *Medicago lupulina* L. Gemein, besonders auf Muschelkalk, in einzelnen Gegenden früher häufiger als heute gebaut; auf stark bestrahlten Hängen ist die drüsige var. *Wildenowii* Aschers. nicht selten; die durch grössere Nebenblätter auffallende Abart *stipularis* Urb. scheint eine Form der Kulturpflanze oder doch des besseren Bodens zu sein. Auf ganz sonnig-trockenem Kalkboden breitet sich die Pflanze, dem Boden angedrückt, strahlig aus, hat

winzige Blätter und bleibende seidene Behaarung, trägt also alle Merkmale einer intensiven xerophilen Anpassung.

48. *Medicago macrocarpa* Urb. Rasse *falcata* (L.) Verbreitet an sonnigen Hängen und Ackerrändern.

49. *Med. macr.* Rasse *vulgaris* Urb. (*sativa* L.) Überall auf Kalkboden gebaut und verwildert, aber dann beständig.

50. *Medicago falcata* × *vulgaris* A. u. G. Dieser durch das manigfache Farbenspiel seiner Blüten auffallende Mischling fehlt auf Kalkboden fast nirgends.

51. *Medicago minima* Grubb. Die beiden nächsten Fundorte, unter der Salzburg bei Neustadt und der Bodenlaube bei Kissingen (*E. S.*) liegen nicht mehr im Gebiete.

52. *Melilotus altissimus* Thuill. An Flussufern und auf Uferwiesen, auch auf der Salzwiese bei Salzungen nicht selten in der typischen Form und der *f. longiracemosus* R. u. F.

53. *Melilotus albus* Med. Auf Kalk nicht selten, besonders häufig im S u. SO; neuerdings häufiger als Bienenfutter gebaut; die kräftige var. *argutus* O. E. Schulz sah ich bei Ostheim, die var. *integrifolius* Schulz unter Getreide bei Borsch nächst Geisa.

54. *Melilotus melilotus officinalis* (L.) A. u. G. Verbreitung ähnlich 53, aber häufiger auf Feldern; auf Brachäckern oft die var. *confertus* O. E. Schulz.

55. *Trifolium minus* Sm. Auf kurzrasigen Tal- und Bergwiesen häufig, ebenso an Wegerändern; auch auf den Matten der hohen Rhön, aber dort spärlich und dürftig.

56. *Trifolium campestre* Schreb. (*Tr. agrarium* L.) Wie vorige Art, aber mehr an Acker- und Wegerändern; auf besserem Boden in der langstengeligen var. *preudoprocumbens* A. u. G.

57. *Trifolium strepens* Crantz (*Tr. aureum* Poll.) An sonnigen Waldwegen, auf Waldblößen und exponierten Felsmassiven jeder Bodenart, jedoch Kalk und vulkanisches Gestein bevorzugend; seine Häufigkeit nimmt etwa von 650 m aufwärts ab.

58. *Trifolium spadiceum* L. Auf feuchten Wiesen und an Gräben der Bergregion, nach oben an Häufigkeit zunehmend und auf der hohen Rhön Charakterpflanze, selten mit den Bächen in die Hügelregion gehend.

59. *Trifolium hybridum* L. In der Unterart *fistulosum* Gil. auf Tal- und feuchteren besseren Bergwiesen bis zur Höhe des Kreuzberges, auch auf Salzstellen nicht selten; neuerdings häufiger gebaut und durch zarte Farbenmischung die Landschaft zierend. An

Wege- und Ackerrändern findet man die Blüten gerade dieser Art recht häufig vergreint (f. m. foliaceum), wohl eine Folge von Überschuss an Nährstoffen.

60. *Trifolium repens* L. Auf Talwiesen, Triften (wo diese Art den Weidebetrieb am besten verträgt, da die kriechenden Stengel dem Tiere schwer erreichbar sind) und auf Bergwiesen verbreitet.

61. *Trifolium montanum* L. In lichtem Gehölz und an Waldrändern der Muschelkalkinseln auf trockenem Gelände im ganzen Gebiete nicht selten und kalkhold; deshalb ist auch die Angabe von (W.) für Rotenkirchen zu bezweifeln, woselbst der Kalkboden fehlt. Die um die Lichtenburg von mir gesammelte var. *angustifolium* A. u. G. ist wohl nur eine Schattenform.

62. *Trifolium fragiferum* L. Diese zierliche Kleeart findet sich öfter auf etwas feuchten Wiesen der Tal- und Hügelregion; Geisa und Schleid (G!), hier auch die niedliche Form *pulchellum* Lge., Hubenberg und Wenigentaft (G!), Hünfeld (W.), Fulda (Hb. D.), Werratal bei Salzungen bis gegen Meiningen (R.), um Hammelburg im Saale- und Thulbatal (Vill br.!) und Kissingen (G.).

63. *Trifolium arvense* L. Verbreitet auf Äckern des mittleren Buntsandstein, der Basaltkrume und in Gemeinschaft mit 57. auf sonnigen Felsmassiven vulkanischen Ursprungs, also in allen Höhenlagen, fehlt auf dem oberen Buntsandstein (Röth) und auf Kalk. Von der var. *typicum* Beck kommen vor: die schmalblättrige f. *sabuletorum* R. u. F., sowie die kräftige f. *Brittingeri* Beck; ausserdem findet sich zerstreut die kahle und zierliche Abart *gracile* Ser.

64. *Trifolium incarnatum* L. wird in der var. *elatius* Gib. u. Belli nicht allzuhäufig, letzter Zeit immer weniger angebaut und verwildert nicht ausdauernd. Zu derselben Abart, nicht zur Rasse *Molinerii* DC. gehören Pflanzen mit blassroter bis fast reinweisser Blütenfarbe, welche ich auf einem verlassenen Kleeacker bei Ober-Ebersbach a. d. Saale sammelte, wo diese Spielart den Hauptbestand ausmachte.

65. *Trifolium pratense* L. subsp. *eupratense* A. u. G. ist überall verbreitet; auf den Matten der hohen Rhön in kurz- und derbstengeliger Form, welche durch intensive Düngung aber der kultivierten var. *sativum* Beck ähnlich wird.

66. *Trifolium medium* L. subsp. *flexuosum* Jacq. In trockenen Nadel- und Mischwäldern, auf Waldblößen, auch auf einzelnen Matten der hohen Rhön (als Relikt ehemaliger Bewaldung?) verbreitet, meist auf Buntsandstein, auch auf Basaltkrume, aber sehr selten auf Kalkboden.

67. *Trifolium alpestre* L. Seine Standorte müssen in zwei Gruppen geteilt werden; zur ersten gehören die höheren Lagen, wie Milseburg (*G!*) und ihr Hang gegen Wolferts (*D.*), Schackenberg und Bernhardser Köpfe (*D!*), sowie der Kreuzberg (*G.*) und der Kesselrain über Mosbach bei Gersfeld (!); zur zweiten folgende der Hügelsonnenregion angehörenden Areale: in lichten Wäldern am Eichichtskopf bei Herpf (*R.*), Untererthal-Neuwirtshaus (*Vill* br.) und endlich Willmers-Stockheim (!), sowie Frickenhausen-Ostheim (!), überall meines Wissens in der Rasse eu-alpestre A. u. G., meist zweiköpfig.

68. *Anthyllis vulneraria* L. Unterart *vulgaris* Koch im ganzen Gebiete auf Muschelkalk verbreitet und mit diesem an der Eube bis gegen 800 m, am Eierhauck bis 850 m aufsteigend; auf diesen Höhen ist die var. *declivium* A. u. G. die vorherrschende; die schönfarbige f. *aurea* Neilr. fand ich in den verlassenen Weinbergen bei Gemünden auf Buntsandstein. Den Wundklee sah ich nur einmal in der Nähe des Gebietes bei Seyfriedsburg nächst Gemünden als Futterkraut kultiviert.

69. *Lotus uliginosus* Schkuhr. Auf Sumpfwiesen, an flachen Ufern stehender Gewässer und an Gräben von der untersten Region bis gegen 850 m aufsteigend und auf der hohen Rhön mit *Sedum villosum* und *Trifolium spadiceum* vergesellschaftet, überall in der als typisch anzusehenden kahlen var. *glabriusculus* Bab.

70. *Lotus corniculatus* L. In allen Lagen in der var. *genuinus* Posp. gemein, auf der hohen Rhön die trockneren Stellen bevorzugend; an besonders sonnigen Plätzen in der var. *ciliatus* Koch mit \pm behaarten Blättchen; die schmalblättrige var. *tenuifolius* L. auf Salzsümpfen bei Salzungen (*R!*) verbreitet.

71. *Lotus tetragonolobus* L. Die Spargelerbse wird im Gebiete nur selten in Gärten angebaut und scheint den Landleuten unbekannt zu sein.

72. *Amorpha fruticosa* L. Neuerdings in Anlagen beliebt; ich habe sie nur in der typischen Form gesehen.

73. *Galega officinalis* L. Früher in Bauergärten häufiger; neuerdings durch die Zierlupinen verdrängt; verwildert bei Kissingen (*B.*) und Salzungen (*R.*); ob noch jetzt?

74. *Robinia pseudacacia* L. In älteren Strassen- und Parkanlagen als Zierbaum; besonders herrliche und mächtige Exemplare stehen am Salzunger See; meist in der gewöhnlichen Abart *vulgaris* A. u. G. und ihrer stark dornigen Form *cornigera* Kirchn. vertreten; die Kugelakazie (*tortuosa* DC.) mehr in geschlossenen Anlagen und

an Promenadenwegen. Leider wird dieser prächtige Baum neuerdings als Zierpflanze vernachlässigt, hingegen auf dürrtigem Boden, an Bahndämmen und Waldrändern besonders des südwestlichen Gebietsteiles häufiger (als Stickstofffabrikant) angepflanzt, wo er in dichtem Bestande überschlang wird und selten zur Blüte kommt.

75. *Colutea arborescens* L. Selten als Zierstrauch, auf Schloss Bieberstein und anderwärts in der Rasse *eu-arborescens* A. u. G.

76. *Caragana arborescens* Lam. (*C. caragana* Karsten). Die typische Rasse nicht selten in Anlagen bis gegen 550 m.

77. *Astragalus glycyphyllus* L. An Waldrändern, auf Lichtungen und in Gebüschern durch das ganze Gebiet ziemlich häufig, besonders gern auf Muschelkalk, auch häufiger auf Basalt, seltener auf Buntsandstein, von der Hügelregion bis gegen 600 m.

78. *Astragalus cicjer* L. Sehr zerstreut an Ackerrändern und Feldrainen, doch unbeständig und deshalb wohl an vielen der folgend angegebenen Lokalitäten nicht mehr aufzufinden: Nach (*G.*) bei Schleid-Kranlucken, Rasdorf, Grüsselbach, Fischbach, Kaltennordheim, Erbenhausen, Oberelzbach-Ostheim; nach (*R.*) Meiningen-Landsberg, nach (*Vill. br.*) Hammelburg-Westheim (!), nach (*Bliedner br.*) Dreissigacker-Herpf, Kleine Geba, Lichtenburg bei Ostheim (!), nach (*Prantl*) bei Kissingen; an der Strasse Merkers-Tiefenort (!).

79. *Ornithopus perpusillus* L. Sehr zerstreut auf breiten Nadelwaldwegen des mittleren Buntsandsteins; ausser Gemünden (!), Burgsinn (*G.*), Brückenau (*B.*), Adolfseck und Eichenzell (*Dh.* von *Denner* 1901 bestätigt) besonders im Gebirgsteile zwischen Felda und Werra, so z. B. Wildprechtroda-Bless (!), Langenfeld-Weilar (*G.*), Übelrode (*R.*), Lengsfeld und Hunnkuppe (*Rh.*), Immelborn (*K.*), überall wohl nur in der var. *eu-perpusillus* A. u. G.; die seltenere kahle f. *glaber* Corb. bei Gemünden.

80. *Ornithopus sativus* Brot. Die Serradella wird im Gebiete des mittleren Buntsandsteins — nicht allzu häufig — gebaut.

81. *Coronilla coronata* L. (*C. montana* Jacq.) Sehr zerstreut auf Kalkhängen; als sicher sind folgende Angaben anzunehmen: Horn bei Wiesenthal (*G!*), Osterburg (*F!*), Hammelburg und Untererthal (*Vill. br.*), Kalvarienberg bei Fulda (*V.*), Pilster bei Römershag und Platzer Kuppe (*Prantl*), Neuberg bei Sülzfeld (*R.*); zweifelhaft erscheint die von (*B.*) aus (*Prantl*) übernommene Angabe „Rabenstein“, ferner die von (*W.*) selbst angezweifelte Notiz „zwischen Haselstein und Hünfeld“. Zu den Rhönstandorten der Bergkronenwicke rechnet *Poevertlein* in *Flora exsicc. Bavarica* I, Nr. 18, infolge eines Miss-

verständnis auch „Langendorf auf dem Kreuzberg“, von wo Herr *Vill* die Pflanze aufgelegt hat; mit dieser Angabe ist aber der ausserhalb des Gebietes liegende Kreuzberg bei Langendorf im Bezirke Hammelburg gemeint.

82. *Coronilla vaginalis* Lam. Nur im kleinen Muschelkalkgebiet bei Meiningen zwischen Werra, Herpf und Sülzbach, aus welchem Teilgebiet (*R.*) eine Reihe von Fundorten, (*K*) den Kreuzberg nächst Meiningen anführt.

83. *Coronilla varia* L. Auf dem Muschelkalk des südlichen und südöstlichen Vorlandes häufig und von da bis gegen Meiningen einstrahlend; isoliertes Vorkommen am Giebelrain, beim Dicken Turm nächst Fulda, sowie an der Hessenleide bei Hofbieber. Völlig reinweiss blühende Stöcke der var. *microphylla* Beck auf dem Weiherhanck bei Ostheim (!) haben sich seit Jahren als durchaus farbenbeständig erwiesen.

84. *Hippocrepis comosa* L. Nicht allzu selten auf sonnigen Kalkhängen des ganzen Gebietes, meist mit behaartem Kelch (f. *ericalyx* Beck), nach den örtlichen Verhältnissen im Habitus recht veränderlich, aber stets in der var. *genuina* Rouy.

85. *Onobrychis viciaefolia* Scop. (*O. onobrychis* *Karsten.*) Als Futterpflanze nicht so häufig wie die Luzerne angebaut, aber auf Kalkhängen in der Nähe des Ackerlandes in der Kulturrasse *sativa* (Lam.) A. u. G. überall eingebürgert. Bemerkenswert ist das Vorkommen der zur südlicheren Rasse *montana* Koch gehörigen Abart *decumbens* Garcke bei Ostheim (*Hausknecht* in M. der geogr. Ges. f. Thür. VI. u. A. u. Gr. Syn. VI. 2, S. 880).

86. *Vicia hirsuta* Gray. Nicht selten auf Äckern, trockenen Wiesen, an Feldrainen; überall in der typischen Form *eriocarpa* Rouy.

87. *Vicia tetrasperma* Mch. Häufiges Ackerunkraut auf Sandboden und den Keuperinseln des ganzen Gebietes in der kahlfrüchtigen typischen Form; das Vorkommen bei der Schutzhütte unter dem Kreuzberg (*P.*) erscheint mir der Bodenart halber zweifelhaft.

88. *Vicia pisiformis* L. Zerstreut in lichten Gebüsch und an Waldrändern. Die bekannt gewordenen Standorte lassen sich etwa so gruppieren: Im Osten: Hutsberg (*G!*), Stedlingen (*S.*), Bettenhausen (*R.*), Kleine Geba (*Bliedner* br.), Hassfurt (*R.*) und Dippersberg (!) bei Meiningen, Lichtenburg gegen Königsburg (!), oberhalb Hillenberg (*Bliedner* br.), „Lohn“ bei Mellrichstadt (*K*), Hüppberg bei Ginolfs (*G!*), Weisbach und Gangolfsberg (!); im Süden häufig um Hammelburg (*Vill.* br.) vom Sodenberg (!) bis Untererthal (!) und bis

Euerdorf; im eigentlichen Gebirge am Bieberstein (V.) und dem gegenüberliegenden Wadberg (Hb. D!).

89. *Vicia dumetorum* L. Auf dem Staufelsberg bei Simmershausen (G!) und dem Hutsberg (R.).

90. *Vicia silvatica* L. In trockenen Laubwäldern der unteren Bergregion des grösseren nördlichen Gebietsteiles und nur im Osten bis Mellrichstadt nach Süden ausstrahlend, auf Kalk und Basalt.

91. *Vicia cracca* L., in der Unterart *imbricata* Gilib. var. *vulgaris* Neilr. gemein im ganzen Gebiete und in allen Höhenlagen; nicht allzu selten sind die stark behaarte var. *alpestris* Cel. (im Vorlande) und die schmallblättrige var. *linearis* Peterm.

92. *Vicia tenuifolia* Roth subsp. *eu-tenuifolia* A. u. G. Verbreitet auf Äckern und in Hecken der südlichen Hälfte des Ostrandes von Meiningen bis Neustadt in der f. *typica* A. u. G.; anderwärts nur sporadisch und unbeständig, so z. B. bei Niederbieber (D.), Reinhards (Dh.) und Rommers (G.).

93. *Vicia villosa* Roth in der var. *culta* A. u. G. als Futterpflanze seit etwa 15 Jahren im Gebiete nicht sehr oft angebaut, aber häufiger unter der Saat, namentlich auf Sandboden im nördlichen Gebietsteil eingesprengt und gleich *Silene dichotoma* Ehrh. an Verbreitung gewinnend.

94. *Vicia sepium* L. Horizontal und vertikal verbreitet in der var. *vulgaris* Gaud.; an sonnigen Ackerrändern die stark behaarte var. *ericalyx* Cel.; (G.) fand die var. *ochroleuca* Bast. am Stallberg bei Grossentaft.

95. *Vicia sativa* L. subsp. *notata* Gil. wird nicht selten als Grünfutter im Gemenge mit Hafer angebaut und ist häufig verwildert in den Formen *cordifolia* Beck, *obovata* Ser. sowie *linearis* Lge. anzutreffen.

96. *Vicia angustifolia* L. In der var. *segetalis* Koch unter der Saat, besonders auch auf Linsenäckern, doch wesentlich spärlicher als die vorige und bis jetzt nur für die Vorderrhön festgestellt.

97. *Vicia faba* L. In den niedrigen Lagen häufig als Futterpflanze gebaut; die Verwendung der jungen Früchte und der reifen Samen als Gemüse ist hierzulande wenig verbreitet; schwächere Pflanzen entsprechen der f. *paucijuga* Alef. (mit nur 1 Paar Fiederblättchen).

98. *Lens esculenta* Mch. (L. *lens* Huth). Besonders auf steinigen, trockenen Kalkäckern als Sommerfrucht gebaut, selten verwildert und dann unbeständig.

99. *Latyrus sativus* L. Selten, mit fremdem Samen (Winter-

gerste und Klee) eingeschleppt; als Futterkraut angesät sah ich diese Art nur am Seeshof bei Hammelburg.

100. *Lathyrus odoratus* L. hat sich neuerdings als dankbare Gartenzierpflanze immer mehr eingebürgert.

101. *Lathyrus latifolius* L. in der var. *megalanthus* A. u. G. früher häufig in Bauerngärten als Zierpflanze und von da aus leicht verwildernd, jetzt fast überall durch die farbenprächtige und wohlriechende vorige Art ersetzt.

102. *Lathyrus silvester* L. In lichten Laubwäldern und Gebüsch, gern auf entblösste Schläge heraustretend, in allen Gebiets- teilen und Höhenlagen als var. *oblongus* Ser. stellenweise zu finden.

103. *Lathyrus tuberosus* L. Auf Äckern des oberen und unteren Buntsandsteins an zahlreichen Orten des Gebietes festgestellt.

104. *Lathyrus nissolia* L. wurde von (R.) 1872 für den Rand des Eichichts bei Herpf angegeben, konnte aber nicht wieder aufgefunden werden.

105. *Lathyrus pratensis* L. Verbreitet in Zäunen, Gebüsch und auf Waldwiesen bis zur hohen Rhön hinauf, meistens in der wenigbehaarten f. *pubescens* Rehb. der var. *typicus* Posp.

106. *Lathyrus vernus* Bernh. ist eine Zierde der trockenen Laubwälder auf allen Bodenarten von der Talsohle bis zu den höchst- gelegenen Buchenhainen.

107. *Lathyrus niger* Bernh. Auf einige Stellen des mittleren Buntsandsteins beschränkt, so um Gemünden (!), Frickenhausen-Ost- heim (!), Waldrand Neustadt-Oberebersbach (K!), Gräfendorf und Michelsau (Vill br.), Kissingen (Prantl) im Stadtwald (!), überall typisch.

108. *Lathyrus montanus* Bernh. Verbreitet auf Wald- blößen und trockenen Waldwiesen von der Hügelregion aufwärts, charakteristisch für die trockenen Matten der hohen Rhön, überall in der var. *genuina* Beck; die Blättchen nehmen mit der grösseren Höhenlage an Breite ab.

109. *Pisum sativum* L. Die Unterart *arvense* L. wird seltener, die subsp. *hortense* A. u. G. häufiger auf Äckern, sowie — in ver- schiedenen Formen und Spielarten — in Gärten angebaut.

110. *Phaseolus vulgaris* L. Die Abarten *communis* Aschers. (Stangenbohne) und *nanus* Aschers. (Buschbohne) in verschiedenen Spielarten gebaut.

111. *Phaseolus multiflorus* Lam. In der rotblütigen var. *coccineus* Koch als rauhschalige, dickfleischige Bohne gern kultiviert.

Geisa, im Februar 1911.

Geschichte der Augenheilkunde an der Universität Würzburg.

Von

Prof. Dr. **Helfreich** in Würzburg.

Die für die Blüte der Medizin in Würzburg so bedeutungsvolle Verbindung der beiden grossen Schöpfungen des Fürstbischofs Julius Echter von Mespelbrunn, des seinen Namen tragenden Spitals und der ebenfalls nach ihm genannten Universität ist nicht alsbald bei deren Gründung im letzten Drittel des 16. Jahrhunderts erfolgt, sondern erst im Laufe späterer Zeiten zustande gekommen.

Was zunächst die Universität betrifft, so entsprach dem mittelalterlich-scholastischen Charakter, welchen einerseits die Zeit, anderseits der kirchliche Standpunkt ihres Stifters der neubegründeten Hochschule aufprägte, auch der Lehrplan auf medizinischem Gebiete. Nach den von Julius im Jahre 1587 für die medizinische Fakultät erlassenen Statuten bestand der Lehrkörper derselben zunächst nur aus 2 Professoren, einem für die Theorie und einem zweiten für die Praxis der inneren Medizin. Beide hatten ihrer gesamten Lehraufgabe im Rahmen eines 3 jährigen Zeitraumes nachzukommen. Den Vorträgen in beiden Fächern waren die Schriften des Hippokrates, des Galen und der Araber zugrunde zu legen. Der Professor für die praktische Medizin hatte im 1. Jahre die allgemeine Heilmethode, speziell die Lehre vom Aderlasse und den Ausleerungen, sowie die von der Natur der Fieber, im 2. und 3. Jahre die besonderen Krankheiten zu behandeln.

Für das bezüglich unseres Themas speziell in Betracht kommende Fach der Chirurgie war die Aufstellung eines Vertreters derselben als eines 3. Professors der Fakultät nur bedingungsweise vorgesehen; dieser sollte dann, und zwar in rein theoretischer Weise, im 1. Jahre über die Geschwülste nach Galen, im 2. über die Ge-

schwüre und Wunden nach Galen, Hippokrates und den Arabern und im 3. über Frakturen und Luxationen nach Galen und Hippokrates vortragen, ausserdem im Sommer noch über die Wirkungen der einfachen Medikamente unter Demonstration von Kräutern, im Winter aber über Anatomie lesen und dabei die Schriften Galen's *De anatomicis demonstrationibus* und *De usu partium* zugrunde legen.

Diesem Programm für die Lehrtätigkeit auf chirurgischem Gebiet ist zu entnehmen, dass von einer Berücksichtigung der Augenheilkunde, welche ja in jener Zeit ausschliesslich auf die Vertretung durch die Chirurgen angewiesen war, überhaupt nicht die Rede ist. Das entsprach aber vollkommen dem Tiefstand, welchen die praktische Augenheilkunde im 16. und 17. Jahrhundert allgemein, vor allem auch in Deutschland, dargeboten hat.

Allerdings hatten im Mittelalter die Araber, fortbauend auf den in der griechisch-alexandrinischen Zeit gelegten Fundamenten, die Ophthalmologie in wesentlicher Weise gefördert, so dass der ausgezeichnete Forscher auf dem Gebiete der Geschichte der Augenheilkunde, *J. Hirschberg*, mit Recht von ihnen, zugleich in Rücksicht auf ihre Leistungen in der Astronomie, sagen konnte, ihr Name sei nicht bloss mit unauslöschlichen Zügen an den Sternenhimmel geschrieben, sondern werde auch von den Denksteinen der augenärztlichen Kunst und Wissenschaft niemals verschwinden; aber das, was im Mittelalter von den Arabern in der Augenheilkunde bereits geleistet und vor allem in dem ausgezeichneten Werke des Ali Ibn Isa, „dem Erinnerungsbuche für Augenärzte“, niedergelegt war, war weder in der Originalsprache noch in den gänzlich unbrauchbaren lateinischen Übersetzungen den gelehrten Ärzten des Abendlandes zugänglich, eigene Erfahrungen fehlten denselben, und so waren es für die Behandlung der Augenkrankheiten hauptsächlich die Barbieri und Quacksalber und für die wichtigste operative Leistung, die Beseitigung des Stares, die Cirkumforanei, d. h. die auf Messen und Märkten herumziehenden, ebenso rohen als gewissenlosen Starstecher, welchen die Praxis zufiel.

Dass im Laufe des 17., bis herein in den Anfang des 18. Jahrhunderts in dem theoretisch-chirurgischen Unterricht an unserer Universität eine Änderung zugunsten der Augenheilkunde nicht eingetreten ist, geht aus den vereinzelt aus dieser Zeit erhaltenen Vorlesungsverzeichnissen um so bestimmter hervor, als nach denselben die Chirurgie selbst in dieser Zeit nur eine minimale Vertretung gefunden hat.

Das 17. Jahrhundert war nämlich überhaupt für unsere Universität und speziell die medizinische Fakultät eine Zeit des Stillstandes und sogar des Rückschrittes gegenüber dem Aufschwunge, welchen die Hochschule in den ersten Dezennien ihres Bestandes bereits genommen hatte. Bedingt war dieser Rückschritt auf dem Gebiete der Medizin hauptsächlich durch das Festhalten der Professoren an der mittelalterlichen Lehrweise; in allgemeiner Richtung aber machte sich die Schädigung geltend, welche der 30 jährige Krieg speziell auch dem Hochstifte Würzburg in materieller und kultureller Hinsicht zugefügt hatte.

Was nun die Vertretung, bzw. die Praxis der Chirurgie und der Augenheilkunde im Juliusspital, in der ganzen bisher besprochenen Zeit betrifft, so war hier die Behandlung dieser Kranken ursprünglich nur einem Wundarzt übertragen, und diesem bald darauf ein Gehilfe beigegeben worden. In einer späteren Zeit erhielt dieser Wundarzt das Prädikat „Meister“, aber erst im Jahre 1725 wurde neben ihm ein wissenschaftlich gebildeter und für höhere operative Leistungen befähigter Oberchirurg aufgestellt.

Derselbe war zugleich der Präparator und Demonstrator der Anatomie bei den Vorträgen des die Anatomie wie die ganze bisherige Zeit hindurch so auch jetzt noch gemeinsam mit der theoretischen Chirurgie an der Universität lehrenden Professors; er hatte weiter die Aufgabe, den beiden chirurgischen Gehilfen des Juliusspitals und den übrigen Schülern am Krankenbett Unterweisung in der praktischen Chirurgie und insbesondere im chirurgischen Verbands zu erteilen.

Mit dem im Jahre 1729 erfolgten Regierungsantritte des Grafen Friedrich Karl von Schönborn beginnt ein neuer Abschnitt in der Geschichte der Universität wie des Juliusspitals. Die von Friedrich Karl in Würdigung der Fortschritte und Änderungen der Zeit im Jahre 1734 durchgeführte Reorganisation des gesamten Studienwesens bezweckte, im Bereich der medizinischen Fakultät neben vielen anderen Massnahmen, (u. a. auch der Sorge für ein Privatkolleg über Geschichte der Medizin), nicht nur das anatomische Studium in der wesentlichsten Weise durch öffentliche Demonstrationen zu erweitern und zu verbessern, sondern auch für die innere Medizin und Chirurgie den Anfang eines klinischen Unterrichtes sowohl im Juliusspital wie auch in den anderen Krankenanstalten der Stadt zu begründen und wurden damit zum ersten

Male die beiden Stiftungen zu einer gemeinsamen Wirksamkeit für die Zwecke des Studiums vereinigt.

Wie Fürstbischof Friedrich Karl das Verhältnis des Juliusspitals zur Universität im allgemeinen auffasste, ergibt sich aus der Motivierung zu seiner Verfügung, durch welche er dem Juliusspital die Bereitstellung des für die anatomischen Studien nötigen Gebäudes und die Anteilnahme an den Kosten für die anatomische Professur auferlegte. Sein Ausspruch ging dabei dahin, dass beide milde Stiftungen zum Troste und zur Hilfe der Nebenmenschen errichtet wären und dem fürstlichen Julierspital an geschickten Medicis ebensoviel, als dem fürstlichen Universitäts-Rezeptoratsamte an gelehrten Professoren gelegen sein müsse.

In dem Bestreben, die Durchführung der von ihm angeordneten Reformen für das Studium der Anatomie, Chirurgie und Geburtshilfe zu sichern und zu vervollständigen, hatte Fürstbischof Friedrich Karl auch den Versuch gemacht, den damals an der Universität Helmstädt wirkenden berühmten Vertreter der deutschen Chirurgie, den auch um die Augenheilkunde, und speziell um die Verfechtung der damals noch vielfach umstrittenen Lehre vom Sitze des Stares in der Linse, hochverdienten *Lorenz Heister* für die Hochschule des Hochstiftes zu gewinnen. *Heister* hatte indessen trotz der ihm gemachten ehrenvollen Anerbietungen und der ihm als Protestanten zugesicherten freien Religionsübung abgelehnt. Der schon mit diesem Anerbieten an *Heister* von dem Fürstbischof bekundete Geist der Toleranz und wohl auch der Gedanke, dass die Universität als eine Staatsanstalt zu betrachten sei, kam in der Verfügung zu einem weiteren Ausdruck, dass von nun an nicht mehr ausschliesslich Katholiken, sondern Studierende aller von der deutschen Reichsverfassung anerkannten Religionen in allen Fakultäten zugelassen werden sollten. Für die Erlangung der akademischen Grade, des Baccalaureats, des Lizentiats und des Doktorats blieben dagegen die älteren Bestimmungen über die Ablegung des Glaubensbekenntnisses nach der Fassung des Tridentinums in Geltung und wurde erst im Jahre 1776 von Fürstbischof Friedrich Adam von Seinsheim die Verfügung erlassen, dass die Doktorwürde auch Protestanten unter Ablegung eines ihren Glaubenssätzen angemessenen Eides erteilt werden dürfe.

Wie man sich aber die Bedeutung und den Umfang der erwähnten ersten Anfänge des klinischen Unterrichtes im Juliusspital schon deshalb nicht gross vorstellen darf, weil nach den Feststellungen der juliusspitalischen Akten die Zahl der Kuristen zu jener Zeit eine

sehr kleine war, so ergibt sich auch aus mehreren anderen Tatsachen der Beweis, dass der Geist der neuen Zeit, wie er in den Reformen des hochgesinnten Fürstbischofs erkennbar ist, und die wirkliche Verbesserung des medizinischen Unterrichtes nur ganz allmählich zur Geltung kam. Kennzeichnend für die damalige Rückständigkeit der Fakultät ist einerseits das von ihr in dem letzten Hexenprozesse in Franken im Jahre 1749 einstimmig abgegebene Gutachten über die Existenz von Zauberern und Zauberkünsten und anderseits das Urteil, welches der russische Etatsrat und Professor *Weikard*, der seinen medizinischen Studien an der Universität Würzburg obgelegen hatte, über die Beschaffenheit der Vorlesungen und des Lehrkörpers zu jener Zeit in seiner Autobiographie gefällt hat. Dazu kam für die Chirurgie noch hinzu, dass dieselbe, speziell in Deutschland, noch immer um die wissenschaftliche Gleichstellung mit der inneren Medizin und um die volle soziale Geltung ihrer Vertreter und deren Unterscheidung von den Barbieren und einfachen Wundärzten in einer Weise zu kämpfen hatte, welche sich nur gradweise von den am Ausgange des Mittelalters bestehenden Verhältnissen unterschied.

So ist es als eine doppelt glückliche Fügung zu bezeichnen, dass 3 Dezennien nach der von Friedrich Karl Grafen von Schönborn verfügten Reorganisation, unter seinem 3. Nachfolger, dem Fürstbischof Adam Friedrich von Seinsheim, zu der *Heister* vordem zugeordneten Stellung ein Mann vom Wundarzte der französischen Armee emporstieg, der nicht bloss für die ihm übertragenen Fächer der Anatomie, Chirurgie und Geburtshilfe und für das medizinische Studium an unserer Hochschule überhaupt eine neue Ära begründet hat, sondern auch, zusammen mit dem an der Universität Göttingen lehrenden *August Gottlob Richter*, bezüglich der Emporhebung der deutschen Chirurgie entscheidend gewirkt hat. Es war dies der später in Rücksicht seiner Verdienste, samt seinen Nachkommen, in den Reichsadelstand erhobene *Karl Kaspar Siebold* aus Niedecken im Herzogtum Jülich.

Siebold war der Sohn eines angesehenen Wundarztes und hatte nach Vollendung seiner Gymnasial- und philosophischen Studien zunächst im Unterrichte seines Vaters und später als praktizierender Chirurg an französischen Feldspitälern unter der Leitung der namhaftesten Feldärzte jener Zeit sich bereits viele Kenntnisse erworben, als er im Jahre 1760 an das damals in Würzburg befindliche Feldspital der Sachsen kommandiert wurde. Noch in demselben Jahre vertauschte er den französischen militärärztlichen Dienst mit der Stelle

eines 1. Gehilfen des Oberwundarztes im Juliusspital. Nachdem er während einer 3 jährigen Tätigkeit in derselben sich auch in den übrigen medizinischen Fächern den eifrigsten Studien hingegeben hatte, begab er sich auf Veranlassung des Fürstbischofs und auf Kosten der Universität und des Juliusspitals, unter Übernahme der Verpflichtung später in den Dienst des Hochstiftes zu treten, zu einem 4 jährigen Studienaufenthalt an die berühmtesten medizinisch-chirurgischen Lehranstalten des Auslandes. Nach seiner Rückkehr wurde er alsbald dem Oberwundarzt des Juliusspitals und 3 Jahre später auch dem Professor der Anatomie und Chirurgie an der Universität, gleichfalls als Ordinarius, für diese Fächer adjungiert und ihm zugleich die Vertretung der Geburtshilfe übertragen. Mit dieser erstmaligen Vereinigung beider Ämter, der Stelle des Oberwundarztes und der Professur, in seiner Person war die Basis geschaffen, auf welcher *Karl Kaspar Siebold* die Begründung und Einrichtung eines eigentlichen und vollständigen chirurgischen Klinikums in Würzburg betätigt hat. Um dieselbe Zeit, im Jahre 1769, hatte Fürstbischof Adam Friedrich auch die Errichtung einer Professur der medizinischen Klinik im Juliusspital verfügt. Mit *K. K. Siebold*, der nach dem Tode seiner Vorgänger in den Alleinbesitz der beiden genannten Ämter eintrat, beginnt nun zugleich die bis in die Gegenwart reichende Zeitperiode, für welche wir schon in den vom Jahre 1785 an vollständig vorhandenen Vorlesungsverzeichnissen der Universität Würzburg die mannigfachsten Belege dafür haben, dass in ihr die Augenheilkunde an unserer Hochschule sowohl in theoretischer wie klinischer Richtung eine ununterbrochene Pflege und Vertretung gefunden hat.

Wenn nun aber auch für die dem Auftreten *K. K. Siebold's* unmittelbar vorausgegangene Zeit eine direkte Feststellung nicht zu erbringen ist, in welchem Masse auch die Augenheilkunde bereits Berücksichtigung gefunden hat, so sprechen doch mehrfache Tatsachen dafür, dass es an letzterer nicht völlig gefehlt hat. Einmal nämlich erhielt um das Jahr 1750 das Juliusspital von dem in Würzburg geborenen Dr. *Onymus*, dem Leibarzte des Erbstatthalters der Niederlande, der vordem auf Kosten der Universität Würzburg seine Studien im Auslande vollendet hatte, neben anderen Geschenken auch eine Sammlung von Glasschmelzmodellen für den Unterrichtszweck, welche die verschiedenen Augenkrankheiten darstellten; anderseits geht aus einer von *K. K. Siebold* in seinem chirurgischen Tagebuche gemachten Angabe hervor, dass sein Vorgänger, Dr. *Christoph Stang*,

der seit dem Jahre 1731 als Oberwundarzt am Juliusspital wirkte, ein Schüler des namhaften französischen Okulisten *St. Yves* gewesen ist und die Staroperation nach der damals gebräuchlichsten Methode der Depression von der Sklera aus ausgeführt hat.

Was nun die theoretische und praktisch-klinische Tätigkeit *K. Siebold's* auf dem Gebiete der Augenheilkunde betrifft, so hielt derselbe Vorlesungen über Augenkrankheiten nach *Plenck*, Demonstrationen und Besprechungen in der Klinik und Übungen in den Augenoperationen ab. Wie aus seinem chirurgischen Tagebuch sich ergibt, übte er die Staroperation anfänglich in der Form der Ex-traktion nach der von *Grand-Jean* vereinfachten Methode von *Daviel Daviel's*, im Jahre 1752 veröffentlichtes, also zur Zeit *Siebold's* noch ganz neues Verfahren, welches als eine wahre Grosstat in der operativen Augenheilkunde eine neue Epoche begründet hat, basierte bekanntlich gegenüber der seit dem Altertum geübten blossen Verlagerung der getrüben Linse aus der Sehachse auf der Anlegung eines Schnittes zum Zwecke der gänzlichen Entfernung des Stares aus dem Auge. Diesen Schnitt, welcher nach der anfänglichen Vorschrift *Daviel's* zwei Dritteile, später nur die Hälfte des Hornhautumfanges umfasste, stellte *Daviel* in 3 Zeitmomenten mit verschiedenen Instrumenten her. Nachdem der 1. Teil des Schnittes im unteren Umfang der Hornhaut mit einer vorne zugespitzten und an beiden Seiten schneidenden gekrümmten Lanze ausgeführt war, wurde im 2. Zeitmomente diese Wunde nach den beiden Seiten mit Hilfe einer schmäleren, an den Rändern schneidenden, aber vorne abgestumpften Lanze erweitert. Im 3. Zeitmomente wurde zuerst auf der einen und dann auf der anderen Seite der Wunde der Schnitt mit einer gekrümmten Schere bis zu der schon angegebenen Höhe weitergeführt und damit vollendet. Da hiezu auf beiden Seiten der Wunde nur eine Schere benutzt werden sollte, deren Krümmung sowohl gegen die Kante, wie auch gegen die Pupille gerichtet war, war für jede Seite der Wunde die entsprechend gekrümmte Schere erforderlich. Zur Eröffnung der Linsenkapsel wurde eine spitzige Nadel verwendet. Diese komplizierte Art des Vorgehens mit 4 verschiedenen Instrumenten bei der Durchtrennung der Hornhaut hielt *Daviel* selbst gegenüber allen Einwendungen aufrecht, da er sie ebenso als die *conditio sine qua non* für eine regelmässige und genaue Schnittführung wie als das einzige Schutzmittel gegen eine Verletzung der Iris ansah. Die, wie schon erwähnt, von *Karl Kaspar Siebold* nach dem Vorgange von *Grand-Jean* aufgenommene Vereinfachung der Schnittführung bestand nun darin, dass zur ausreichenden

Erweiterung der im 1. Zeitmoment gesetzten Wunde nur noch die vorne abgestumpfte Lanze verwendet wurde, die zwei Scheren also wegfielen. Zur Eröffnung der Linsen kapsel benutzte *Siebold* das bei Druck auf eine Feder vorspringende Kystotom von *la Faye*, das gedeckt eingeführt wurde, und zur Entfernung der verdickten Kapsel kleine hackenlose Pinzetten. Als in der Folge zum Ersatz der 4 von *Daviel* zur Ausführung des Schnittes verwendeten Instrumente bei den einzelnen Okulisten mehr und mehr sehr verschiedenartig geformte Messer in Gebrauch gekommen waren, entschied sich *Siebold* für die Messer von *Siegerist* und *Richter*, welche in ihrer 3 eckigen Form bereits dem Prinzip einerseits einer raschen und ausgiebigen Schnittwirkung, anderseits einer möglichst langdauernden Erhaltung des Kammerwassers durch Tamponade der Wunde am meisten entsprachen. Sehr bald nachher ist bekanntlich das eigentliche Keilmesser von *Beer* das klassische Instrument für den Lappenschnitt geworden. Eine nach der Operation auftretende Entzündung oder Eiterung wurde vor allem mit strengster Diät und dem ganzen antiphlogistischen Apparat, wie wiederholten Aderlässen, Vesikantien im Nacken, kühlenden und abführenden Mitteln bekämpft. In späteren Jahren kehrte *Siebold* bei der Staroperation wieder mehr zur alten Methode der Niederdrückung zurück, mit welcher er im allgemeinen die besseren Resultate und speziell eine geringere Verlustziffer erzielt hat. Bei den Krankheiten des tränenableitenden Apparates, welche man damals insgesamt schlechtweg, ohne Rücksicht darauf, ob ein Durchbruch des Tränensackes wirklich vorlag, unter der Bezeichnung „Tränenfistel“ zusammenfasste, scheint *Siebold* in zu entschiedener Weise den Grundsätzen der mechanischen, ziemlich gewalttätigen Behandlung zur Wiedereröffnung oder Erweiterung des Tränenkanales gehuldigt zu haben, so dass häufige Rezidive nicht ausblieben.

Im Jahre 1797 war der 3. Sohn *Karl Kaspar von Siebold's*, *Johann Barthel von Siebold*, der seine an den Universitäten Würzburg und Jena gewonnene Ausbildung durch Studienreisen vervollständigt hatte, zum ausserordentlichen Professor der Anatomie und Chirurgie an unserer Universität ernannt worden. Er war zugleich der 1. Lehrer an unserer Hochschule, welcher Vorlesungen über pathologische Anatomie gehalten hat. Als in dem Frieden von Luneville das Hochstift an das Kurhaus Bayern gekommen war, wurde *J. Barthel von Siebold* im Jahre 1803 neben seinem Vater zum Ordinarius der Chirurgie und zugleich an Stelle seines Vaters zum Ober-

wundarzt des Juliusspitals ernannt, die Professur der Anatomie aber nunmehr von der Chirurgie abgetrennt und einem besonderen Lehrer übertragen. Die akademische und praktische Wirksamkeit, welche *Johann Barthel von Siebold* auf dem Gebiete der Augenheilkunde entfaltet hat, ist gegenüber dem von seinem Vater bereits Geleisteten wohl als ein weiterer Fortschritt abzuschätzen. Diese Wirksamkeit erstreckte sich auf Vorlesungen über Augenkrankheiten nach *Arne-mann* oder *Tittmann*, auf solche über die mechanisch-chirurgische Behandlung der Augenkrankheiten, auf die Abhaltung der Klinik und praktischer Übungen in den Augenoperationen an Leichnamen. Wie ausgebildet der klinische Unterricht in der Augenheilkunde zu dieser Zeit bereits war, ersieht man aus der von *Johann Barthel von Siebold* mitgetheilten Unterrichtsordnung, nach welcher zu den Staroperationen immer nur etwa 12 Kliniker zugelassen wurden. Sie hatten sich zur Seite des Operateurs aufzustellen und diejenigen, welche sich speziell der Augenheilkunde widmen wollten, erhielten dabei den Vorzug. Die Berichte, welche *J. Barthel von Siebold* in den Jahren 1810 bis 1814 in der in Salzburg erschienenen medizinisch-chirurgischen Zeitung über die Ereignisse in der chirurgischen Klinik des Juliusspitals veröffentlicht hat, geben ein vollständiges Bild einerseits über den Umfang und die Beschaffenheit des augenärztlichen Krankematerials, anderseits über den Stand der Staroperationsfrage, welche gerade damals nach verschiedenen Richtungen aufgerollt war, und über die eigene Stellungnahme von *Johann Barthel von Siebold* in derselben.

Trotz der Vervollkommnung, beziehungsweise Vereinfachung nämlich, welche, wie bereits ausgeführt wurde, die Extraktionsmethode des Stares durch den Gebrauch des Messers erfahren hatte, hatte sie doch aus mehrfachen Gründen, nämlich wegen der Schwierigkeit des grossen Hornhautschnittes, der Gefahr des Vorfalles der Regenbogenhaut und des Glaskörpers das alte Verfahren der Niederdrückung keineswegs völlig zu verdrängen vermocht und sogar gegen Ende des 18. Jahrhunderts in einem von *Wilburg* angegebenen Verfahren, dem der Umliegung des Stares, der Reklination, eine neue Gegnerin gefunden. Während bei der eigentlichen Niederdrückung des Stares, der uralten Methode aus griechischer Zeit, der Zeit der Schule von Alexandrien, derselbe mit der Starnadel vom oberen Rande der Linse aus fast senkrecht unter die Pupille und etwas in den Glaskörper gedrückt wurde, bestand die Reklination darin, dass man, wie bei der Depression mit der Nadel von der Sklera aus eingehend, den

Star durch Druck auf seine vordere Fläche nach unten aussen in den Glaskörper niederlegte, so dass die vordere Fläche des Stares jetzt zur oberen wurde und sein oberer Rand jetzt nach hinten gerichtet war. Als Vorzüge dieses Verfahrens gegenüber der Depression rühmte man, dass der Star dabei nicht so leicht wieder in das Pupillargebiet aufsteige und dass der Eingriff nur selten von entzündlichen Reizzuständen gefolgt sei, eine Annahme, welcher aber die Erfahrung bald vielseitig widersprach.

Zu diesem Verfahren der Reklination war nun im Jahre 1806 eine weitere Methode gekommen, die des Starstiches durch die Hornhaut, die Keratonyxis. Diese Methode war ursprünglich von *Reil* ausgedacht, von *Buchhorn* zunächst an Tieren als ausführbar erwiesen und von *Konrad Langenbeck* zuerst am Menschen angewendet worden. Bei diesem Verfahren, der Einführung der Nadel durch die Hornhaut, wurde bezüglich des Weges, welchen das Instrument nahm, die Gefahr der Verletzung wichtiger Teile, des Ciliarkörpers, der Iris vermieden und die Führung der Nadel unter die Kontrolle der Augen des Operateurs gestellt. Bei der Keratonyxis wurden nun weiche Stare zerschnitten, bei harten die Reklination, vielfach ebenfalls mit Zerreißung der Kapsel und auch mit dem Versuch zur Zerstückelung des Stares ausgeführt. Mehrere Stunden vor der Operation wurde dabei eine Lösung von *Extractum Belladonnae* eingeträufelt. Diese, schon im Altertum gebräuchliche, Anwendung eines pupillenerweiternden Mittels vor dem Starstich, nach *Plinius* zu jener Zeit aber für diesen Zweck des Saftes des *Anagallis*, war zu Anfang des 19. Jahrhunderts durch *Himly* wieder in Aufnahme gebracht worden. *J. Barthel von Siebold*, welcher auch dieses damals neu aufgekommenen Verfahrens der Keratonyxis vielfach sich bedient hatte, fasste nun auf Grund seiner eigenen Erfahrungen sein Urteil über die einzelnen Methoden der Staroperation dahin zusammen, dass der Erfolg der Keratonyxis nicht unmittelbar nach derselben, sondern erst nach längerer Zeit sich feststellen lasse und dass harte Stare mehr für die Extraktion, weiche und flüssige dagegen für die Depression, die Reklination und die Keratonyxis sich eigneten. Auch heute noch ist leicht zu verstehen, dass der durch das Verfahren der Keratonyxis bei weichen Staren ebenso sicher als gefahrlos herbeigeführte Auflösungsprozess der Linse einen gewissen Enthusiasmus erzeugen und den Gedanken an eine möglichste Ausdehnung des Verfahrens auch auf harte Stare damals erwecken konnte. — Die Extraktion des Stares, welche *J. Barthel von Siebold* an sich als die ideal

Methode bezeichnete, führte er nach dem Verfahren von *Beer* aus. Er riet ferner, einseitig Starkranke mit Rücksicht auf die gewöhnlich geringe Befriedigung, welche sie bei gelungener Operation zu erkennen geben, erst dann zu operieren, wenn auch das andere Auge kataraktös würde. Da auch *J. Barthel von Siebold* den Frühling als die günstigste Zeit für die Staroperation ansah, wurden in Würzburg, gleichwie dies auch in anderen grossen Städten geschah, die Starkranken schon vor dem Monat Mai durch öffentliches Ausschreiben aufgefordert, sich in der Zeit von Anfang Mai bis Ende September zu stellen. Während der Heilung wurde vor allem für möglichst reine Luft, Abhaltung grellen Lichtes, angemessene Ernährung, Ruhe und Beförderung des Schlafes Sorge getragen. Zur Operation des Hornhautstaphyloms bediente sich *J. Barthel von Siebold* eines von ihm angegebenen zweischneidigen Messers, mit welchem die Abtragung auf einmal ausgeführt werden konnte. Eine von ihm als „Blutaderknoten in der Augenhöhle“ bezeichnete Geschwulst, welche einem abgekapselten Angiom entsprochen haben dürfte, brachte *J. Barthel von Siebold* durch Aufschneiden der Kapsel und Einführung von mit rotem Präzipitat bestrichenen Charpiewieken durch Eiterung zur Heilung.

Eine Reihe von Jahren hindurch hielt neben *J. Barthel von Siebold* auch *Spindler*, ein ausgesprochener Vertreter der spekulativ-naturphilosophischen Richtung und des Mesmerismus zuerst als Privatdozent, später als Professor, ausser zahlreichen anderen Vorlesungen, wie Nosologie, Enzyklopädie und Geschichte der Medizin etc., auch solche über Augenkrankheiten auf Grund seiner Schrift: „Über Entzündung des Auges und ihre Behandlung“ ab. Die in den theoretisch-medizinischen Anschauungen von *Spindler* vertretene transzendente und mystische Richtung hat bekanntlich gerade in Würzburg auf dem Gebiete der Physiologie und allgemeinen Pathologie eine verhältnismässig lange Lebensdauer gehabt. Wie bereits bemerkt wurde, hatte *Spindler* seine Lehrtätigkeit als Privatdozent begonnen. Das Institut der Privatdozenten war an unserer Universität erst in der 1., im Jahre 1802 beginnenden kurfürstlich-bayerischen Epoche eingeführt und ebenso nach dem im Jahre 1814 erfolgten endgültigen Übergang des ehemaligen Hochstiftes an die Krone Bayern wiederhergestellt worden, nachdem es unter der Herrschaft des Hauses Lothringen-Toskana seine Aufhebung erfahren hatte. Diese 1. bayerische Periode entsprach überhaupt im Sinne des leitenden Staatsmannes, des Grafen Montgelas, dem Versuch einer geistigen Erneuerung unserer hohen Schule zu einer Pflegestätte freier Lehre und freier Wissenschaft, während es nach dem bald darauf

folgenden Regierungsantritt des Grossherzogs von Toskana im allgemeinen wieder zur Herstellung der früheren Verhältnisse und Einrichtungen kam.

Nach dem 1814, im 39. Lebensjahre *J. Barthel von Siebold's*, erfolgten Tode desselben bis zur Wiederbesetzung des Lehrstuhles der Chirurgie und der Stelle des Oberwundarztes am Juliusspital las im zunächst folgenden Jahre 1815 stellvertretend der ausserordentliche Professor der Chirurgie *Markard* auch ausführlich über Augenkrankheiten mit Übungen in Augenoperationen. In den Jahren 1818—1820 aber war es kein Geringerer als *Johann Lukas Schönlein*, welcher, zuerst als Privatdozent, dann als ausserordentlicher Professor, neben pathologischer Anatomie, Syphilis, Kinderkrankheiten, spezieller Therapie und neben der, in Stellvertretung des Ordinarius *Nik. Friedreich* übernommenen, Leitung der Klinik auch die Krankheiten des Auges in das Bereich seiner Vorlesungen einbezogen hat. Als literarische Quelle bezüglich der Anschauungen *Schönlein's* über Augenkrankheiten liegen nur die von einem seiner Zuhörer herausgegebenen Vorlesungen über allgemeine und spezielle Pathologie und Therapie vor. Allerdings ist diese Quelle eine ziemlich trübe, da diese Vorlesungen ohne Wissen und gegen den Willen *Schönlein's* veröffentlicht wurden und nach der ganzen Art ihrer Entstehung vielfache Mängel und Unrichtigkeiten aufweisen. Immerhin dürfte es, zumal diese Veröffentlichung unser Gebiet überhaupt nur in sehr beschränkter Weise und nicht sowohl mit der Besprechung prinzipieller Fragen als viel mehr mit speziellen Ausführungen berührt, zu einiger Orientierung dienen, unter dem gemachten Vorbehalte auf letztere in Kürze einzugehen. Die betreffenden Mitteilungen finden sich in den Kapiteln über die beiden Krankheitsfamilien: Skrofeln und Syphiliden. Nach denselben bezog *Schönlein* das häufige Auftreten der Keratitis scrofulosa auf die Ähnlichkeit der Kornea mit dem besonders oft von der Skrofulose befallenen Knorpelgewebe der Knochenenden. Dem skrofulösen Prozess an den Schleimhäuten entsprach nach *Schönlein's* Anschauung am Auge die Ophthalmoblennorrhoea scrofulosa, nach unseren Begriffen also der mit starker Schwellung und Sekretion verbundene Katarrh. Die Photophobia scrofulosa bezeichnete *Schönlein* deshalb als eine 3. selbständige skrofulöse Krankheitsform, weil als ihre Grundlage mit grosser Wahrscheinlichkeit eine skrofulöse Affektion der Retina anzunehmen sei. Als 4. Form der skrofulösen Augenerkrankung unterschied er die Conjunctivitis scrofulosa mit Neigung zu phlyktänöser Bildung. Was die

Syphilis betrifft, so ist zunächst daran zu erinnern, dass in jener Zeit die Frage über ihr Verhältnis zum Tripper keineswegs völlig geklärt war und dass *Schönlein* selbst zu jenen Klinikern gehört hat, welche das Auftreten allgemeiner Lues auch nach Tripper als gesichert ansahen. Die Ophthalmia gonorrhoeica aber definierte die damalige Schule nicht als Folge einer direkten Kontaktinfektion, sondern als eine Metastase, welche bei Unterdrückung oder wenigstens Abschwächung des Harnröhrentrippers ebenso am Auge auftrate, wie sie in anderen Fällen am Hoden, an der Prostata, dem Mastdarm oder an der Nasenschleimhaut zustande komme. Die direkte Übertragung des gonorrhoeischen Sekrets auf die Konjunktiva hielt man dagegen für bedeutungslos, da hierbei nur eine leichte, rasch verschwindende Reizung sich ergebe. Dieser Auffassung entsprechend suchte man in der Therapie der Ophthalmia gonorrhoeica, abgesehen von der örtlichen Behandlung mit Blutegeln, Skarifikationen und Ausschneidungen der Schleimhaut, Eisumschlägen, sowie der Verordnung stark und schnell wirkender Abführmittel vor allem den Tripper an der Harnröhre durch Inokulation mit dem aus dem Auge fließenden Tripperschleim wiederherzustellen und durch Bettwärme und warme Fomentationen auf die Genitalien den Ausfluss weiter zu befördern. Bei der auf sekundärer Syphilis beruhenden Iritis nahm *Schönlein* an, dass da, wo auch die Chorioidea leide, auch in letztgenannter Membran Kondylome sich bilden und durch Druck auf die Retina Amaurose hervorrufen könnten.

Aus den Jahren 1823 und 1824 sind die von dem Privatdozenten *Wilhelm* abgehaltenen Vorlesungen über Augenkrankheiten zu erwähnen.

Was nun den im Jahre 1816 auf den Lehrstuhl der Chirurgie und die Stelle des Oberwundarztes im Juliusspital berufenen Nachfolger von *Johann Barthel von Siebold*, Prof. *Kajetan Textor* betrifft, so zog dieser als ein Schüler des grossen *Philipp von Walther*, sowie von *Scarpa* und *Joseph Beer* in der langen Zeit seines Wirkens an der Würzburger Hochschule von 1816—1833 und dann wieder von 1835—1860 sowohl in theoretischen wie klinischen Vorlesungen auch die Augenheilkunde in Betracht und hielt sogar in verschiedenen Semestern eine völlig selbständige, wöchentlich mehrstündige Klinik über Augenkrankheiten ab. Wie aus den Ausführungen *Textor's* in den von ihm herausgegebenen „Grundzügen zur Lehre von den chirurgischen Operationen“ hervorgeht, bevorzugte er unter den verschiedenen Staroperationsmethoden die *Depressio per corneam*,

also die vorhin erwähnte Keratonyxis, da sie am wenigsten verletze, nötigenfalls wiederholt werden könne und wenigstens ebenso günstige Resultate liefere wie die übrigen Arten der Operation. Hinsichtlich der Behandlung der krankhaften Zustände des Tränenschlauches sprach sich *Textor* auf das Nachdrücklichste dahin aus, dass nicht bei jeder Anschwellung des Tränensackes die Operation „der Tränenfistel“ gemacht werden dürfe, die trotz der inzwischen in der Kenntnis der Anatomie und Pathologie der Tränenorgane erreichten Fortschritte damals noch immer ziemlich häufig zur Anwendung kam. Bei leichteren Schleimflüssen des Tränensackes versuchte *Textor* daher zuerst die Heilung mittelst Einspritzungen durch die Tränenpunkte nach *Anel*. Bei der wirklichen „Tränenfistel“ führte *Textor* nach Eröffnung des Sackes das Röhrchen von *Pamard* und danach die Bleisonde von *Scarpa* ein. War die Wiederherstellung der Durchgängigkeit unmöglich, so verwendete er nach dem Vorgange von *St. Yves* die Durchbohrung des Knochens mit dem weissglühenden Eisen und die Einlegung eines goldenen oder silbernen Röhrchens. In einem Falle von langbestehender Haarfistel des Tränensackes erreichte *Textor* die Heilung durch Extirpation der Tränendrüse. Als *Textor* durch Verfügung der Regierung wegen der gänzlich unbegründeten Annahme demagogischer Bestrebungen von 1832—1834 an die chirurgische Schule in Landshut versetzt worden war, war in dem 2jährigen Zeitraume bis zu seiner Zurückberufung nach Würzburg mit dem Unterricht in der Chirurgie und Augenheilkunde Prof. *Michael Jäger* betraut, eine Persönlichkeit, welche durch ihre Leistungen auf dem Gebiete der Gelenkresektionen ihren Namen unvergänglich in die Geschichte der Chirurgie eingeschrieben hat. Im Jahre 1836 erhielt unsere Universität durch die Habilitation *Heinr. Adelman*n's den ersten, vorwiegend die Augenheilkunde vertretenden Dozenten. *Adelman*n, welcher mehr als 4 Dezennien der Universität angehörte, wurde im Jahre 1841 ausserordentlicher Professor. Seine Lehrtätigkeit umfasste theoretische Augenheilkunde nach den Lehrbüchern von *Jüngken*, *Weiss*, *Chelius*, später von *Ph. v. Walther*, pathologische Anatomie des Auges nach den Werken von *Rosas*, *Ammon* und *Jüngken*, ophthalmiatriisch-poliklinischen Unterricht und Augenoperationslehre mit Übungen am Phantom und an der Leiche. Aus seinem Nachlasse hat die jetzige Universitäts-Augenklinik eine reiche Sammlung selbstgefertigter künstlerischer Aquarellbilder über äussere Augenkrankheiten erhalten. Eine weitere künstlerische Leistung für den Unterrichts-

zweck hat *Adelmann* in der Erfindung diaphaner Bilder des Augenhintergrundes betätigt. Neben *Kajetan Textor* und *Adelmann* hielt auch *Karl Textor*, der Sohn von *Kajetan Textor*, zuerst als Privatdozent, dann als ausserordentlicher Professor, ausser Vorlesungen über Chirurgie auch solche über Augenheilkunde sowie Augenoperationsübungen ab. In seiner 1842 erschienenen Inauguraldissertation hat *Karl Textor*, teils experimentell an den Augen von Tieren, teils an staroperierten Menschengen, in Übereinstimmung mit den Angaben früherer Forscher, speziell von *Wilhelm Sömmering*, nachgewiesen, dass nach Entfernung der Linse aus dem Auge oder aus ihrer natürlichen Stelle durch Niederdrückung oder Umlegung nach Umständen eine mehr oder minder regelmässige Kristalllinse oder wenigstens eine kleine Menge Kristallmasse neu hervorgebracht wird und dass die Matrix dieser Wiedererzeugung die Linsenkapsel ist. Als eine zwar nicht dem Lehrkörper der Universität angehörige, aber als praktischer Augenarzt sehr geschätzte und gesuchte Persönlichkeit dürfte für die mit der Wirkungszeit von *Kajetan Textor* zusammenfallende Periode der in Würzburg geborene Dr. *Christian Eustach Muck* auch deshalb Erwähnung finden, weil er als langjähriger chirurgischer Gehilfe des Juliusspitals in der Schule von *Karl Kaspar* und *Johann Barthel von Siebold* seine Ausbildung erlangt hat. *Muck* war ein sehr kluger, höchst origineller Kopf, der seinem kaustischen Witz auch im Verkehr mit den höchstgestellten Personen freien Lauf liess. Zu seiner Klientel gehörte auch der damals in Würzburg residierende Kronprinz, spätere König Ludwig I. von Bayern, und seine Gemahlin Therese. *Muck's* Enkel ist der gegenwärtige k. preussische Generalmusikdirektor und Dirigent des Parsifal bei den Bayreuther Festspielen, Dr. *Karl Muck* in Berlin.

Im Wintersemester 1847/48 tritt in den Vorlesungsverzeichnissen ein Mann auf den Plan, welcher da, wo man die Namen der Grössten auf dem Gebiete der Augenheilkunde, den eines *Albrecht von Graefe*, eines *Franz Cornelius Donders* und eines *Hermann von Helmholtz* nennt, immer mitgenannt werden muss: *Heinrich Müller*. Ein Schüler *Henle's* und *Rokitanski's* hatte *Heinrich Müller* in den ersten Jahren seiner Lehrtätigkeit die Materien der allgemeinen Pathologie und Therapie, der pathologischen Gewebelehre und der speziellen pathologischen Anatomie, ferner die Knochen- und Bänderlehre und die allgemeine Anatomie behandelt. Das Jahr 1852 brachte seine Ernennung zum ausserordentlichen Professor. Schon vorher, anlässlich der Berufung *Virchow's* an die hiesige Universität, hatte *Heinrich*

Müller den Übertritt von dem Gebiete der pathologischen auf das der normalen Anatomie vollzogen und kam dieser Übertritt nunmehr auch in seiner Vorlesungstätigkeit durchaus zum Ausdruck. In dieser behandelte er jetzt zunächst abwechselnd verschiedene Teile der systematischen, dann die topographische und die vergleichende Anatomie; zugleich hielt er wiederholt, gemeinschaftlich mit *Kölliker*, physiologische Experimentalkurse ab. Vor allem aber war es das Auge, welches mehr und mehr das Objekt seiner Lehrtätigkeit wie seiner bahnbrechenden Forschungen wurde. Wie in den letzteren, so umfasste er auch in seinen Vorlesungen sowohl die normale Anatomie und Physiologie des Organes wie seine Pathologie; daran reihten sich diagnostische Übungen und ophthalmoskopische Kurse, eine Lehrbetätigung also auch auf dem Gebiete der praktischen Ophthalmologie, zu der er sich durch die auf der Klinik *Albrecht von Graefe's* in Berlin gemachten Studien die Fähigkeit erworben hatte. Um die Leistungen *Heinrich Müller's* auf dem Gebiete der Forschung nur etwas näher zu bezeichnen, gedenken wir hier seiner umfassenden anatomisch-physiologischen Untersuchungen über die Retina des Menschen- und Tierauges, der Entdeckung der seinen Namen tragenden Stützfaser der Netzhaut, des auf entoptischem Wege, mit Hilfe der Aderfigur der Retina, geführten Nachweises, dass die nach hinten gelegenen Netzhautelemente, die Stäbchen und Zapfen, die lichtperzipierenden Teile der Membran sind, erwähnen wir ferner seine Entdeckung der Ringfaserschicht des Ciliarmuskels, den Nachweis von glatten Muskeln in den Augenlidern und der Orbita, die Feststellung der Veränderungen an der Eintrittsstelle des Sehnerven beim Glaukom, die Untersuchungen über die Glashäute des Auges und ihre senilen Veränderungen, über die anatomischen Verhältnisse des Kapselstares, über die Veränderungen der Chorioidea und Retina bei Morbus Brigthii, über den anatomischen Befund bei Retinitis pigmentosa.

Bei dieser umfassenden und durch ihren unvergänglichen Wert ausgezeichneten Forscherarbeit hatte *Heinrich Müller* aber auch als ein Meister der anatomischen und mikroskopischen Technik mit den einfachen Hilfsmitteln jener Zeit sich eine Sammlung von Präparaten für den Unterrichtszweck geschaffen, welche nach jeder Richtung ein Demonstrationsmaterial ohne gleichen abgab, wie der Verfasser dieser Abhandlung selbst am besten bezeugen kann, da er das Glück hatte, als Schüler zu den Füßen *Heinrich Müller's* zu sitzen und da es ihm ebenso in späterer Zeit vergönnt gewesen ist, diese Präparate in seinen eigenen Vorlesungen benützen zu dürfen. Aber nicht bloss

durch seine akademischen Lehrvorträge, sondern auch in anderer Weise hat *Heinrich Müller* eine überaus fruchtbringende Wirksamkeit als Lehrer entfaltet, nämlich dadurch, dass unter seiner unmittelbaren Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten eine Reihe von Forschern auf dem Gebiete der normalen und pathologischen Histologie des Auges herangebildet wurde, von denen wir nur *Iwanoff*, *H. Knapp*, *Sämisch* und *Schweigger* namhaft machen wollen. Die Beförderung *Heinrich Müller's* zum Ordinarius war im Jahre 1858 erfolgt. Nur 6 Jahre später, auf der Höhe der Kraft und des Forscherdranges, im 43. Jahre seines Lebens, schied er aus der Welt.

In der Zeitperiode, die wir nunmehr erreicht haben, hatte auch *Anton Freiherr von Tröltzsch* nach der Rückkehr von seinem Aufenthalte in Wien und England, der dem Studium der Ohren- und Augenheilkunde gewidmet war und vor seiner im Jahre 1861 für das Fach der Ohrenheilkunde erfolgten Habilitation an unserer Universität einige Jahre hindurch auch augenärztliche Praxis in Würzburg ausgeübt. Die frühere Beziehung des *Freiherrn von Tröltzsch* zur Augenheilkunde ist deshalb von historischem und wissenschaftlichem Interesse, weil *v. Tröltzsch* durch den Gebrauch des Augenspiegels die Anregung zu der für die Ohrenheilkunde so wichtigen Erfindung des Ohrenspiegels erhalten hat.

Im Jahre 1855 ging der damalige Privatdozent *Robert Ritter von Welz* von seiner bisherigen andersartigen Lehrtätigkeit zu dem Fache der Augenheilkunde über; er vertrat dasselbe im Sinne des Begründers der modernen Ophthalmologie, *Albrecht v. Graefe's*, mit welchem ihn auch persönlich ein reger freundschaftlicher und wissenschaftlicher Verkehr verband. *v. Welz* hatte *v. Graefe* in Paris kennen gelernt und die Freundschaft *v. Graefe's* zu *v. Welz* war zunächst der Bewunderung des Heroismus entsprungen, mit welchem *v. Welz* in Paris zur Entscheidung der damals vielfach ventilirten Frage, ob die Lustseuche vom Menschen auf den Affen und von diesem wieder auf den Menschen zurück übertragen werden könne, sich der Impfung mit dem vom Affen entnommenen Virus unterzogen hatte. Glücklicher- und seltenerweise war es dabei gelungen, durch rechtzeitige Zerstörung der an den Impfstellen zu voller Entwicklung gekommenen Primäraffekte mit Wiener Ätzpaste die konstitutionelle Wirkung der Impfung abzuschneiden. Im Jahre 1857 war *v. Welz* zum ausserordentlichen Professor befördert worden; den Lehrauftrag für das Fach der Augenheilkunde erhielt er indessen erst bei seiner im Jahre 1867 erfolgten Ernennung zum Ordinarius, so dass

also erst zu diesem Zeitpunkte die Augenheilkunde zum ersten Male als selbständiges Fach an der Universität Würzburg anerkannt wurde. In ihr volles Recht war sie damit allerdings noch nicht eingesetzt, denn das klinische Institut, an welchem *v. Welz* lehrte, war nicht Staatsanstalt, sondern Privatanstalt desselben und wurde von ihm auch aus eigenen Mitteln unter beträchtlichen Opfern unterhalten. Die Lehrtätigkeit von Professor *v. Welz*, welcher derselbe mit dem grössten Eifer oblag, erstreckte sich auf theoretische Vorlesungen über Augenheilkunde nach *v. Graefe* und über Augenoperationslehre, auf Abhaltung der Augenklinik, von Augenoperations- und ophthalmoskopischen Kursen sowie auf Vorlesungen über Krankheiten der Akkommodation und Refraktion mit Übungen in der Brillenwahl.

Bezüglich der Vertretung nun, welche die Augenheilkunde im Juliusspital seit dem im Jahre 1853 erfolgten Rücktritte *Kajetan Textor's* von der Leitung der chirurgischen Klinik gefunden hat, ist folgendes zu bemerken. *Morawek*, der Nachfolger von *Kajetan Textor*, kam, da er sehr bald nach seiner Übersiedelung nach Würzburg starb, nur in einem einzigen Semester dazu, in seine klinischen Vorlesungen auch die Augenheilkunde einzubeziehen. *Linhart*, der nach ihm im Jahre 1856 die chirurgische Klinik übernahm, las einmal ein öffentliches Kolleg über Augenoperationslehre und hielt in einer sehr grossen Zahl von Semestern chirurgisch-ophthalmologischen Operationskurs ab. Auch wurde von ihm öfter zu den auf der Augenabteilung des Juliusspitals ausgeführten Operationen eine kleine Zahl von Studierenden zugezogen. *Linhart* verwendete zur Staroperation zumeist die Extraktionsmethode mit dem Lappenschnitt nach *Beer*, bei sehr alten und dekrepiden Patienten aber die Depression oder Reklination.

Was nun die speziellen Einrichtungen für den klinischen Betrieb der Augenheilkunde, beziehungsweise für die Aufnahme von Augenkranken, im Juliusspitale in der ganzen von uns besprochenen Zeit betrifft, so liessen diese allerdings im Gegensatze zu der steten regen Pflege des Faches im Unterrichte fast alles zu wünschen übrig. Wie sich aus den Akten des Juliusspitals ergibt, war im Jahre 1807 dem Professor *J. Barthel von Siebold* auf seine Bitte um Überweisung eines besonderen, für Operation und Nachbehandlung von Starkranken eingerichteten Zimmers ein solches von der Grossherzoglich Toskanischen Landesdirektion mit dem Vorbehalte bewilligt worden, dass

es bei augenblicklichem Nichtvorhandensein solcher Patienten zur Kur für Wahnsinnige und andere dringende Kranke verwendet werde.

Wie wenig sich hierin im Laufe der späteren Zeit eine Änderung und Besserung ergeben hat, geht daraus hervor, dass das Oberpflegamt des Juliusspitals ein im Jahre 1841 von *Kajetan Textor* gestelltes Ansuchen um Schaffung einer eigenen Abteilung für Augenranke durch Überlassung von 2 Zimmern mit je 6 Betten und entsprechender Einrichtung nicht allein mit Rücksicht auf den Kostenpunkt und Raummangel abschlägig beschied, sondern dabei auch die bisher von dem Oberwundarzt betätigte Unterbringung von Augenkranken in einigen für andere Zwecke freigehaltenen Zimmern für die Folge als nicht tunlich bezeichnete. Es hatte also bei einem ständigen Zimmer sein Verbleiben und wurde *Kajetan Textor* nur noch anheimggegeben, bei zeitweilig grösserem Raumbedarf für Augenranke ein oder das andere der für chirurgische Kranke bestimmten Zimmer durch Entlassung unheilbarer oder besonders langwieriger Fälle freizumachen.

Als nach dem Tode *Linhart's Ernst von Bergmann* im Jahre 1878 auf den Lehrstuhl der Chirurgie und die Stelle des Oberwundarztes im Juliusspital berufen wurde, war die Augenabteilung in letzterem durch 2 Mezzanzimmer repräsentiert. Auf den Antrag *v. Bergmann's* wurde die operative und gesamte sonstige Behandlung der Augenranke dieser Abteilung dem Verfasser dieser Abhandlung, damaligen Privatdozenten *Helfreich*, übertragen. Bei dem bald darauf erfolgten Tode von Prof. *v. Welz* ging durch Vermächtnis dessen Gesamtbesitz einschliesslich einer besonderen Stiftung für arme Augenranke in das Eigentum, bzw. in die Verwaltung unserer Hochschule über und wurde damit die Augenklinik zur Universitätsanstalt erhoben, während gleichzeitig und auf Grund dieser Umgestaltung der Verhältnisse die Augenabteilung im Juliusspitale aufhörte zu bestehen.

Wir haben damit die der Gegenwart nächst liegende Zeitperiode und die Grenzlinie für die historische Betrachtung erreicht.

Literatur.

- Bönicke, Christian*, Grundriss einer Geschichte der Universität Würzburg. 2 Teile. Würzburg 1782.
- Scherer, J.*, Abriss einer Geschichte der beiden ersten Jahrhunderte der Universität Würzburg. Rektoratsrede. (Akadem. Monatsschr. 1852. S. 4—22.)
- Kölliker, A. v.*, Zur Geschichte der medizinischen Fakultät an der Universität Würzburg. Rektoratsrede. Würzburg 1871.

- Wegele, Fr. X.*, Geschichte der Universität Würzburg. 2 Teile (Geschichte und Urkundenbuch). Würzburg 1882. Stahel.
- Gerhardt, C.*, Zur Geschichte der medizinischen Klinik der Universität Würzburg. Rektoratsrede. Würzburg 1884.
- Lutz, C.*, Rückblick auf die Entstehung und Entwicklung des Julius-Hospitals in Würzburg. Festvortrag. Würzburg 1878. Im Verlag der Stiftung.
- Stöhr, Phil.*, Die Beziehungen zwischen Universität und Juliusospital. Rektoratsrede. Würzburg 1908.
- Thaler, Dr. Joh.*, Die Zukunft der Juliusospital-Stiftung zu Würzburg. Ein Beitrag zur Würzburger Krankenhausfrage, zugleich eine Erwiderung auf die Festrede des Rector Magnificus Dr. med. *Phil. Stöhr*. Würzburg 1908. Druck und Verlag der Fränkischen Gesellschaftsdruckerei G. m. b. H.
- Hirschberg, J.*, Geschichte der Augenheilkunde in *Graefe-Saemisch*, Handbuch der gesamten Augenheilkunde. II. Auflage. Bd. XII—XIV. 1899—1911.
- Derselbe, J. Lippert u. E. Mittwoch*, Die arabischen Augenärzte nach den Quellen bearbeitet. I. Teil 1904. II. Teil 1905. Veit u. Cie.
- Würzburger Vorlesungsverzeichnisse vom Wintersemester 1785/86 an. Universitäts-Bibliothek Würzburg.
- Weikard, M. A.*, Biographie des, von Ihm selber herausgegeben. Berlin und Stettin, bei Friedrich Nicolai 1787.
- Karl Kaspar Siebold's* Chirurgisches Tagebuch. Nürnberg. Grattenaver. 1792.
- Karl Kaspar Siebold's* Leben und Verdienste. Würzburg 1807. Bonitas.
- Siebold, Joh. Barthel v.* Beilage zu den neuen Würzburger gelehrten Anzeigen Nr. 12—13. 1800. S. 98 u. 99. Würzburg. Rinnische Behldg.
- Derselbe*, Medizin.-chirurg. Zeitung. Salzburg. Mayr'sche Buchdruckerei. 1811. II. Bd. Nr. 40; 1812. I. Bd. Nr. 17; 1813. II. Bd. Nr. 36 u. 37.
- Derselbe*, Ein Messer zur Wegschneidung des Staphyloms. Chiron. III. Bd. S. 309 u. fgde. 1813. Sulzbach. J. E. Seidel'sche Buch- u. Kunsthdlg.
- Derselbe*, Geschichte und gegenwärtige Einrichtung des chirurgischen Clinicums im Juliusospital zu Würzburg. Würzburg. Stahel. 1814.
- J. L. Schönlein's* Vorlesungen über allgemeine und spezielle Pathologie und Therapie. Von einem seiner Zuhörer. II. Aufl. Würzburg. Etlinger. 1832. 3. und 4. Bd.
- Textor, Cajetan*, Grundzüge zur Lehre der chirurgischen Operationen. Würzburg. 1835. Stahel.
- Boyer, A.*, Abhandlung über die chirurgischen Krankheiten und über die dabei angezeigten Operationen. Aus dem Französischen von *Cajetan Textor*. Würzburg. Stahel. 11 Bde. II. Aufl. 1834—1841. Band V, S. 232—600 die Augenkrankheiten behandelnd, enthält vielfach gesonderte Zusätze des Übersetzers.
- Textor, Carl*, Ausrottung der Tränendrüse zur Heilung des Tränenträufelns. Journal der Chirurgie und Augenheilkunde. Neue Folge. Bd. VI. 1846. S. 396.
- Derselbe*, Über die Wiedererzeugung der Kristalllinse. Inaugural-Abhandlung. 1842. Würzburg.
- Kölliker, A.*, Gedächtnisrede auf *Heinrich Müller*. Sitzungsberichte der physikalisch-medizin. Gesellschaft in Würzburg. 1864.
- Becker, Otto*, *Heinrich Müller's* gesammelte und hinterlassene Schriften zur Anatomie und Physiologie des Auges. I. Bd. Gedrucktes. Leipzig. Engelmann 1872.

Beiträge zur Physiologie des Kalziumoxalates.

Von
Wilhelm Unger.

Mit 13 Abbildungen im Text.

Botanischer Teil.

Während man früher geneigt war, das Kalziumoxalat als ein wertloses Ausscheidungsprodukt, ein Exkret der Pflanze zu betrachten, das am Orte seiner Entstehung unverändert liegen bleibt, ist im Laufe der Zeit eine Reihe von Fällen bekannt geworden, wo Kalziumoxalatkristalle nachträglich wieder gelöst wurden. So spricht z. B. *Tschirch* in einer Abhandlung im Bot. Zentralbl. XXXI. 1887 S. 224 von Korrosionen der Kalziumoxalatkristalle in Begonien-Blättern, die vom Sprosse abgetrennt und in Ca-freier Nährlösung zum Austreiben gebracht worden waren. Ebenso bemerkte *Pfeffer* Spuren von Auflösung an den tafelförmigen Kristallen in den Kotylen der keimenden Lupine, eine Beobachtung, die von *Tschirch* bestätigt wurde. Nach *Sorauer* und *de Vries* erscheinen in der Kartoffelknolle bei der Entwicklung Kalziumoxalatkristalle, um bei der Reife wieder zu verschwinden. In seiner Arbeit „über die anatomische Bedeutung und die Entstehung der vegetabilischen Schleime“ (Pringsh. Jahrb. für wiss. Bot. Bd. V. S. 179) sagt *Frank*, dass sich die Raphiden in den Schleimzellen der Orchideknollen beim Austreiben der letzteren samt dem Schleime auflösen. In den Sitzungsberichten des deutschen nat.-med. Vereines für Böhmen „Lotos“ 1906 Nr. 7—8 berichtet *Bruno Massopust*, dass die in den jungen Markzellen von *Lamium album*, *Galeobdolon luteum* und *Syringa vulgaris* reichlich vorhandenen Kalziumoxalatkristalle in den alternden Zellen wieder aufgelöst werden. *N. J. C. Müller* beobachtete Auflösung der Kristalle bei der Entwicklung der Fichtenrinde gelegentlich des Dickenwachstums. *A. F. W.*

Schimper hat in der Botanischen Zeitung 1888 Nr. 5 eine Arbeit „über Kalkoxalatbildung in den Laubblättern“ veröffentlicht, wo er angibt, dass in den Blättern der kalkfrei gezogenen *Tradescantia Selloi* die Kristalle aufgelöst worden und auf Zusatz einer Kalksalzlösung nach 8—9 Tagen wieder erschienen seien. Nach Angaben desselben Autors soll auch eine Wanderung des Oxalates aus den herbstlichen Blättern in den Stamm stattfinden bei *Aesculus Hippocastanum* und *Sambucus nigra*. *Schimper* geht sogar soweit zu behaupten, dass das Kalziumoxalat ebenso leicht wandern könne wie die Assimilate, indessen sind seine Aussagen von *Karl Wehmer* sehr entschieden angefochten worden.

Alle im vorstehenden genannten Arbeiten haben die Frage, ob das Kalziumoxalat als wertloses Ausscheidungsprodukt anzusehen sei, auf dem Wege mikroskopischer Untersuchung zu entscheiden versucht, und es ist vielleicht darin der Grund zu suchen dafür, dass Fälle, wo Kalziumoxalatkristalle später wieder gelöst wurden, doch immer mehr oder weniger als Ausnahmen von der Regel angesehen wurden. War man doch bei diesbezüglichen Studien, wenigstens wenn man darauf ausging, ein vollständiges Verschwinden der Kristalle aus ihren Zellen festzustellen, vornehmlich auf solche Pflanzen bzw. Pflanzenteile angewiesen, welche Kalziumoxalatkristalle in nicht zu grosser Menge, womöglich in anatomisch eigens charakterisierten Zellen enthielten. Es war natürlich beispielsweise in dem aus völlig gleichgestalteten Zellen bestehenden Parenchym einer oxalatreichen Rinde oder eines ebensolchen Rhizomes eine eventuell eingetretene Verminderung des Kalziumoxalates nur dann mit Sicherheit konstatabar, wenn dieselbe sehr beträchtlich war, während eine geringere Abnahme des Oxalatgehaltes dem mikroskopischen Beobachter leicht entgehen konnte. Gerade Rhizome und Rinden hat nun mein hochverehrter Lehrer Geh. Hofrat Professor Dr. *Greg. Kraus* benützt, um zum ersten mal mit Hilfe quantitativer chemischer Analyse der eingangs erwähnten Frage näher zu treten, und seine in der „Flora“ (83. Band, Jahrgang 1897) veröffentlichten Resultate haben ergeben, dass zur Deckung ihres Kalkbedarfes bei Wachstumsvorgängen die Pflanze sehr häufig dazu schreitet, Kalzium oxalatkristalle wieder aufzulösen, ganz besonders dann, wenn sie künstlich in Kalkhunger versetzt wird.

Die Pflanzen, welche Professor *Kraus* zu seinen Analysen wählte, enthalten das Kalziumoxalat in Form von Drusen, einige der verwendeten Rinden führen neben Drusen Einzelkristalle. Die Kristalle liegen in Zellen, deren Wände aus Zellulose bestehen und sind durch-

gehends von einem ausserordentlich zarten Häutchen umhüllt, welches den Kristall so eng umschliesst, dass es erst nach dem Auflösen desselben sichtbar wird. Es ist bekannt, dass derartige Häutchen sehr häufig vorkommen; sie wurden zuerst von *Rosanof* (Botan. Zeitung 1865 S. 329 u. 1867 S. 41) an den Oxalatdrusen im Marke von *Kerria japonica* und *Ricinus communis* aufgefunden. Es sind dort die Kristalldrusen mittelst röhriger Zellulosebalken an die Wände der Zellen geheftet. Jeder Strang verbreitert sich an seinen beiden Enden und geht allmählich sowohl in die Wand der Zelle über, als auch in ein dünnes Häutchen, welches die Kristalldruse umgibt und welches desto dünner und unscheinbarer wird, je grösser die Kristalldruse ist und je stärker einzelne Kristalle aus ihrer Gesamtmasse herausragen. Die Balken und die eigentlichen Kristalhüllen sollen nach *Rosanof* aus Zellulose bestehen. Es hat dann später *Jak. Wittlin* in seiner „Über die Bildung der Kalkoxalattaschen mit besonderer Berücksichtigung offizineller Pflanzen“ betitelten Dissertation den umhüllten Kalziumoxalatkristallen weitgehende Beachtung geschenkt. Er studierte zunächst die *Rosanof*'schen Drusen näher und fand, dass die Balken und Hüllen derselben nicht aus Zellulose, sondern aus stark veränderter und zwar verholzter Zellulose bestehen. Er will nach der Behandlung mit *Schultze*'scher Mazerationsflüssigkeit mit Chlorzinkjod eine wenn auch schwache Blaufärbung beobachtet haben. Es sollen sich bei dieser Reaktion die Zellwände schnell und intensiv blau färben, dann die Kristalhüllen und nach längerer Einwirkung zuletzt die Balken. Ausser den *Rosanof*'schen Drusen beobachtete *Wittlin* Oxalatkristalle in Taschen, die seinem Dafürhalten nach gleichfalls aus verholzter Zellulose bestehen, aber keine Balkenbildungen aufweisen, sondern selbst an der Zellwand angeheftet sind. Bei wieder anderen Pflanzen fand derselbe Autor von der Zellmembran gebildete Kristalltaschen. Als vierte Unterabteilung unterscheidet *Wittlin* Oxalatdrusen mit einer Hülle im Innern der Zelle ohne Balkenbildung und nicht mit der Zellmembran verwachsen. Ich führe zunächst an, was *Wittlin* über diese letzt genannte Art umhüllter Kristalle mitteilt. Er sagt an der betreffenden Stelle: „Sieht man sich nach den mit einer Haut umkapselten Kristallen im Zellumen um, so zeigt es sich, dass diese Art der Umhüllung ausserordentlich verbreitet ist. Fast jeder genau untersuchte Kristall zeigt nach geeigneter Behandlung und Auflösung in sehr verdünnter Salzsäure eine Hülle, welche letztere den mikrochemischen Reaktionen zufolge durchaus nicht plasmatischer Natur ist; man ist fast geneigt anzunehmen,

dass jeder Kristall mit einer Membran umgeben ist, und dass überhaupt nicht umhüllte Kristalle gar nicht vorkommen. In zahlreichen von mir untersuchten Fällen erhielt ich positive Ergebnisse. Die Haut war bei manchen genau zu sehen, bei anderen verschwand sie nach der Auflösung der Kristalle. Dabei überzeugte ich mich, dass die Kristalle erst in ganz reifem Stadium sich zu umhüllen pflegen. Die oft sehr zarten Kristalhüllen sind erst, wenn man einige Übung hat, zu sehen. Wiewohl an diesen sehr zarten Hüllen keine Reaktion durchzuführen ist, so kann man doch mit einiger Sicherheit annehmen, dass sie aus veränderter Zellulose bestehen, um so mehr, da diese Hüllen durch Jod und durch andere Reagenzien sich vom benachbarten Plasma vollkommen abgrenzen lassen; doch halte ich es nicht für ausgeschlossen, dass einige dieser Kristalhäutchen auch aus Kork bestehen.“

Ich habe die Pflanzen, bei denen *Kraus* eine Abnahme des Kalziumoxalatgehaltes während des Treibens feststellen konnte, mikroskopisch untersucht und gefunden, dass die Kristalle aller dieser Pflanzen im Innern der Zelle von einer Hülle umgeben sind und dass sie bezüglich ihrer Umhüllung in die eben beschriebene vierte der von *Wittlin* unterschiedenen Kategorien gehören. Die einschlägigen Angaben *Wittlin's* kann ich vollauf bestätigen. Ich habe die fraglichen Kristalhüllen bei Rindenkristallen ganz allgemein angetroffen doch finden sie sich auch in Blättern und krautigen Pflanzenteilen allenthalben. Die Hüllen sind in der Regel um so zarter, je mehr der betreffende Pflanzenteil krautigen Charakter trägt. Als besonderes Charakteristikum möchte ich nochmals hervorheben, dass die Häutchen den Kristall sehr knapp umschliessen, ja gewissermassen mit demselben verwachsen erscheinen. Isoliert man durch willkürliches Zerreißen eines Schnittes eine grössere Anzahl von Kristallen vollständig aus dem Zellverband, so lässt jeder Kristall nach dem Auflösen noch die völlig unverletzte Hülle erkennen. Als sehr günstiges Untersuchungsobjekt sind mir u. a. die Blätter von *Prunus Laurocerasus* bekannt geworden. Dieselben beherbergen sowohl Drusen als Einzelkristalle; beide Kristallformen sind von den geschilderten Häutchen eingeschlossen, und man kann hier die auch anderwärts in die Augen fallende Beobachtung machen, dass die Hüllen der Einzelkristalle stärker erscheinen als die der Drusen. Bezüglich der chemischen Beschaffenheit der Kristalhüllen möchte ich mich jeglichen Urteils enthalten; sicher ist nur, dass sie nicht protoplasmatischer Natur ist. Bei der ausserordentlichen Dünne der Häutchen kann man

nicht entscheiden, ob dieselben mit den üblichen Reagenzien (Chlorzinkjod, Jod und Schwefelsäure, Sudan etc.) eine Färbung annehmen oder nicht. Heisse konzentrierte Kalilauge, welche die Kristalle in kürzester Zeit auflöst, ist auf die Hüllen ohne jede Einwirkung, ebenso indifferent verhalten sich die Häutchen gegen Kupferoxydammoniak. Bei ihrer Entstehung sind die Kristalle hüllenlos; die ersten Ausscheidungen zeigen sich in einem stets wandständigen Safttraum einer mit Protoplasma prall gefüllten Zelle. Die Vergrößerung der Vakuole hält mit dem Wachstum des Kristalles gleichen Schritt, das Protoplasma verschwindet nach und nach aus der Zelle. Oxalatführende Zellen, deren Lumen nur zu einem beschränkten Teil von dem Kristall eingenommen wird, behalten jedoch vielfach ihren lebenden Inhalt. Erst wenn der Kristall seine endgültige Grösse erreicht hat, wird nach dem Auflösen desselben in Salz- oder Schwefelsäure das dünne Häutchen sichtbar, welches dann genau die äusseren Umrisse des Kristalles wiedergibt. Es ist diese nachträgliche Einkapselung der Kristalle ganz dazu angetan, den mikroskopischen Beobachter in der Ansicht, das Kalziumoxalat sei ein Exkret der Pflanze, zu bestärken. Wie indessen aus den *Kraus'schen* Analysen hervorgeht, bilden die beschriebenen Häutchen kein Hindernis für eine Wiederauflösung der Kristalle.

Auf Grund mikroskopischer Beobachtung kann ich hier drei weitere Fälle von Auflösung ebenso umhüllter Kalziumoxalatkristalle anreihen, die mir im Marke von *Magnolia Soulangeana*, *Liriodendron tulipifera* und *Corylus Avellana* aufgefallen sind. Führt man Querschnitte durch den noch grün gefärbten, im Frühjahr und Sommer jeden Jahres entstehenden Längenzuwachs der Sprossachsen von *Magnolia* etwa 1 cm unterhalb des Vegetationspunktes, so erkennt man, dass weitaus die meisten der jungen Markzellen einen kleinen Kristall von Kalziumoxalat enthalten. Die Kriställchen sind ihrer Form nach entweder unscheinbare Drusen oder Einzelkristalle von selten schöner Ausbildung. Vielfach ist auf einer Fläche eines solchen Einzelkristalles eine Druse aufgewachsen. Die kristallführenden Zellen besitzen lebenden Inhalt mit einem kugeligen Zellkern, welcher letzterer meist in direkter Berührung mit dem Kristall gefunden wird. Löst man die Kristalle in Salzsäure, so stellt sich heraus, dass sie von einem sehr dünnen Häutchen umgeben sind. Schneidet man nun an Stellen, wo die Epidermis bereits durch Kork ersetzt ist, so scheinen hier schon auf den ersten Blick weit weniger Markzellen einen Kalziumoxalatkristall zu beherbergen als dies im ganz jungen Marke der Fall

war. Ich habe mir nicht verhehlt, dass dieser Eindruck nur zu leicht auf Täuschung beruhen konnte, hervorgerufen durch die inzwischen erfolgte weitere Ausbildung der Markzellen. Die Frage, ob in dem vorliegenden Fall tatsächlich eine Lösung von Kalziumoxalatkrystallen stattgefunden hat, wird indessen durch das vollständige Fehlen von Einzelkrystallen in den älteren Markzellen ohne weiteres in bejahendem Sinne entschieden. Dazu kommt noch, dass man von der Spitze der Sprossachse sukzessive abwärts gehend an den Einzelkrystallen mühelos alle Stufen der Auflösung verfolgen kann, wobei die bereits betonte, ursprünglich sehr regelmässige Ausbildung der Krystallflächen ganz ausserordentlich zu statten kommt. Die beobachteten Spuren von Auflösung sind mit mechanischen Verletzungen, wie sie gelegentlich beim Schneiden verursacht werden können, gar nicht zu verwechseln; auch werden derartig korrodierte Krystalle in den ganz jungen Markzellen, wo doch bei dem noch reichlicheren Vorhandensein von Einzelkrystallen die Möglichkeit einer Beschädigung durch das Messer in grösserem Masse gegeben ist, niemals angetroffen. Auf die bei *Magnolia* gemachte Beobachtung hin studierte ich das Mark zweier anderer Magnoliaceen: *Drimys Winteri* und *Liriodendron tulipifera*. Das Mark der ersteren war in allen Altersstadien frei von Kalziumoxalat. Bei *Liriodendron* hingegen zeigte sich eine ganz analoge Erscheinung wie bei *Magnolia*, wengleich das Mark der Magnolie ein bei weitem günstigeres Untersuchungsobjekt darstellt. Das Mark des Tulpenbaumes enthält in ganz jungem Stadium winzige, unansehnliche Drusen von Kalziumoxalat, welche vollständig aus den Zellen verschwinden, wenn das Dickenwachstum einsetzt. Die Untersuchungen an *Corylus Avellana* wurden in folgender Weise durchgeführt: Es wurden Querschnitte durch ein und dieselbe Sprossachse geführt. 1. Nahe am Vegetationspunkt des noch mit Epidermis versehenen neuen Frühjahrstriebes. 2. In dem bereits mit Kork bedeckten Teil der Sprossachse 10 cm unterhalb des Beginnes des neuen Frühjahrstriebes. 3. Etwa 80 cm weiter unten, wo 2 Jahresringe im Holz vorhanden waren. Es wurde besonderer Wert darauf gelegt, dass die Schnitte von gleicher Dicke waren, und es kamen nur solche Präparate für die Untersuchung in Betracht, bei denen der ganze Markzylinder durchschnitten war und keinerlei Lücken in demselben vorhanden waren. Es wurden im Marke der einzelnen unter 1. genannten Schnitte gezählt:

| 28 Drusen | 25 Drusen | 29 Drusen |
|-----------|-----------|-----------|
| 24 " | 20 " | |
| 21 " | 24 " | |
| 29 " | 20 " | |
| 26 " | 26 " | |
| 20 " | 31 " | |
| 30 " | 25 " | |

Die einzelnen unter 2. genannten Schnitte enthielten im Mark:
10 Drusen

| |
|-----|
| 5 " |
| 4 " |
| 8 " |
| 3 " |
| 2 " |

Bei den Schnitten der Nr. 3 fanden sich im Marke:

| 2 Drusen | 0 Drusen |
|----------|----------|
| 0 " | 1 " |
| 0 " | 0 " |
| 1 " | 0 " |
| 0 " | 0 " |
| 0 " | 0 " |
| 0 " | 0 " |
| 0 " | |

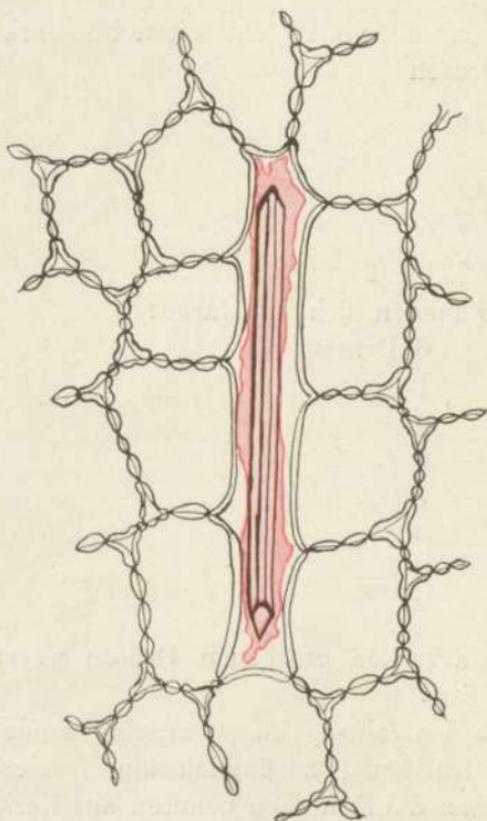
Von den in den älteren Markzellen gesehenen Drusen waren einige zweifellos im Zerfall begriffen.

Der Umstand, dass die mit den feinen, knapp anschliessenden Hüllen versehenen Kristalle der Auflösung zugänglich sind spricht dafür, dass die Vermutung *Wittlins*, die Häutchen könnten aus Korksubstanz gebildet sein, nicht zutrifft. Denn wenn es überhaupt zugänglich ist, aus dem anatomischen Befund Schlüsse zu ziehen auf die physiologische Bedeutung des oxalsauren Kalkes, so sind ohne Zweifel solche Kalziumoxalatkristalle am ehesten als wertlose Endprodukte des Stoffwechsels gekennzeichnet, die in unzweideutiger Weise von einer verkorkten, d. h. für Wasser (und somit auch Kalziumoxalat lösende Substanzen) undurchlässigen Membran umschlossen sind. Ein definitiver Entscheid war hier nur von der quantitativen chemischen Analyse zu erwarten. Ich dachte zunächst an oxalatführende Zellen mit verkorkter Wand; doch finden sich solche nicht eben häufig, und es ist mir nicht gelungen, eine Pflanze zu bekommen, welche sich

gleichzeitig zu Treibversuchen geeignet und das Kalziumoxalat in der für chemische Analysen wünschenswerten Menge enthalten hätte. Dagegen bot sich mir ein günstiges Objekt in dem Iris-Rhizom.

Die bekannten prismatischen Kalziumoxalatkristalle des officinellen Iris-Rhizomes liegen nach der übereinstimmenden Aussage zahlreicher

Fig. 1.



auch neuerer pharmakognostischer Lehrbücher (vgl. *G. Karsten* und *F. Oltmanns*, Lehrbuch der Pharmakognosie) in entsprechend lang gestreckten, der Längsachse des Rhizomes parallel laufenden Zellen und füllen die letzteren nahezu vollständig aus. Eine gleichlautende Notiz findet sich auch in *Tschirchs* „angewandter Pflanzenanatomie“. Tatsächlich liegen jedoch die besagten Oxalatprismen nicht in Zellen sondern, wie *Tschirch* und *Oesterle* in ihrem „anatomischen Atlas der Pharmakognosie und Nahrungsmittelkunde“ angeben, in den Interzellularräumen. Sie stecken in einer den Kristall lose umschliessenden und ihn an Länge oft um das Doppelte überragenden Korkhülle. Diese dünne Korkhaut ist die innere Auskleidung einer schleimigen

Membran, welche von der Wand einer den Interzellularraum begrenzenden Zelle in diesen hineingestülpt wird und die bei Zutritt von Wasser, Glycerin, Kalilauge, Chloralhydrat blitzschnell aufquillt, sich über grosse Gewebepartien ausbreitend der weiteren Beobachtung entzieht, höchstwahrscheinlich sogar völlig gelöst wird. Die Ausstülpung des kristallführenden Schlauches in den Interzellularraum geht von einer punktförmig begrenzten Stelle der betreffenden Zellwand aus, welche letztere ihrem ganzen übrigen Umfang nach aus unveränderter Zellulose besteht. An der Anheftungsstelle löst sich der Kristallschlauch leicht ab, und so kommt es, dass auch alle beim

Schneiden aus ihrer ursprünglichen Lage gebrachten, oder durch absichtliches Zerreißen des Schnittes aus dem Zellverband isolierten Kristalle von der Korkhülle umgeben erscheinen. Die Korkhülle wird am bequemsten durch Färbung mit Sudan III deutlich sichtbar ge-

Fig. 2.

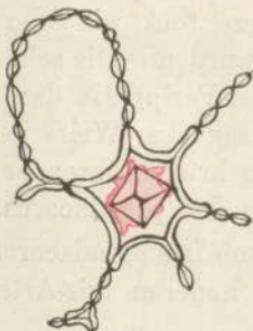
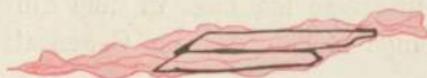


Fig. 3.



macht, die Stärke ist vorher zu entfernen. Das Studium der geschilderten Verhältnisse wird durch den geringen Querdurchmesser der Interzellularen ungemein erschwert. Man erhält nur hin und wieder ein Prä-

Fig. 4.

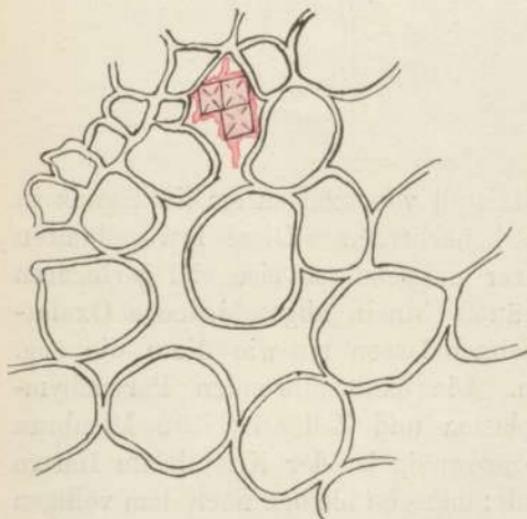
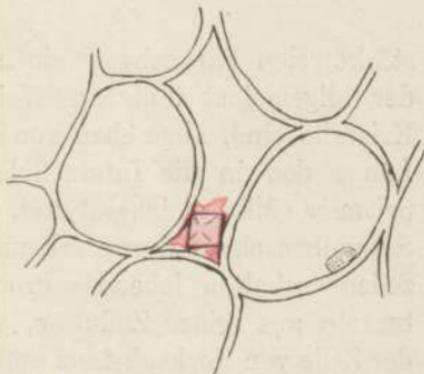


Fig. 5.



parat, bei dem der Kristall in dem Interzellularraum einigen Spielraum hat. Möglicherweise verhalten sich die drei Species: *germanica*, *florentina*, *pallida* in dieser Hinsicht etwas verschieden, ich habe jedoch Untersuchungen hierüber nicht angestellt. Die Figuren 1 und 2 sind

nach zwei ausnahmsweise überzeugenden, in der Rinde eines offiziellen Iris-Rhizoms geführten Schnitten gezeichnet. Figur 3 stellt zwei isoliert liegende, von einer Korkhülle umgebene Kristalle aus dem Rhizom von *Crocus susianus* dar.

Die Gewissheit über die Richtigkeit der in vorstehendem gemachten Angaben verdanke ich den Beobachtungen an *Iris pseudacorus*, bei deren tief im zähen Schlamm steckenden Wurzelstock, wie zu erwarten war, grössere Interzellularräume angetroffen wurden. Die sehr weiten Interzellularen, welche sich namentlich an der Peripherie der Gefässbündel vorfinden (Figur 4), sind in ganz vorzüglicher Weise geeignet, jeden Zweifel zu beseitigen. Figur 5 ist ein kristallführender Interzellularraum aus der Rinde des Rhizoms von *Iris pseudacorus*.

Von Interesse ist, dass in dem Rhizom von *Iris pseudacorus* auch einige wenige Zellen des im Gegensatz zu anderen Iris-Arten fast

Fig. 6.

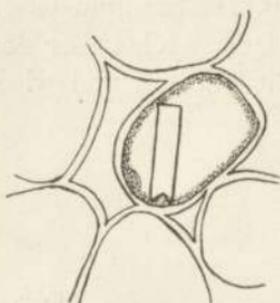
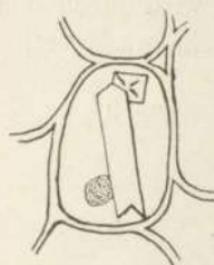


Fig. 7.

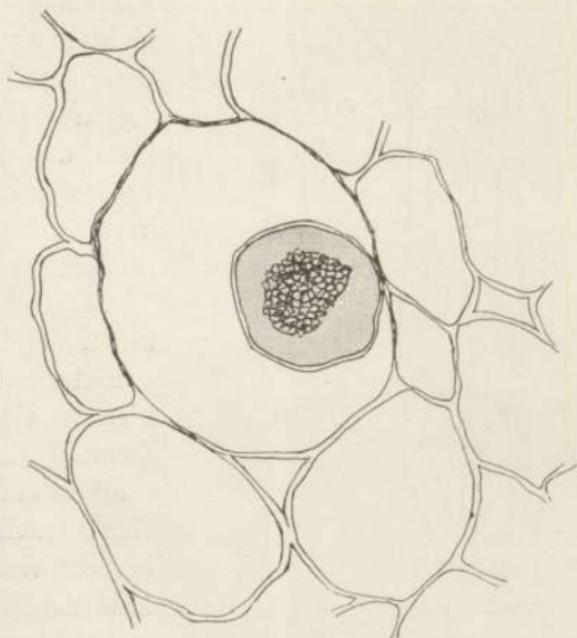


stärkefreien Parenchyms einen Kristall von oxalsaurem Kalk ganz in der allgemeinst üblichen Weise beherbergen. Diese intrazellulären Kristalle sind, abgesehen von ihrer notwendigerweise viel geringeren Länge den in die Interzellularräume hinein abgeschiedenen Oxalatprismen völlig gleichgestaltet, vielfach lassen sie wie diese die sog. Schwabenschwanzform erkennen. Die oxalatführenden Parenchymzellen enthalten lebendes Protoplasma und Zellkern; ihre Membran besteht aus reiner Zellulose, ebensowenig ist der Kristall im Innern der Zelle von Korksubstanz umhüllt; dagegen bleiben nach dem völligen Auflösen seine äusseren Umrisse dauernd vorgezeichnet, und man erkennt denselben Sachverhalt, der schon früher für das von *Kraus* studierte Rindenoxalat geschildert wurde. Figur 6 zeigt eine kristallführende Parenchymzelle aus dem Rhizom von *Iris pseudacorus* im Quer-, Figur 7 eine solche im Längsschnitt.

Hat man sich an *Iris pseudacorus* über die eigentümlichen anatomischen Verhältnisse bei der Ausscheidung der korkumhüllten Kalziumoxalatprismen orientiert, so gelingt es ohne Mühe festzustellen, dass alle Irideen, soweit sie oxalsauren Kalk enthalten, in diesem Punkt übereinstimmen. Die normalerweise kristallführenden Parenchymzellen habe ich dagegen nur bei *Iris pseudacorus* beobachten können.

Chemisch analysiert wurden in später noch zu besprechender Weise Rhizome von *Iris pseudacorus* und *Iris squalens* sowie Zwiebeln von *Crocus* und *Gladiolus* vor und nach dem Austreiben.

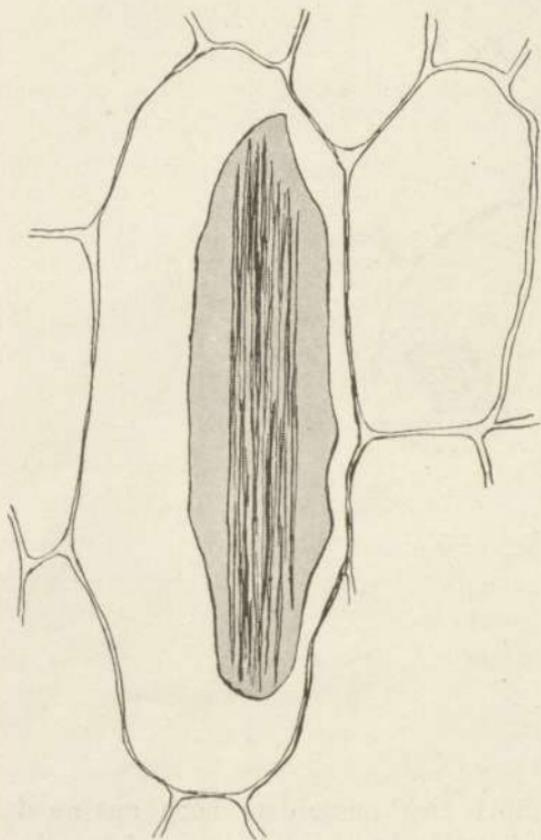
Fig. 8.



Die gleichen Analysen führte ich ausserdem noch aus an den Raphidenpflanzen *Hyacinthus orientalis*, *Arum maculatum* und *Ocnothera biennis*, denn es erschien mir aus zwei Gründen angebracht, bei Untersuchungen über die Wiederaufnahme des auskristallisierten Kalziumoxalates in den Stoffwechsel die Raphiden eigens zu berücksichtigen: Erstens glauben verschiedene namhafte Botaniker auf Grund eingehender Studien den Raphiden in erster Linie die Aufgabe des Schutzes der Pflanze gegen Tierfrass zuschreiben zu müssen, zweitens weichen die Raphiden hinsichtlich ihrer Entstehungsweise erheblich von anderen Formen des pflanzlichen Kalziumoxalates ab. Während es bei diesen

leicht möglich ist, die Anfänge der Kristallbildung zu erkennen und das allmähliche Wachstum des Kristalles zu verfolgen, ist dies bei jenen meist mit grossen Schwierigkeiten verknüpft. Die Blätter von *Arum maculatum* sind bereits von Raphiden erfüllt, wenn sie, noch nicht ergrünt, in eingerolltem Zustand eben das Erdreich zu durchbrechen sich anschicken. Die in ganz jungen Knollen von Erbsengrösse und darunter erkennbaren Kristallnadeln haben bereits ihre

Fig. 9.



endgültige Grösse erreicht, und die Zahl der raphidenführenden Zellen wird im Laufe der weiteren Entwicklung des Rhizoms nicht mehr vermehrt. An *Oenothera biennis* habe ich genaue Betrachtungen über den Zeitpunkt der Entstehung der Raphiden angestellt und will darüber in Kürze berichten:

Die fertigen Raphidenzellen der in allen Teilen oxalatreichen *Oenothera biennis* sind eiförmig geformt, kaum merklich dünnwandiger als die Nachbarzellen, ihre Wand besteht aus reiner Zellulose, das Raphidenbündel steckt in einer ovalen, kompakten Schleimhülle, die in Wasser momentan aufquillt ohne gelöst zu werden und immer der

Zellwand anliegt. (Figur 8 und 9.) Jede einzelne Kristallnadel ist nochmals von einer äusserst dünnen, zelluloseartigen Haut umgeben genau wie die Oxalatprismen in den Parenchymzellen des Rhizoms von *Iris pseudacorus* und die Oxalatkristalle sämtlicher von *Kraus* analysierter Rinden. Bei unvorsichtigem Schneiden werden die Nadelbündel, von der Schleimmasse fest umschlossen bleibend, aus ihren Zellen herausgesprengt. Im Gewebeverband unterscheiden sich

die Raphidenzellen von den Nachbarzellen scheinbar durch den Mangel eines Zellkernes. Lässt man jedoch die am Rande des Schnittes isoliert liegenden Schleimhüllen durch Zugabe von Wasser quellen, so kommt aus den äussersten Schichten von jeder derselben ein völlig frisch aussehender Zellkern zum Vorschein. Die Figuren 10 und 11 stellen zwei aus dem Zellverband getrennte Schleimmassen in gequollenem Zustand dar. Ich habe für dieses eigenartige Verhalten keine Erklärung; dass der Zellkern infolge der Alkoholbehandlung des Untersuchungsmaterials erst nachträglich von der Schleimmasse erfasst wird, erscheint mir nicht wahrscheinlich. Über die Frage, in welchem Entwicklungsstadium der Pflanze die Raphiden erscheinen, können die Wurzeln junger Keimpflanzen Aufschluss geben. Dieselben zeigen unter dem Mikroskop das typische Bild der Keimwurzel: den von einer stärkereichen Wurzelhaube geschützten Vegetationskegel, darüber die Zone des noch im Embryonalzustand befindlichen, vom Vegetationspunkt zuletzt gebildeten Gewebes und daran an-

Fig. 10.

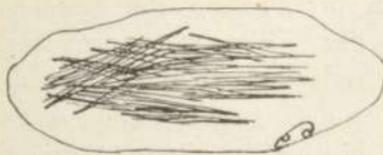


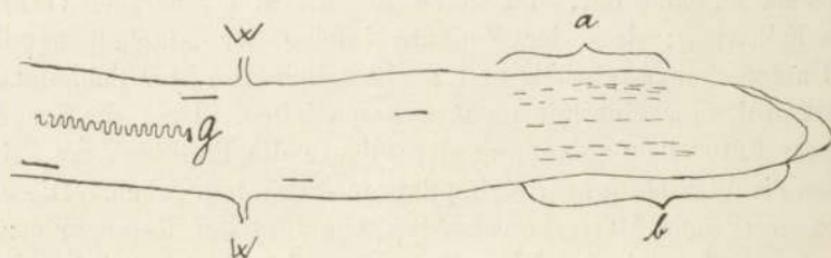
Fig. 11.



schliessend die Region des stärksten Wachstums, wo die Zellen eine rasche Streckung erfahren. Weiter nach oben gehen die Zellen allmählich in den Dauerzustand über. Unmittelbar hinter dem Vegetationspunkt setzt nun ganz plötzlich die Kalziumoxalatabscheidung ein, und die im Quer- und Längsschnitt ungefähr quadratischen, mit winzigen Kristallnadelchen vollgepfropften Raphidenzellechen liegen hier dicht aneinander gedrängt. In dem Masse als diese Wurzelzone in das Stadium der Streckung eintretend auf eine grössere Länge auseinander gezogen wird und auch die oxalatfreien Zellchen eine weitere Ausbildung erfahren, vergrössern sich naturgemäss die Abstände zwischen den Raphidenzellen und so kommt nach und nach das Bild zustande wie es ein Schnitt durch die älteren Wurzelteile darbietet. Alle Raphidenzellen, die sich in der ausgewachsenen Wurzel vorfinden, waren schon als solche erkennbar, als sie sich, noch im Embryonalzustand, in der zwischen dem Vegetationspunkt und der Zone des intensivsten Längenwachstums gelegenen Wurzelstrecke befanden.

Eine hier oxalatfreie Zelle wird, sobald sie durch den vom Vegetationspunkt ausgehenden fortgesetzten Nachschub neuer Zellen in die nächst ältere Wurzelzone hineingeraten ist, unter keinen Umständen mehr von Raphiden besiedelt. Figur 12 ist die schematische Darstellung

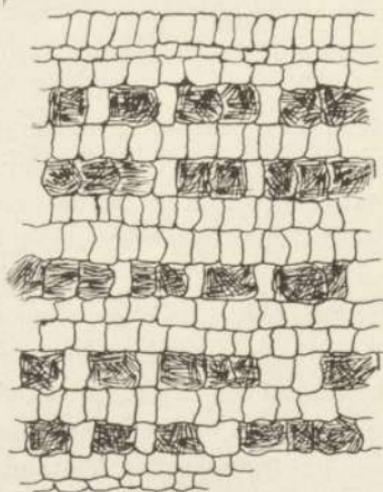
Fig. 12.



einer Wurzelspitze von *Oenothera biennis*. Jede Oxalatzelle ist durch einen Strich — angedeutet. Oberhalb der Strecke a findet keine Anlage von Kristallzellen mehr statt. Die Zone b ist sehr bestimmt dadurch charakterisiert, dass in ihr *Fehling'sche* Lösung schon in

der Kälte ausserordentlich lebhaft reduziert wird. Es geht daraus hervor, dass die Zellen der Strecke a hinsichtlich ihres Entwicklungsstadiums sich kaum noch von den Zellen des eigentlichen Vegetationskegels unterscheiden. Bei W beginnt die Region der Wurzelhaare, bei G ist die Gewebedifferenzierung bis zum Auftreten von Leitungsbahnen gediehen. Figur 13 stellt ein kleines Stück aus der Strecke a dar und ist bei derselben Vergrößerung wie die Figuren 8 und 9 gezeichnet. In den Zellen der Strecke a sind die Kriställchen meiner Beobachtung nach noch nicht in Schleim eingebettet

Fig. 13.



und liegen ziemlich regellos in der Zelle umher. Erst wenn die betreffende Zelle in das Stadium der Streckung eintritt, werden die Kriställchen von der ganz plötzlich entstehenden Schleimhülle zu einem geschlossenen Bündel zusammengefasst. Die Oxalatnadeln haben aber

dann bei weitem noch nicht ihre endgültige Grösse erreicht, sondern wachsen innerhalb der Schleimmasse allmählich heran.

Beachtenswert, weil das Kalziumoxalat als Exkret definierend, ist der Umstand, dass auch die Kotylen junger Keimpflanzen von *Oenothera biennis* massenhaft Raphiden enthalten. Letztere werden mit den in Verwesung übergehenden Kotylen augenscheinlich quantitativ, wieder abgeworfen. Die Kristallausscheidung setzt in den Kotylen ein sobald dieselben die Samenschale abgestreift haben; der im Samen ruhende Embryo ist in allen Teilen frei von Kalziumoxalatkristallen.

Chemischer Teil.

Zum quantitativ-chemischen Vergleich des Kalziumoxalatgehaltes ruhender und neu austreibender Rhizome bezog ich eine grössere Menge von Hyazinthen-, Crocus- und Gladioluszwiebeln, welche selbstverständlich immer ein und derselben Varietät angehörten, bei der Firma Haage und Schmidt in Erfurt. Die Crocus- und Gladioluszwiebeln wurden in je zwei, die Hyazinthenzwiebeln in drei Portionen von ungefähr gleicher Stückzahl und bestimmtem Gewicht geteilt. Das erste Drittel der Hyazinthenzwiebeln wurde sofort in den Drogentrockenschrank gebracht, das zweite Drittel in Gartenerde und der Rest in völlig kalkfreien Quarzsand gepflanzt. Mit den Crocus- und Gladiolusknollen wurde in gleicher Weise verfahren, nur wurden die zum sofortigen Trocknen bestimmten Hälften bevor sie in den Trockenschrank kamen, von den äusseren Schalen befreit. Pflanzungen in Quarz wurden nicht vorgenommen. Das Analysenmaterial von *Iris squalens* lieferte mir der hiesige botanische Garten. Die Wurzelstöcke, im Oktober ausgegraben, wurden auf das Sorgfältigste gereinigt, sodann wurden Wurzeln, Blattreste, die letztjährigen Blätter- und Blütenstengel, sowie die in Fäulnis übergehenden ältesten Jahresabschnürungen entfernt. Die Stöcke wurden nunmehr mit destilliertem Wasser ab gespült, auf ein Sieb gebracht und nach dem Abtropfen des Wassers genau in der gleichen Weise weiter behandelt wie die Hyazinthenzwiebeln. Die zur chemischen Untersuchung gelangten Rhizome von *Iris pseudacorus* stammten von Pflanzen, welche am Ufer der Pleichach dicht beieinander, also unter gleichen Lebensbedingungen, gewachsen waren. Die Rhizome wurden ebenfalls im Oktober gegraben und genau wie die von *Iris squalens* behandelt. *Arum maculatum* findet sich im Guttenbergerwald stellenweise in grosser Menge wildwachsend, und ich habe dort die Pflanzen ausgegraben, als die Blätter bereits abgefällt waren und die Früchte sich rot zu färben begannen. Bei

Oenothera biennis suchte ich mir in der Weise zu helfen, dass ich in der Sandgrube bei Gerbrunn, welche massenhaft von der genannten Pflanze bestanden ist, eine Anzahl blühender Exemplare derart über dem Boden abschnitt, dass ausser einem wenige Zentimeter langen Stumpf an überirdischen Teilen nichts mehr vorhanden war. Aus dem stehengebliebenen Stengelstück brach unterhalb der Schnittfläche ein Büschel neuer Sprosse, die sich reichlich beblätterten und Blütenknospen ansetzten. Nachdem die verstümmelten Pflanzen wieder soweit gediehen waren, bestimmte ich den Kalziumoxalatgehalt ihrer Wurzeln. Als Vergleichsmaterial hatte ich vorher Wurzeln von in ihrer Entwicklung nicht gestörten blühenden Exemplaren eingesammelt. Die in Schalen eingepflanzten Rhizome wurden bis Ende Januar im Freien unter Glas gehalten, sodann im Vermehrungshause in völliger Dunkelheit angetrieben. Die Erdkulturen wurden mit kalkhaltigem Würzburger Leitungswasser, die Quarzkulturen mit destilliertem Wasser begossen. Als sich nach sechswöchentlichem Verweilen im Warmhause bei *Gladiolus*, *Iris pseudacorus* und *Iris squalens* kräftige Blattriebe, bei *Crocus* und *Hyazinthus* auch Blütenknospen entwickelt hatten, wurden die Pflanzen wieder ausgegraben, und ihre Rhizome in bereits bekannter Weise präpariert. Es wurde das Gewicht mit dem vor dem Einpflanzen festgestellten verglichen und der Wasser- bzw. Trockensubstanzgehalt ermittelt. Zu dem letztgenannten Zweck wurden durchgehends zunächst die ganzen Rhizome im Trockenschrank belassen, hierauf das aus ihnen hergestellte grobe Pulver bei 100° bis zur absoluten Gewichtskonstanz getrocknet. Zur Analyse gelangte dann jeweils ein aliquoter Teil des sorgfältigst gemischten Pulvers.

Durch Übersättigen des salzsauren Auszuges der Pflanzenpulver mit Ammoniak wäre es theoretisch möglich gewesen, den Gehalt an Kalziumoxalat direkt zu ermitteln. Bei der praktischen Ausführung der Methode musste ich jedoch erfahren, dass die ammoniakalisch gemachten Pflanzenauszüge ganz ausserordentlich schlecht filtrieren, und dass der Kalziumoxalatniederschlag, mit schleimig-schmierigen Substanzen verunreinigt, sich nicht auswaschen lässt. Ich entschloss mich daher dazu, den Gesamttoxalsäure- und den Gesamtkalkgehalt der einzelnen Pulver festzustellen und die Pulver qualitativ auf wasserlösliche Oxalate bzw. freie Oxalsäure zu prüfen. Die letztgenannte Prüfung, welche, um das Resultat vorweg zu nehmen, bei den ruhenden Rhizomen negativ ausfiel, wurde in der Weise vorgenommen, dass mindestens 10 g Pulver zunächst mit destilliertem Wasser aus-

gekocht wurden. Das zuerst ammoniakalisch hernach essigsauer gemachte Filtrat wurde mit Kalziumazetatlösung versetzt. Es bildete sich in drei Fällen nach 24-stündigem Stehen ein unbedeutendes schleimiges Sediment, das, wie die mikroskopische Prüfung ergab, durchaus amorpher Natur war. Zwischen gekreuzten Nikols waren kristallinische Bestandteile nicht zu erkennen.

Zur Feststellung des Oxalsäuregehaltes wurde eine gewogene Menge des betreffenden Pulvers mit einem genau gemessenen Volumen 3% Salzsäure am Rückflusskühler extrahiert. Nach dem Erkalten wurde ein bestimmtes Volumen durch ein bei 100° getrocknetes Filter abfiltriert. Das zunächst ammoniakalisch gemachte Filtrat wurde mit Essigsäure angesäuert und mit Kalziumazetatlösung versetzt. Der entstandene Niederschlag wurde nach dem Absitzen mit heissem Wasser solange ausgewaschen, bis das Filtrat völlig wasserhell war und auf Zusatz von Ammoniumoxalat nicht mehr getrübt wurde. Der gewaschene Niederschlag wurde in verdünnter Salzsäure wieder gelöst, und das Kalziumoxalat mit Ammoniak abermals gefällt. Der solcherart gereinigte Niederschlag wurde auf ein quantitatives Filter gebracht, gewaschen, getrocknet, im Platintiegel bis zur Gewichtskonstanz geglüht und als Kalziumoxyd gewogen. Die Methode ist angenehm auszuführen, die Fehlergrenze geht über 0,3% nicht hinaus, das zur Wägung gelangte Kalziumoxyd war ausgenommen bei *Gladiolus fast* oder ganz weiss und in verdünnter Salzsäure ohne Rückstand löslich.

Zum Zwecke der Bestimmung des Kalkgehaltes wurden 7 bis 10 g Pulver in der Platinschale eingeäschert. Die Asche wurde mit Salzsäure übergossen, die Lösung zur Trockne verdampft und der Rückstand mit Wasser und etwas verdünnter Salzsäure aufgenommen. Das Filtrat wurde mit Ammoniak übersättigt, mit Essigsäure angesäuert und mit Ammoniumoxalatlösung im Überschuss versetzt. Der auf ein quantitatives Filter gebrachte und mit heissem Wasser völlig ausgewaschene Niederschlag wurde samt Filter in ein Becherglas gegeben, daselbst in warmer verdünnter Schwefelsäure gelöst, und die in Freiheit gesetzte Oxalsäure mit $\frac{1}{10}$ Normal-Kaliumpermanganatlösung titriert. Die Differenzen zwischen mehreren mit dem gleichen Pulver ausgeführten Kalzium-Analysen bewegten sich immer innerhalb der für die exaktesten chemischen Analysen zulässigen Grenzen.

Es sei noch besonders darauf hingewiesen, dass die gleichnamigen Pulver jeweils unter absolut gleichen Bedingungen analysiert wurden. Die Wägungen wurden, mit alleiniger Ausnahme derjenigen, welche

zur Ermittlung des Wassergehaltes der Rhizome notwendig waren, auf der analytischen Wage ausgeführt. Die Wage, deren ich mich zur Feststellung des Wassergehaltes bediente, war für 0,01 g noch hinreichend empfindlich.

Die Analysenresultate sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

| | | | $C_2O_4H_2$ in Prozenten bezogen auf Trockensubstanz | Ca in Prozenten bezogen auf Trockensubstanz | Theoretisch z. Bieden der gef. $C_2O_4H_2$ erforderlich. Ca |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Wurzeln von <i>Oenothera biennis</i> | Zur Blütezeit gegraben Verstümmelte Pflanzen | Trockensubstanzgehalt beim Treiben nicht verändert worden. | 2.961 | 1.350 | 1.316 |
| | | | 3.271 | 1.186 | 1.454 |
| Rhizome von <i>Iris pseud-acorus</i> | Im Herbst gegraben Nach der Kalkkultur Nach d. kalkfreien Kultur | | 2.1817 | 1.046 | 0.9697 |
| | | | 2.387 | 0.9855 | 1.061 |
| | | | 2.438 | 0.8576 | 1.083 |
| Rhizome von <i>Iris squalens</i> | Im Herbst gegraben Nach der Kalkkultur Nach d. kalkfreien Kultur | | 2.672 | 1.2655 | 1.188 |
| | | | 4.098 | 1.410 | 1.821 |
| | | | 3.205 | 1.246 | 1.424 |
| Hyazinthenzwiebeln | Im Ruhezustand Nach der Kalkkultur Nach d. kalkfreien Kultur | | 0.7754 | 0.3071 | 0.3446 |
| | | | 0.943 | 0.3321 | 0.4191 |
| | | 0.7759 | 0.3132 | 0.3449 | |
| Gladiolusknollen | Im Ruhezustand Nach der Kalkkultur | Trockensubstanzgeh. b. Treiben auf d. Hälfte zurückgegangen. | 1.543 | 0.3756 | 0.6858 |
| | | | 3.134 | 0.7135 | 1.393 |
| Crocus-Rhizome | Im Ruhezustand Nach der Kalkkultur | | 0.4235 | 0.1954 | 0.1882 |
| | | | 0.8543 | 0.3551 | 0.3797 |
| Arumknollen | Im Hochsommer gegraben | | 0.649 | 0.3429 | 0.2884 |

Anmerkung: Bei Hyazinthus konnte die Oxalsäure nur einmal gefällt werden, da der zum zweitenmal gefällte Niederschlag sich schlecht absetzte und beim Auswaschen durchs Filter ging. Die für Hyazinthus angegebenen Oxalsäurewerte sind daher mit Sicherheit etwas zu hoch. Das letzere gilt in erhöhtem Grade auch für Gla-

diolus; hier enthielt das zur Wägung gebrachte Kalziumoxyd fremde Beimengungen; es war schmutzig gefärbt und hinterliess beim Übergiessen mit verdünnter Salzsäure einen unlöslichen Rückstand. Die eingepflanzten Arum-Knollen konnten leider nicht zum Treiben gebracht werden, sondern verfaulten bis auf wenige Ausnahmen.

Die jeweiligen Differenzen zwischen dem Oxalsäure- und Kalkgehalt vor und nach dem Austreiben sind, was ihre Grösse anbelangt, nicht sehr vielsagend. (Nur bei *Iris squalens* wurde einmal ein Unterschied von 1,426% im Oxalsäuregehalt festgestellt). Dagegen ist eine gewisse Regelmässigkeit von Interesse. Ein Blick auf die Tabelle zeigt sofort, dass der Oxalsäuregehalt nach dem Austreiben stets höher ist als der des ruhenden Rhizoms, und umgekehrt ist in der Spalte der Kalziumresultate eine Tendenz zum Abnehmen unverkennbar. In drei Fällen, bei *Iris squalens* und *Hyazinthus* wurde zwar in den kultivierten Rhizomen mehr Kalzium gefunden, dagegen sind, wie aus der Tabelle ersichtlich, die beiden Differenzen bei *Hyazinthus* so gering, dass der Kalkgehalt hier als konstant geblieben bezeichnet werden kann. Die Neubildung von Oxalsäure einerseits und der Verbrauch von Kalzium andererseits bewirkt eine Umkehrung des Verhältnisses zwischen Oxalsäure und Kalzium. Während vor dem Treiben ausser der dem gefundenen Oxalsäuregehalt äquivalenten Menge Kalzium noch wenig anders gebundenes Kalzium gefunden wurde, ist nach dem Treiben ein Überschuss von Oxalsäure zu verzeichnen. Eine Auflösung von oxalsaurem Kalk hat nicht stattgefunden, vielmehr gewinnt man aus den in der Tabelle zusammengestellten Zahlen die Anschauung, dass das beim Treiben verbrauchte Kalzium lediglich aus dem ursprünglich vorhandenen Kalküberschuss entnommen wurde. Das Treiben in kalkfreiem Boden hatte eine nennenswerte Mehrabnahme des Kalkgehaltes nicht zur Folge.

Um das Verhalten des korkumbüllten Kalziumoxalates auch unter vollkommen natürlichen Lebensbedingungen zu betrachten, analysierte ich die Rhizome von im Garten gewachsenen *Iris*-Pflanzen (*Iris squalens*) im März bei Beginn der neuen Vegetationsperiode und später im Mai als Blätter und Blütenstengel vorhanden waren. Ich kam zu folgenden Resultaten:

| | Trockensubstanzgehalt in Prozenten | C ₂ O ₄ H ₂ in Prozenten bezogen auf Trockensubstanz | Ca in Prozenten, bezogen auf Trockensubstanz | Theoretisch z. Binden d. gef. C ₂ O ₄ H ₂ erforderliches Ca |
|-------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Anfang März gegrabene Rhizome | 28,95 | 2.815 | 1.137 | 1.251 |
| Mitte Mai gegrabene Rhizome | 24,35 | 3.254 | 1.577 | 1.4462 |

Auf Frischgewicht bezogen berechnen sich für die im März gegrabenen Rhizome 0,8150 % Oxalsäure und 0,3292 % Kalzium, für die im Mai gegrabenen Rhizome 0,7923 % Oxalsäure und 0,3840 % Kalzium. Eine Auflösung von Kalziumoxalat hat auch hier nicht stattgefunden.

Beim Ausgraben der Rhizome von *Iris pseudacorus* hatte ich eine grössere Anzahl von Wurzelstöcken bekommen, welche, reich verzweigt, aus Dutzenden von zum Teil unter sich gleichalterigen Jahrestrieben bestanden. Es schien mir für die Beurteilung der Entstehungsweise und der physiologischen Bedeutung des Kalziumoxalates nicht uninteressant, die ältesten und die jüngsten Jahressprosse für sich auf ihren Oxalsäure- und Kalkgehalt zu untersuchen. Das *Iris pseudacorus*-Rhizom empfahl sich für diese Bestimmung auch noch dadurch, dass bei ihm die einzelnen Jahrestriebe durch tiefe Einschnürungen sehr scharf voneinander geschieden sind. Ich trennte also aus mehreren stark zusammengesetzten Wurzelstöcken als den ältesten den Hauptspross ab und ebenso die äussersten Jahrestriebe, welche im laufenden Jahre Blätter und Blütenstengel getragen hatten; alle in den dazwischen liegenden Jahren gebildeten Sprosse wurden weggeworfen. Es bestand zwischen den isolierten ältesten und jüngsten Rhizompartien ein Altersunterschied von vier bis sechs Jahren. Die jungen Triebe besaßen etwa die Grösse eines Taubeneies, eine hell gefärbte Korkschicht und eine hellbraune Schnittfläche, die alten Hauptspresse waren grösser, hatten einen dunklen Kork und waren innen dunkel rotbraun gefärbt. Von den meisten von ihnen war zu erwarten, dass sie die Vegetationsperiode des nächsten Jahres nicht mehr überdauern würden, einige zeigten bereits faule Stellen, welche sorgfältig ausgeschnitten wurden. Beim Trocknen ergaben die alten und jungen Jahrestriebe gleichen Prozentgehalt an Trocken-

substanz. Für Oxalsäure und Kalzium bestimmte ich folgende Werte.

| | $C_2O_4H_2$ in Prozenten bezogen auf Trockensubstanz | Ca in Prozenten bezogen auf Trockensubstanz | Theoretisch z. Bin- den der gef. $C_2O_4H_2$ erforderliches Ca |
|--------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Alte Hauptspresse | 2.909 | 1.523 | 1.293 |
| Junge Jahrestriebe | 2.341 | 0.8396 | 1.041 |

Das Analysenergebnis dürfte zu folgenden Behauptungen berechtigen:

1. Nahezu alles Kalziumoxalat entsteht in der Jugend des Rhizomes.
2. Es findet in der Folgezeit eine geringe Zunahme des Kalziumoxalatgehaltes statt, so dass die ältesten, dem Absterben nahestehenden Jahrestriebe die oxalatreichsten Partien des Rhizomes sind.
3. Die Bildung des oxalsauren Kalkes geht in der Weise vor sich, dass in kurzer Zeit grosse Mengen Oxalsäure produziert werden, und der zur Neutralisation notwendige Kalk nach und nach beschafft wird.

Ebenfalls zum Vergleich des Kalziumoxalatgehaltes verschieden-
alteriger Pflanzenteile wurden mir aus dem hiesigen botanischen
Garten Rhizome von *Montbretia crocosmiaeflora* zur Verfügung ge-
stellt. Dieselben bestanden aus drei bis vier übereinander orientierten,
um je ein Jahr im Alter differierenden Knollen, von denen die oberste
die jüngste, die unterste die älteste war. Ausserdem waren meist
noch an langen Ausläufern junge Knollen gebildet worden, welche mit
der obersten der übereinander orientierten Knollen gleichen Alters
waren. Es wurden von den einzelnen Rhizomsystemen jeweils die
älteste noch nicht in Fäulnis übergegangene Knolle und die einer
Jahresproduktion angehörigen jüngsten Knollen entnommen. Beide
Teile wurden für sich analysiert. Die Rhizome waren während der
Winterruhe ausgegraben worden, die einzelnen Knollen wurden zur
chemischen Untersuchung von den äusseren Schalen befreit. Die
Analyse ergab folgende Resultate:

| | Trockensub- stanzgehalt in Prozent | $C_2O_4H_2$ in Pro- zent bezogen auf Trocken- substanz | Ca in Prozenten bezogen auf Trockensubstanz | Theoretisch z. Binden d. gef. $C_2O_4H_2$ erforder- liches Ca |
|---------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Alte Knollen | 33.26 | 3.618 | 1.434 | 1.608 |
| Junge Knollen | 37.16 | 4.258 | 1.494 | 1.8925 |

Auffallend ist zunächst, dass in beiden Fällen der Kalkgehalt nicht ausreicht, die gefundene Oxalsäure zu binden, ferner ist aber der Befund der bei *Iris pseudacorus* gemachten Beobachtung insofern entgegengesetzt, als hier die jungen Knollen mehr Oxalsäure und Kalzium enthalten, als die alten Mutterknollen. Es berechnen sich auf 100 g Frischgewicht bei den alten Knollen 1,203 g Oxalsäure und 0,4769 g Kalzium, bei den jungen Knollen 1,582 g Oxalsäure und 0,5552 g Kalzium. Es muss aber auch in Anbetracht dessen, dass die jungen Knollen mit ganz wenigen Ausnahmen erst erbsengross waren, darauf Rücksicht genommen werden, dass mit der im Laufe der Zeit stattfindenden Substanzzunahme der Knollen eine Verminderung des Prozentgehaltes an Oxalsäure und Kalzium Hand in Hand geht. Das Analysenergebnis ist daher mit grosser Wahrscheinlichkeit nicht so zu deuten, dass die alten Mutterknollen Kalziumoxalat an die jüngeren Knollen abgeben, sondern so, dass in den neugebildeten Knöllchen das ganze in den bald der Verwesung anheimfallenden Mutterknollen sich vorfindende Kalziumoxalat schon zugegen ist. Die Differenz zwischen dem zur Neutralisation der gefundenen Oxalsäure erforderlichen und dem tatsächlich anwesenden Kalziumgehalt wurde übrigens auch in den jungen Montbretienknollen grösser gefunden, als in den alten.

Bei *Oenothera biennis* ergab die vergleichende Untersuchung verschiedenalteriger Wurzeln ein dem bei *Iris pseudacorus* gefundenen analoges Ergebnis. Die für die Wurzeln blühender Exemplare gültigen Zahlen sind bereits in der ersten Tabelle angegeben worden. Am 10. März ausgegrabene 10—20 cm lange Rüben von im zweiten Jahr stehenden Pflanzen, also von solchen, die im vergangenen Sommer nur eine Blattrosette entwickelt hatten, enthielten 2,901% Oxalsäure und 0,9546% Kalzium, während die für 2,901% Oxalsäure äquivalente Kalkmenge 1,2894% betragen hätte. Der Trockensubstanzgehalt der älteren und der jüngeren Wurzeln war der gleiche.

Die hauptsächlichsten Resultate der Arbeit seien zum Schlusse folgendermassen zusammengefasst:

1. Nach den mikroskopischen Untersuchungen, die ich an dem Rhizome von *Iris pseudacorus* gemacht habe, muss ich die in der Literatur verbreitete Angabe, dass die Kalziumoxalatprismen des officinellen *Iris*-Rhizoms in entsprechend langgestreckten Zellen liegen, verwerfen und die interzelluläre Lagerung besagter Kristalle für richtig erklären.

2. Die von einer Korklamelle umgebenen Kalziumoxalatkristalle aller Irideen sind interzellulär abgelagert.

3. Das Rhizom von *Iris pseudacorus* enthält sowohl korkumhüllte interzelluläre, als nicht korkumhüllte intrazelluläre Kalziumoxalatkrystalle.

4. Die Keimlinge von Raphidenpflanzen lassen in den aus der Samenschale herausgetretenen Teilen nach ca. 12 Stunden Oxalatkrystalle erkennen. Die Krystalle entstehen in embryonalen Zellen in unmittelbarer Nachbarschaft der Vegetationspunkte. Ältere Zellen werden nicht mehr von Raphiden besiedelt.

5. Die Entstehung der Raphiden an den Plasmabildungsstätten in einem durch seinen Reichtum an gelösten Kohlehydraten charakterisierten Gewebe ist eine gute Stütze für die Anschauung, dass die Eiweissstoffe aus Kohlehydraten unter Abscheidung von Oxalsäure gebildet werden.

6. Die Analyse kalziumoxalatführender Pflanzenteile ergibt nahezu äquivalente Mengen Oxalsäure und Kalzium. In der Regel ist alle vorhandene Oxalsäure an Kalzium gebunden und ein geringer Überschuss an Kalzium zu verzeichnen.

7. Beim Austreiben wird eine Umkehrung des Mengenverhältnisses zwischen Oxalsäure und Kalzium hervorgerufen durch Neubildung von Oxalsäure einerseits und Verbrauch des ursprünglichen Kalküberschusses andererseits.

8. Die Pflanzenteile besitzen in jugendlichem Alter bereits den Hauptanteil ihres endgültigen Oxalsäuregehaltes. Das zum Binden erforderliche Kalzium wird nach und nach herbeigeschafft.

9. In den Rhizomsystemen von *Iris pseudacorus* sind die ältesten, dem Absterben nahe stehenden Jahrestriebe die oxalatreichsten Partien des Rhizoms. Analoge Verhältnisse wurden bei *Oenothera biennis* gefunden. Diese Beobachtung kennzeichnet das Kalziumoxalat als ein Exkret der Pflanze.

10. Bei den angestellten Treibversuchen, die sich auf Irideen-Rhizome, Hyazinthen-Zwiebeln und *Oenothera*-Wurzeln erstreckten, konnte eine Auflösung von Kalziumoxalat nicht konstatiert werden, obwohl das Treiben in völliger Dunkelheit und zum Teil in kalkfreier Kultur erfolgte.

Literatur.

Holzner, G., Über die Krystalle in den Pflanzenzellen. Dissertation. München Flora 1864.

Vogl, A., Beiträge zur Kenntnis der Entstehung kristallinischer Bildungen im Inhalte der Pflanzenzelle. Aus den Verhandlungen der k. k. zoolog.-botan. Gesellschaft in Wien 1865.

- Hilgers, G.*, Über das Auftreten der Kristalle von oxalsaurem Kalk im Parenchym einiger Monokotylen. Dissertation. Jena 1866.
- Holzner, G.*, Über die physiologische Bedeutung des oxalsauren Kalkes. Flora 1867.
- Rosanoff, S.*, Über Kristalldrüsen in den Pflanzenzellen. Botanische Zeitung 1867. Nr. 6.
- Müller, J.*, Anatomie der Baumrinden. Berlin 1882.
- Dragendorff, G.*, Die qual. u. quant. Analyse von Pflanzen u. Pflanzenteilen. Göttingen 1882.
- Husemann, A., Hilger, A. u. Husemann, Th.*, Die Pflanzenstoffe. Berlin 1882.
- Flückiger, F. A.*, Pharmakognosie des Pflanzenreiches. Berlin 1883.
- Berthelot et André,* Sur l'acide oxalique dans la végétation. Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'académie des sciences. Tome CI 1885.
- Stahl, E.*, Über die biologische Bedeutung der Raphiden. Sitzungsber. für Naturw. u. Medizin. Jena 1886.
- Eiselen, Joh.*, Über den systematischen Wert der Raphiden in dikotylen Familien; aus den Sitzungsber. der Naturf. Ges. zu Halle 1887.
- Tschirch, A.*, Die Kalkoxalatkristalle in den Aleuronkörnern der Samen u. ihre Funktion. Botan. Zeitung 1887.
- Schimper, A. F. W.*, Über Kalkoxalatbildung in den Laubblättern. Botan. Zeitung 1888. Nr. 5.
- Traugott Müller,* Über den Einfluss des Ringelschnittes auf das Dickenwachstum u. die Stoffverteilung. Dissert. Halle 1888.
- Stahl, E.*, Pflanzen und Schnecken, eine biologische Studie über die Schutzmittel der Pflanzen gegen Schneckenfrass. Aus der Jenenser Zeitschrift für Naturw. u. Medizin XXII. N. F. XV. 1888.
- Währlich, H.*, Über Kalkoxalat in den Pflanzen. Dissertation Marburg. 1889.
- Tschirch, A.*, Angewandte Pflanzenanatomie. Wien, Leipzig 1889.
- Wehmer, C.*, Die Oxalatabscheidung im Verlauf der Sprossentwicklung von *Symphoricarpus racemosa*. Botan. Zeitung 1891. Nr. 10.
- Haberlandt, G.*, Physiologische Pflanzenanatomie. Leipzig 1896.
- Wittlin, Jak.*, Über die Bildung der Kalkoxalattaschen mit bes. Berücksichtigung offizineller Pflanzen. Botan. Zentralblatt 67. Bd. 1896.
- Kraus, Greg.*, Über das Verhalten des Kalziumoxalates beim Wachstum der Organe. Flora 83. Bd. 1897.
- Kohl, F. G.*, Untersuchungen über die Raphidenzellen. Botan. Zentralblatt LXXIX 1899.
- Tschirch, A. u. Oesterle, O.*, Anatomischer Atlas der Pharmakognosie u. Nahrungsmittelkunde. Leipzig 1900.
- Tschirch, A.*, Die Harze und Harzbehälter. Leipzig 1900.
- Rosenthaler, L.*, Grundzüge der chemischen Pflanzenuntersuchung. Berlin 1904.
- Massopust, B.*, Einige Fälle von Auflösung des Kalkoxalates im Marke. Sitzungsber. des deutschen nat.-med. Vereines für Böhmen „Lotos“ 1906. Nr. 7—8.
- Mikosch, C.*, Untersuchungen über die Entstehung des Kirschgummi. Sitzungsber. der kais. Wiener Akad. Naturw. Klasse CXV. Abt. I. 1906.
- Karsten, G. u. Oltmanns, F.*, Lehrbuch der Pharmakognosie. Jena 1909.

Über die physiologische Rolle von Kalk, Magnesia und Phosphorsäure im Kambium.

Von

Franz Wilhelm Sieber.

I. Historische Einleitung über die Bedeutung von Kalk und Magnesia.

Théod. de Saussure, der in seinem Werk: *Recherches chimiques sur la Végétation*¹⁾ den Grund für die Ernährungslehre der Pflanzen legte, war der Erste, der die Aschenbestandteile als Bausteine für den Pflanzenorganismus erkannte. Er widersprach²⁾ der Auffassung verschiedener Schriftsteller, dass die mineralischen Substanzen, welche man in den Vegetabilien findet, dort nur zufällig vorhanden und keineswegs für die Existenz notwendig seien, weil die Pflanzen selbige nur in äusserst geringer Menge enthielten. Davon ausgehend, dass der phosphorsaure Kalk für den Aufbau der Knochen durchaus nötig sei, wiewohl er nicht einmal den fünfhundertsten Teil des Gewichtes der Tiere ausmache, untersuchte er auch Pflanzen auf diesen Mineralstoff und fand ihn in allen Pflanzenaschen. Deshalb liege kein Grund vor zu behaupten, dass die Pflanze ohne phosphorsauren Kalk existieren könne.

Weiterhin³⁾ stellte dann *de Saussure* fest, dass die phosphorsauren Erden nach den alkalischen Salzen die reichlichsten Bestandteile der Asche grüner krautiger Gewächse sind, deren sämtliche Teile sich im lebenden und wachsenden Zustand befinden. Das Blatt eines

¹⁾ *De Saussure, Théod.*, *Recherches chimiques sur la Végétation*. A Paris, 1804. Chez la V^{ve} Nyon, Libraire.

²⁾ *De Saussure, Théod.*, l. c. § IV. *Considérations sur les substances salines ou minérales, qui entrent dans la composition des végétaux*. p. 261.

³⁾ *De Saussure*, l. c. § V. *Des phosphates terreux dans les cendres*. p. 292/293.

Baumes enthalte, wenn es aus der Knospe hervorbricht, eine an phosphorsauren Erden reichere Asche als in irgend einem späteren Lebensabschnitt. Die Asche des Splintes enthalte mehr phosphorsaure Erde als diejenige des Holzes oder der Rinde. Da man zur damaligen Zeit den heutigen Begriff von Kambium noch nicht kannte, so ist anzunehmen, dass seine Splintasche auch die Kambiumasche einschloss.

Nach *de Saussure's* Untersuchungsmethode¹⁾ wurden durch Ammoniak aus der salpetersauren, von Metalloxyden befreiten Aschenlösung die Phosphate der Erdalkalien gefällt und aus dem Filtrat durch Kochen mit Natronkarbonat die übrigen Erdalkalimetalle gefällt und die Quantität der beiden Niederschläge getrennt bestimmt. Eine Scheidung der Kalk- und Magnesiaverbindungen wurde nicht ausgeführt.

Fourcroy und *Vauquelin* hatten zuerst die phosphorsaure Magnesia in der Pflanzenasche entdeckt. Bei *Liebig*²⁾ finde ich die Angabe, dass in manchen Pflanzen die Alkalien ersetzbar sind durch Kalk und Bittererde, so sei ein Ersatz des Kalis durch Kalk bei dem Tabak und der Weinpflanze beobachtet worden. Dass der Kaligehalt der Pflanzen durch grosse Kalkmengen herabgesetzt wird, geht auch aus den Untersuchungen von *Fliche* und *Grandeau*³⁾ hervor, obwohl der betreffende Kalkboden nicht kaliärmer, sondern kalireicher war. Die zahlreich angestellten Versuche mit niederen und höheren Pflanzen ergaben, dass niedere Pilze und gewisse Grünalgen Kalzium entbehren können⁴⁾, für alle höheren Pflanzen sind

¹⁾ *De Saussure*, l. c. § XI. Détails sur les procédés employés pour l'analyse des cendres. p. 315/316.

²⁾ *Liebig*, J. v., Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie. I. Bd. p. 213. 8. Aufl. Braunschweig 1865.

³⁾ Nach *Schimper*, A. F. W., Pflanzengeographie. p. 109/110. Jena 1898. G. Fischer.

⁴⁾ *Molisch*, H., Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. in Wien. 1895. Bd. CIV. 1. Okt.

Benecke, W., Die Bedeutung des Kaliums und Magnesiums für Entwicklung und Wachstum des *Aspergillus niger* v. Th., sowie einiger anderer Pilzformen. Bot. Ztg. 1896. I. Abt. p. 97—132.

Vergl. auch *Richter*, O., Die Ernährung der Algen. p. 4. Leipzig 1911. W. Klinkhardt. Und die hier zusammengestellte Literatur.

Stahlecker, E., Untersuchungen über Thallusbildung und Thallusbau in ihren Beziehungen zum Substrat bei siliziseden Krustenflechten. Dissert. Würzburg 1905. p. 34, 37, 44. Stuttgart 1905. Klett u. Hartmann.

Kalzium- und Magnesium integrierende Bestandteile der lebenden Pflanzenzelle ¹⁾.

Unsere Kenntnisse über die Funktionen der Kalzium und Magnesiumverbindungen sind noch sehr mangelhaft. Der Zellkern und die Chlorophyllkörper sind nach Meinung *Loew's* wahrscheinlich aus Kalziumverbindungen von Nuklein bzw. Plastin aufgebaut. Die Magnesiaverbindungen sollen aber am Aufbau nur indirekt beteiligt sein und zwar als Phosphorsäure-Überträger. Inwieweit die *Löw'sche* Anschauung zutrifft, ist vorläufig nicht zu ermitteln. Nach meinen Untersuchungen wäre ich eher geneigt die Rollen zwischen Kalk und Magnesia der Ansicht *Loew's* umzutauschen. Eine Hauptfunktion wird dem Kalk bei der Bildung der Pflanzenbaustoffe für die Zellmembran zugeschrieben ²⁾. *Kohl* ³⁾ erkannte die Notwendigkeit des Kalkes beim Transport der Assimilationsprodukte und weist auf seine Teilnahme bei der Bildung von Polysacchariden und Eiweiss hin. Der Rohstoff für diese Bildungen sei eine organische Kalkverbindung, aus der Kalk in Form von Oxalat da frei werde, wo Zellulose, Stärke etc. sich im Stoffwechsel erzeuge.

¹⁾ *Benecke, W.*, l. c. p. 114. *Richter, O.*, l. c. p. 9. *Molisch, H.*, l. c.

Loew, O., Über die physiologischen Funktionen der Kalzium- und Magnesiumsalze im Pflanzenorganismus. *Flora* 1892. 75. Jahrg. p. 392.

— Über die Wirkung von Strontiumsalzen auf Algen. *Flora* 1911. N. Folge. 2. Bd. I. Heft. p. 96—112 und hier zitierte Autoren.

²⁾ *Raumer, E. v.* und *Kellermann, Ch.*, Über die Funktionen des Kalkes im Leben der Pflanze. *Landwirtsch. Versuchsstationen* 1880. Bd. 25. p. 32.

Raumer, E. v., Kalk und Magnesia in der Pflanze. *Landwirtsch. Versuchsstat.* XXIX 1883. Sonderabdruck.

Loew, O., Über die Wirkung von Strontiumsalzen auf Algen. *Flora* 1911. N. F. II. Bd. 1. Heft u. dortselbst zitierte Arbeit von *Molisch, H.*, *Wiener Akad. Berichte* 1895. Bd. CIV. 1. Okt.

Küster, E., *Pathologische Pflanzenanatomie.* Jena 1903. p. 46.

Hansteen, B., Über das Verhalten der Kulturpflanzen zu den Bodensalzen. *Jahrb. f. wiss. Bot.* 1910. XLVII. p. 289—376.

Euler, H., *Grundlagen und Ergebnisse der Pflanzenchemie.* II. Teil. p. 62 und 152. Braunschweig 1909. Vieweg u. Sohn.

³⁾ *Kohl, Fr. G.*, Kalksalze und Kieselsäure in der Pflanze. p. 42—43. Marburg 1889.

Vergl. auch *Boehm, J.*, Über den vegetabilischen Nährwert der Kalksalze. *Sitzungsber. d. K. Akad. d. Wiss. in Wien. Math.-naturw. Klasse. I. Abt.* 1875. Bd. LXXI. Aprilheft. p. 15. Vergl. auch *Loew, O.*, Über die physiologischen Funktionen der Kalzium- und Magnesiumsalze im Pflanzenorganismus. *Flora* 1892. 75. Jahrg. p. 372.

Einen sicheren Anhaltspunkt bieten auch die Arbeiten *Willstätters*¹⁾, der den Nachweis erbrachte, dass im Chlorophyllfarbstoff weder Eisen noch Phosphor, aber Magnesium enthalten ist. *Gautier*²⁾ hatte schon 1877 angegeben, dass das reine Chlorophyll frei von Eisen ist und Magnesium einschliesst.

In den Aschen aller Pflanzenorgane ist Kalzium und Magnesium vertreten, in den älteren Teilen der Pflanze gewöhnlich mehr Kalk als Magnesia, in den jugendlichen Teilen herrscht nach den bisher bekannten Untersuchungen Magnesia vor. Obwohl die Verteilung in den Organen verschiedener Pflanzen mitunter grössten Schwankungen unterliegt, haben die Aschenanalysen doch gewisse Gesetzmässigkeiten zutage gebracht³⁾. Diese Gesetzmässigkeiten sind im allgemeinen folgende: Der kalkreichste Teil ist die ältere Baumrinde, die durchschnittlich 70—80% Kalk in der Asche enthält, in jungen Zweigrinden nur ungefähr 40%. Man beobachtet ein Ansteigen des Kalkgehaltes mit dem Alter. In jungen Zweigen treten in der Vegetationszeit von Mai bis September starke Kalksteigungen auf.

Die Holzasche enthält 60—80% Kalk. Das ältere Holz, das Kernholz, ist kalkreicher als das Splintholz. Der Kalkgehalt der Blätter schwankt gewöhnlich zwischen 20—40% der Asche, steigend mit dem Alter, in seltenen Fällen wird er vom Magnesiumgehalt übertroffen. Im Nährgewebe des Samens tritt der Kalkgehalt fast regelmässig hinter den der Magnesia und beträgt nur 2—10% der Reinasche.

In unterirdischen Reservestoffbehältern schwankt der Kalkgehalt sehr stark, nach *Czapek* beträgt er jedoch in reifen typischen Behältern ähnlich wie im Samennährgewebe meist unter 10% der Reinasche.

Im Vegetationskegel sind die Kalkmengen oft verschwindend klein.

¹⁾ *Willstätter, R.*, Chlorophyll und wichtigste Abbauprodukte. Handbuch der biochemischen Arbeitsmethoden. Herausgegeben von *Abderhalden, E.* II. Bd. 2. Hälfte. Berlin 1910. Urban u. Schwarzenberg.

Vergl. auch *Czapek, Fr.*, Neuere Literatur über das Chlorophyll. Zeitschr. f. Botanik. 3. Jahrb. 1. Heft. 1911. p. 43—54.

²⁾ *Gautier, A.*, Sur les chlorophylles cristallisées. Bull. Soc. chim. France. 1909. 4e série V—VI. p. 319—320. Ref. Bot. Zentralbl. 1911. Bd. 116. Nr. 17. p. 457.

³⁾ Ausführlich besprochen bei *Czapek, Fr.*, Biochemie der Pflanzen. II. Bd. Jena 1905. G. Fischer. In den Kapiteln: Mineralstoffwechsel von Samen, p. 732 bis 752; der Mineralstoffwechsel von unterirdischen Reservestoffbehältern, p. 752 bis 759; die Mineralstoffe des Holzes, p. 761—774; die Aschenstoffe in der Rinde der Holzgewächse, p. 774—781; der Mineralstoffwechsel der Laubblätter, 781—808. Folgende Daten sind grösstenteils daraus entnommen.

Magnesia ist am höchsten im Samennährgewebe vertreten, und fast in gleichem Masse in den meristematischen Geweben.

Der Gehalt schwankt in der Reinasche des Nährgewebes im allgemeinen zwischen 8 und 12%. In einer Zusammenstellung weist *Czapek* darauf hin, dass die fettspeichernden Samen durchschnittlich mehr Magnesia enthalten als die Stärke und Zellulose speichernden Samen.

In unterirdischen Reservestoffbehältern ist der Magnesiagehalt relativ niedriger, er beträgt 3—6%, selten über 10% der Reinasche. Die Blätteraschen enthalten in der Regel 3—8% Magnesia, mitunter aber auch bedeutend mehr, so dass sie den Kalk übertreffen kann.

Im allgemeinen ist jedoch konstatiert, dass in kalkarmen oder kieselsäurereichen Blättern — wie beispielsweise bei den Gramineen — auch wenig Magnesium enthalten ist. In der Zeit lebhaftester Assimilation findet ein Ansteigen des Magnesiumgehaltes in den Blättern statt.

Die Holzasche enthält ungefähr 5—10% Magnesia, mitunter auch mehr. Mit seltener Ausnahme konnte keine regelmässig unterschiedliche Verteilung im Kern- und Splintholz festgestellt werden.

In der Asche älterer Baumrinden ist der Gehalt an Magnesia am geringsten, er beträgt 2—5% und häufig noch weniger, ausnahmsweise aber auch mehr. In jüngeren Rinden findet man merklich mehr Magnesium.

Aus den vorstehenden Hauptsätzen über die Verteilung von Kalzium und Magnesium lassen sich keine wichtigen Schlüsse auf die Beteiligung der Erdalkalimetalle am lebendigen Getriebe des Pflanzenorganismus ableiten.

Wo man sehr grosse Kalziummengen antrifft, sind Kalziumverbindungen in mehr oder weniger unlöslicher Form abgelagert und dadurch seine Wirksamkeit in Frage gestellt.

Magnesiaausscheidungen werden nicht so allgemein beobachtet. Man ist geneigt anzunehmen, dass der Magnesia eine grössere physiologische Bedeutung zukomme, als dem Kalk, weil es tatsächlich Organismen gibt, die ohne Kalk vegetieren können. Aber kein einziger Fall ist einwandfrei festgestellt, in welchem eine Pflanze ohne Magnesia existieren kann. Wir sehen auch, dass in den jugendlichen Geweben der Kalk weiter hinter der Magnesia zurücksteht. Doch wäre falsch, anzunehmen, dass Kalziumverbindungen gänzlich in Vegetationskegeln und Kambien fehlen könne. Einen Hauptstützpunkt

für diese Annahme in der Literatur bieten die Untersuchungen *Schimper's*¹⁾. Diese verdienen deshalb noch eine besondere Kritik. Es gelang *Schimper* auf mikrochemischem Wege in den Zellen der Meristeme der Nachweis von Kalium und Magnesium, nicht aber von Kalzium, weder im Vegetationskegel noch im Kambium. Er bezeichnet zwar selbst die mikrochemischen Methoden noch als unvollkommen. In der Kambiumasche erhielt *Schimper* denn auch eine ganz schwache Kalkreaktion.

Auf Grund seiner Befunde gelangte *Schimper* zu der Ansicht, dass Kalksalze nur ausserhalb der Urmeristeme unbedingt nötig seien.

Auch in Blattmesophyllzellen fand er zwar sehr reichlich Magnesium und Kalium, aber häufig kein Kalzium, es sei denn, dass Kalziumoxalat vorhanden war. Nur Spuren von Kalzium konnte er im Siebröhrensaft der Cucurbitaceen nachweisen, aber wieder reichlich Kali und Magnesia und in der Asche ausserordentlich viel Phosphorsäure. In der Bildung von Kalkoxalat erblickte darum *Schimper* die einzig notwendige Spezialfunktion des Kalziums. Dem steht aber entgegen, dass auch solche Pflanzen des Kalziums nicht entraten können, welche kein Kalziumoxalat bilden. Es liegen darin also schon zwingende Gründe für die Annahme, dass die Funktionen des Kalkes mit der Neutralisation der Oxalsäure nicht erschöpft sind. Es sind denn auch eine Reihe Tatsachen bekannt, die mit der Ansicht *Schimper's* nicht in Einklang stehen. *G. Wunder*²⁾ fand in Reinaschen der Radikula und Plumula von Turnips, dessen Samen man auf Gaze unter Bespritzen mit destilliertem Wasser keimen liess, Kalk in beträchtlicher Menge, ebenso konnte auch ich in der Asche der Radikulaspitzen von *Vicia Faba*, ferner in der Kambiumasche von *Aesculus Hippocastanum* u. a. Kalk nachweisen. Es muss aber besonders beachtet werden, dass *Schimper* dicht unterhalb des Scheitelmeristems Kalkphosphat und Kalkoxalat reichlich gefunden hat, also in Teilen, die bei makrochemischen Untersuchungen als Bestandteile des Vegetationskegels mit verascht werden. Die Methoden zum intravitalen Nachweis des Kalziums sind noch unzureichend. Durch einen negativen Befund ist das Fehlen von Kalzium in komplexen Verbindungen der lebenden Substanz noch nicht erwiesen.

Die Bedeutung von Kalk und Magnesia im Pflanzenleben habe ich in vorliegenden Untersuchungen über das Kambium zu erforschen versucht.

¹⁾ *Schimper, A. F. W.*, Zur Frage der Assimilation der Mineralsalze durch die grüne Pflanze. Flora 1890. p. 207—261.

²⁾ *Wunder, G.*, zitiert bei *Wolff, E.*, Aschenanalysen von landwirtschaftlichen Produkten. p. 93. Berlin 1871. Wiegandt u. Hempel.

II. Bisherige Kenntnis von Chemie und Tätigkeit des Kambiums.

Über chemische Untersuchungen des Kambiums dikotyler Bäume findet man in der Literatur nur äusserst spärliche Angaben, obwohl keine andere Gewebezone zum Studium über die physiologischen Funktionen der Mineralstoffe so geeignet zu sein scheint als das Kambium, denn es ist wie der Vegetationskegel ein jugendliches plasmavolles Gewebe, in dem Exkrete nicht vorhanden sind. Man ist wohl zu der Annahme berechtigt, dass zur Zeit der Tätigkeit des Kambiums andere als unbedingt notwendige, physiologisch eingreifende Elementarstoffe nicht gegenwärtig sind und jeweils in einem der Produktion entsprechenden Mengenverhältnis.

Die Frage, ob die periodisch verschiedenartige Produktion des Kambiumringes, die Bildung von „Frühholz, Folgeholz, Spätholz“ einerseits, die Bildung der Siebelemente und Bastelemente andererseits, unter dem Einfluss einer qualitativ und quantitativ wechselnden Ernährung des Kambiums erfolgt, ist noch immer unentschieden. Über die Beteiligung der Mineralstoffe am Dickenwachstum weiss man so gut wie nichts. Es fehlt an festen Grundlagen, an Analysen der Aschebestandteile des Kambiums. Ob die Aschenzusammensetzung in den Perioden des Dickenwachstums qualitativ wie quantitativ verschieden ist, ist unbekannt. Von einer besseren und zeitweise schlechteren Ernährung des Kambiums sprachen zwar *R. Hartig*¹⁾ und *Wieler*²⁾ und versuchten durch eine Ernährungstheorie die Jahrringbildung zu erklären.

¹⁾ *Hartig, R.*, Untersuchungen aus dem forstbotanischen Institut zu München. I. p. 1880. p. 148—149.

— *Das Holz der deutschen Nadelwaldbäume.* 1885. p. 34. Berlin. J. Springer.

— *Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Pflanzen unter besonderer Berücksichtigung der Forstgewächse.* p. 282. Berlin 1891. J. Springer.

²⁾ *Wieler, A.*, Analysen der Jungholzregion von *Pinus sylvestris* und *Salix pentandra* nebst einem Beitrag zur Methodik der Pflanzenanalyse. Landwirtsch. Versuchsstationen 1885. Bd. 32. p. 328 u. 332. S.-Abdr.

— *Beiträge zur Kenntnis der Jahresringbildung und des Dickenwachstums.* Jahrbücher f. wiss. Bot. 1887. 18. Bd. p. 125—132.

— *Über Beziehungen zwischen dem sekundären Dickenwachstum und den Ernährungsverhältnissen der Bäume.* Sonderabdruck aus *Tharander*, forstl. Jahrbuch 1892. Bd. 42. p. 69, 76—85 u. 145. Dresden. G. Schönfeld.

Vergl. auch *Jost, L.*, *Über Dickenwachstum und Jahresringbildung.* Sep.-Abdr. aus der Bot. Ztg. 1891. Nr. 30—38. p. 2, 25. u. ff.

Jost, L., *Über R. Hartig's Theorie des Dickenwachstums und der Jahrringbildung.* Sep.-Abdr. aus der Bot. Ztg. 1892. Nr. 30—31.

R. Hartig bezeichnet das Herbstholz für das durch bessere Kambiumernährung gebildete, *Wieler* gelangte zu entgegengesetzter Ansicht, indem er sagte, dass ungünstige Ernährung des Kambiums eine Produktion von Herbstholzelementen bedinge. Die Streckung der Zellen wäre in hohem Masse abhängig von dem Wassergehalt des Kambiums, der vermutlich im Frühjahr am höchsten sei.

Aus seinen Analysen geht auch hervor, dass der Wassergehalt der Jungholzregion von *Pinus* und *Salix* im Herbst geringer ist als im Frühling.

Lutz und *Strassburger*¹⁾ sind der Ansicht, dass die Natur der jeweiligen Kambiumprodukte von der Wasserversorgung abhängt. Analytische Belege wurden dazu nicht erbracht.

Dass die anorganischen Nährstoffe einen Einfluss auf die Streckungsverhältnisse der Kambiumzellen ausüben, mutmasst *Wieler*²⁾, der einige Kulturversuche anstellte, die aber nicht ganz einwurfsfrei ausfielen, wie *Wieler* selbst zufügt: „Am klarsten waren noch die Ergebnisse mit den Kulturen, in welchen die Phosphorsäure ausgeschlossen war, als sie mit in normaler Nährlösung gezogenen Pflanzen verglichen wurden, besonders für *Urtica dioica*. — Die Pflanzen blieben sehr niedrig und schwächlich, entwickelten aber eine auffallend lange Wurzel, gleichsam als wenn sie nach den nötigen Nährstoffen suchten. Der Stengelquerschnitt war natürlich sehr klein, der grösste Durchmesser des Holzkörpers betrug etwa $\frac{2}{3}$ mm. In analoger Weise wie bei Zwergexemplaren war mit der Verminderung der gesamten Holzmasse die radiale Streckung der Elementarorgane gegenüber den Exemplaren aus normaler Wasserkultur bedeutend herabgesetzt“³⁾.

Die ersten analytischen Angaben über Mineralbestandteile des Kambiums machte *Th. Hartig*⁴⁾ — wenn man von den unsicheren Angaben bei *Saussure* absieht —, indem er über Vorkommen von Ma-

1) *Lutz*, Beiträge zur wissenschaftl. Botanik. Herausgegeben von *Fünfstück* I, 1. Stuttgart 1895.

Strassburger, E., Über den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen in den Pflanzen. p. 948 u. ff. Jena 1891. G. Fischer. Zitiert nach *Büsgen*, M., Bau und Leben unserer Waldbäume. p. 105—107. Jena 1897.

2) *Wieler*, A., Über Beziehungen zwischen dem sekundären Dickenwachstum und den Ernährungsverhältnissen der Bäume. p. 85—87. Sonderabdruck aus *Tharander forstliches Jahrbuch*. 1892. Bd. 42. Dresden, G. Schönfeld.

3) *Wieler*, A., l. c. p. 87.

4) *Hartig*, Th., Über die Bewegung des Saftes in den Holzpflanzen. Bot. Ztg. 1861. Bd. XIX. p. 19.

gnesiumphosphat in den Kambialsäften der Bäume berichtet und im Anschluss daran schreibt¹⁾: „Es war mir bei diesen Untersuchungen besonders auffallend, dass auch auf kalkreichem, an Magnesia und Phosphorsäure armem Boden, die Magnesia nie durch Kalk vertreten war, von dem im Saft keine Spur sich nachweisen liess.“

In den Kambialsäften von Eiche, Pappel und Koniferen fand *Hartig* im Frühjahr²⁾:

| | Eiche | Pappel | Koniferen |
|--------------------------|------------|--------|-----------|
| Asche | (0,9) 0,52 | 0,5 | 0,5—0,7 |
| Phosphorsaure Bittererde | 0,17 | 0,26 | 0,1—0,2 |

Ich finde bei *Ebermayer*³⁾ eine Angabe, dass in den jüngeren Teilen der Bäume, in den Wurzelspitzen in den jungen Zweigen, in der Bastchichte und im Kambium, im jüngsten Holz der Phosphorsäuregehalt prozentisch stets grösser ist, als in den älteren Geweben. „Im Stammholz nimmt der Phosphorsäuregehalt vom Kern gegen die jüngeren Teile (Splint und Kambium) zu, ebenso ist in der Rinde eine Zunahme von der älteren Borke nach den jüngeren Rindenschichten bemerkbar“⁴⁾. Das Kambium ist demnach der phosphorreichste Teil im Stamm.

Oben habe ich schon erwähnt, dass *Schimper*⁵⁾ auf mikrochemischem Wege im lebenden Kambium Kalk nicht nachweisen konnte, er fand aber in der Asche von Aesculus-Kambium Spuren davon. Andere Daten über Mineralstoffe im Kambium konnte ich nicht finden.

¹⁾ *Hartig, Th.*, Anatomie und Physiologie der Holzpflanzen. p. 134. Berlin 1878. J. Springer.

²⁾ *Hartig, Th.*, Über die Bewegung des Saftes in den Holzpflanzen. Bot. Ztg. 1861. p. 19.

— Über den Zucker und über einen dem Salizin ähnlichen Körper aus den Kambialsäften der Nadelhölzer. XXI. Bd. Bot. Ztg. p. 414.

Vergl. auch *Wieler, A.*, Beiträge zur Kenntnis des Jahresringes und des Dickenwachstums. Jahrb. f. wiss. Bot. 1887. 18. Bd. p. 128/129.

³⁾ *Ebermayer, E.*, Physiologische Chemie der Pflanzen. I. Bd. p. 800. Berlin 1882. J. Springer.

⁴⁾ *Ebermayer, E.*, l. c. p. 805.

⁵⁾ *Schimper, A. F. W.*, Zur Frage der Assimilation der Mineralsalze durch die grüne Pflanze. † Flora 1890. 73. Jahrg. p. 228.

Wenn ich nun in der Absicht, einen Beitrag zur Physiologie des Kalkes und der Magnesia zu liefern, meine Untersuchungen mit dem Kambium dikotyler Bäume anstelle, so tue ich das in der Hoffnung, damit auch einen Beitrag über die Kambiumtätigkeit, das Dickenwachstum liefern zu können. Und wenn ich ausführlich auch unser Wissen über die Tätigkeit des Kambiums bringe, so geschieht das aus dem Grunde, weil vielleicht der Leser meiner Untersuchungen da und dort noch Beziehungen zwischen Chemie und Leben unseres Gewebes findet, die mir entgangen sein könnten. Die Verhältnisse, unter denen die Jahrringbildung im Kambium zustande kommt, sind noch sehr unklar.

Wie die Vegetationskegel durch Zellteilungen den Ausgangspunkt für das Spitzen- oder Längenwachstum bilden, so erfolgt durch Zellteilungen im Kambium das Dickenwachstum.

Die Zellteilungen im Vegetationskegel erfolgen nur in einer Richtung. Durch diese einseitige Tätigkeit bleibt der Vegetationspunkt stets an der äussersten Spitze der Pflanze.

Aus seiner Zellvermehrung differenzieren sich durch allmählichen Übergang in den Dauerzustand die primären Gewebearten.

In den kollateralen Gefässbündeln eines derartigen primären Baues der dikotylen Sprosse verbleibt zwischen dem Vasal- und Cribralteil eine Gewebezone im embryonalen Zustand, behält mithin die Neuzellbildungsfähigkeit. Diese interkalar urmeristematische Zone ist das Faszikularkambium. Erst sekundär bildet sich zwischen den kreisförmig im Stamme angeordneten Gefässbündeln, in den primären Markstrahlen, durch tangentielle Zellteilung ein neues, Interfaszikularkambium genanntes Folgmeristem.

Aus Faszikular- und Interfaszikularkambium kombiniert sich ein ringförmiges Kambium, von *Th. Hartig*¹⁾ kambiales Zellgewebe, von *Schacht*¹⁾ ursprünglich Verdickungsring²⁾ genannt.

Durch tangentielle Teilung der Kambiumzellen werden neue Zelllagen nach einer, gewöhnlich nach zwei Seiten hin angelegt. Nach *Schoute*³⁾ heissen die einseitig tätigen Kambien monopleurische, die

¹⁾ *Hartig, Th.*, Anatomie und Physiologie der Holzpflanzen. p. 150. Berlin 1878. J. Springer.

²⁾ Vergl. hierüber auch *Haberlandt, G.*, Physiologische Pflanzenanatomie. 3. Aufl. p. 562. Leipzig 1904. W. Engelmann.

³⁾ Zitiert nach *Strassburger, E., Jost, L., Schenk, H., Karsten, G.*, Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. 10. Aufl. Literaturnachweis. p. 607. Jena 1910. G. Fischer.

zweiseitig tätigen dipleurische. Aus der Zellvermehrung des Kambiums resultiert durch sekundäres Gewebe das Dickenwachstum.

Nach der Innenseite des Kambiumringes werden die Elemente des Holzes gebildet, nach der Aussenseite die Elemente der sekundären Rinde.

Wenn infolge Zunahme des Holzzylinders die tangentiale Streckung der Kambiumzellen ihre Grenze erreicht hat, kommen zur notwendigen Erweiterung des Kambiumringes auch radiale Teilungen im Kambium vor.

Mit der Erforschung der bei der Bildung von Holz- und Bastteil sich abspielenden Teilungsvorgängen beschäftigten sich vornehmlich *Th. Hartig*, *Sanio*, *Raatz* und *Schoute*.

*Th. Hartig*¹⁾ hatte die Auffassung, dass in jeder Radialreihe des Kambiums zwei Mutterzellen existierten, die gewissermassen mit dem Rücken aneinander gelagert, die eine neuen Holzteil, die andere neuen Bastteil bilde. Man könnte danach wohl die Berührungsschicht dieser beiden Mutterzellen als die indifferente Grenzzone zwischen Holz- und Bastteil ansehen. Entgegen der Auffassung *Hartig's* kam *Sanio*²⁾ zu dem Ergebnis, dass jede Bast- und Holzreihe nur eine gemeinsame Mutterzelle, eine Initiale besitze und stellte als Hauptgesetz der Zellbildung im Kambium folgendes auf: „Von den beiden, durch tangentialer Teilung der Kambiummutterzelle entstandenen Tochterzellen, verbleibt entweder die obere als Kambiummutterzelle, während die untere, sich noch einmal tangential teilend, als Zwilling zum Holze übertritt, oder es verbleibt von den beiden durch Teilung der Kambiummutterzelle entstandenen Tochterzellen die untere als Kambiummutterzelle, während sich die obere noch einmal teilt und als Zwilling zum Baste übertritt. Indem beide Fälle

¹⁾ *Hartig, Th.*, Über die Entwicklung des Jahresringes der Holzpflanzen. Bot. Ztg. 1853. XI. Jahrg. p. 572.

²⁾ *Sanio, K.*, Anatomie der gemeinen Kiefer (*Pinus silvestris* L.). Sd.-Abdr. aus Jahrb. f. wiss. Bot. 1872. IX. Bd. p. 57, 58. In dieser Abhandlung, ein Kapitel: Entwicklungsgeschichte der Holzzellen (p. 50). Hierin ist die älteste Literatur über das Kambium angegeben: *Mohl*, *Unger*, *Naegele*, *Schacht*. Diese stellen fest — nachdem man erkannt hatte, dass das Kambium nicht eine schleimige, unorganische Masse ist, wie man früher annahm, es vielmehr aus einem zarten, reich mit eiweissartigen Verbindungen erfüllten Gewebe bestehe —, dass hier, wie anderweitig im geschlossenen Gewebe, die Zellen durch Teilung von Mutterzellen entstehen.

miteinander abwechseln, entstehen nach aussen Zellzwillinge für den Bast, nach innen für das Holz¹⁾.

Diese „Initialtheorie“ stellte *Sanio* für das Koniferenkambium auf. *Raatz*²⁾ stellte sich nicht in allen Punkten auf den Standpunkt *Sanio*'s. Dass es in jeder Kambiumradialreihe nur eine Kambiummutterzelle gibt, ist zwar auch seine Auffassung. Der Unterschied gegen die Tochterzellen sei aber nur ihre lokal bevorzugte Stellung im „Wendekreis“, wodurch sie unbegrenzt teilungsfähig bleibe, aber an Wachstumsintensität zeichne sie sich nicht vor den Tochterzellen aus. Die Teilungsfähigkeit der Tochterzellen sei zunächst ebenso gross; nach den Rändern des Kambiums nehme sie allmählich ab. Auf der Xylemseite erfolge die Teilung etwas schneller als auf der Phloemseite. Die Initialtheorie habe keine Erklärung für den notorischen Mehrzuwachs an Holz.

*Schoute*³⁾, der Untersuchungen darüber anstellte, ob und inwieweit die *Sanio*'sche Initialtheorie auch für die Dikotylenkambien in Anwendung gebracht werden könnte, kam zu dem Schluss, dass die *Sanio*'sche Theorie, welche das Hauptmerkmal des Kambiums in dem Besitz der Initialien suche, nicht ganz zutreffend sei, weil die Initialien im Kambium öfters fehlten. Bei den Dikotylen fehlten sie nur in den jugendlichen Stadien einiger Stammeskambien und bei einigen Korken. Falls eine Zellausbildung an beiden Seiten des Kambiums sattfinde, würde das Kambium fortwährend neu gebildet von den Deszendenten einer einzigen Zellschicht; in diesem Falle hätten wir also ein Initialienkambium. Wenn aber nur an einer Seite Zellausbildung erfolge, könne auch der Fall vorkommen, dass der „Verbrauch“ an Zellen die „Produktion“ an Schnelligkeit übertreffe. In diesem Falle beteiligten sich mehrere primäre Zellschichten an dem Aufbau des Kambiums, es bestehe dann keine kontinuierliche radiale Anordnung der Elemente. *Schoute* nennt dies Kambium ein Etagen-kambium. Der von dem Kambium im Laufe einer Vegetationsperiode angelegte Holzkörper zeigt einen verschiedenartigen Bau; nicht immer und nicht so auffallend verschieden ist der Bau des Bastteiles. Welches die Ursachen sind, unter denen die Jahrringbildung erfolgt,

1) *Sanio*, K., l. c. p. 60.

2) *Raatz*, W., Die Stabbildung im sekundären Holzkörper der Bäume und die Initialtheorie. Sep.-Abdr. aus *Pringsheim's* Jahrbüchern f. wiss. Bot. Bd. XXIII. Heft 4. p. 606, 612, 620.

3) *Schoute*, J. C., Über Teilungsvorgänge im Kambium. Verhandelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. 1902. Tweede Sectie. Deel IX. Nr. 4. p. 20, 54, 55.

ist noch ungeklärt. Die bisher aufgestellten Theorien, haben sich entweder als nicht richtig erwiesen, oder als unzulänglich. Die Mehrzahl der dikotylen Bäume auch der Nadelhölzer bilden im Frühling viel dünnwandigere Elemente als im Spätsommer. Bei einer grossen Anzahl Bäume treten im Frühjahr andere Elemente im Holzkörper auf als im Spätjahr. So fällt in den Beginn der Vegetationsperiode die Bildung grosslumiger Gefässe in meist grösserer Menge, anschliessend treten Gefässe mit engerem Lumen und spärlicher auf. Am Schluss der Vegetationsperiode werden in vielen Fällen nur noch Faser gebildet. Die Versuche diese Erscheinungen entwickelungsmechanisch zu erklären, führten zu keinem endgültigen Erfolg. Die schon von *Kraus* (Bot. Ztg. 1867 Sp. 141) angedeutete Möglichkeit einer Wirkung des Rindendrucks wurde seiner Zeit von *Sachs*¹⁾ und *de Vries* aufgenommen²⁾.

*Krabbe*³⁾ zeigte nun, dass eine fortgesetzte Steigerung des Rindendruckes vom Frühjahr zum Sommer nicht existiere oder so gering sei, dass von einem Einfluss auf die Kambiumtätigkeit und die Grösse der Holzelemente nicht gesprochen werden könne. Durch künstlich erzeugten Rindendruck von 3—5 Atmosphären konnte *Krabbe*⁴⁾ zwar das Dickenwachstum beeinträchtigen und die Zellen abplatteln, konstantierte aber, dass der natürliche Rindendruck nicht annähernd solchen Atmosphärendruck besitze. Die Wachstumskraft liegt aber zwischen 8 bis 15 Atmosphären⁵⁾. Durch Einschneiden in

¹⁾ *Sachs, J.*, Lehrbuch der Botanik. 2. Aufl. p. 541, Anm. Leipzig 1870. W. Engelmann.

²⁾ *De Vries, H.*, Über den Einfluss des Druckes auf die Ausbildung des Herbstholzes. Flora 1872. p. 241.

— Über den Einfluss des Rindendruckes auf den anatomischen Bau des Holzes. Vorläuf. Mitt. Separat-Abdr. aus Flora 1875. Nr. 7. 6 pp.

— Über Wundholz. Separat-Abdr. aus Flora 1876. p. 58. Regensburg 1876. F. Huber.

³⁾ *Krabbe, G.*, Über die Beziehungen der Rindenspannung zur Bildung der Jahrringe und zur Ablenkung der Markstrahlen. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. zu Berlin LI. 1882. p. 1093. Vergl. auch: *Wieler, A.*, Beiträge zur Kenntnis der Jahresringbildung und des Dickenwachstums. Jahrb. f. wiss. Bot. 1887. Bd. 18. p. 74. *Büsgen, M.*, Bau und Leben unsererer Waldbäume. p. 103—107. Jena 1897. *Strassburger, E.*, Über den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen in den Pflanzen. p. 945—957 und hier angegebene Literatur.

⁴⁾ *Krabbe, G.*, Über das Wachstum des Verdickungsringes und der jungen Holzzellen in seiner Abhängigkeit von Druckwirkungen. Abh. d. Kgl. Akad. d. Wiss. zu Berlin 1884.

⁵⁾ *Wieler, A.*, l. c. p. 75.

die Rinde, also durch Verminderung des Rindendruckes erzielte *Krabbe*¹⁾ sogar eine vorübergehende Bildung von Herbstholz. *Russow*²⁾ suchte eine Erklärung der Jahrringbildung mit Hilfe des Turgors. Er geht von der Annahme aus, dass der Turgor im Anfang der Vegetationsperiode am grössten sei, das spreche sich deutlich in der beträchtlichen und raschen Streckung der radialen Zellwände aus, bei den Laubhölzern ausserdem in der Bildung der zahlreichen und weitlichtigen Gefässe. Dieser starke Turgor liefere die Kraft, durch welche die Spannung der Rinde überwunden, die äusseren, älteren Rindenteile gesprengt würden, denn gewiss sei zu Anfang der Vegetationsperiode die Rinde nicht weiter als am Schluss der vorhergehenden. Zur Zeit der Herbstholzbildung vermindere sich der Turgor infolge verringerter Zufuhr wasseranziehender Substanz. Die Richtigkeit dieser Annahme könne natürlich erst durch die chemische Untersuchung des Inhaltes der Jungholzzellen zu verschiedenen Zeiten der Vegetationsperiode dargetan oder widerlegt werden³⁾. *Kny*⁴⁾ untersuchte das Holz von *Tilia parvifolia*, welche Bäumchen durch Raupenfrass gegen Ende Juni vollkommen entlaubt waren und dann aus einer oder mehreren am Ende der Frühlings sprosse gelegenen Knospen neue Blätter entwickelt hatten. Hierdurch hatte sich im Jahrringe eine Grenzlinie aus gefässfreien, radial zusammengedrückten Zellen gebildet, von gleicher Beschaffenheit also wie Herbstholz. „Ganz wie bei der normalen Jahresgrenze, war auch hier der Übergang von der inneren Seite des Holzkörpers gegen die Grenzlinie hin ein allmählicher, von dieser nach aussen hin ein unvermittelter.“

Im Anschluss an den Befund sagt *Kny*⁵⁾: „Die Frage, ob es möglich sei, durch plötzliche Unterbrechung der Zufuhr assimilierter Substanzen mehr als einen scharf abgegrenzten Holzring im Laufe einer Vegetationsperiode zu erzeugen, findet also nach Obigem eine

¹⁾ *Krabbe, G.*, l. c. p. 74.

²⁾ *Russow, E.*, Über die Entwicklung des Hoftüpfels, der Membran der Holzzellen und des Jahrringes bei den Abietineen, in erster Linie von *Pinus silvestris* L. 134. Sitz. der Dorpater Naturforscher-Gesellsch. 24. Sept. 1881. Sond.-Abdr. p. 44. Neue Dörpt'sche Zeitung.

³⁾ *Russow, E.*, l. c. p. 43.

⁴⁾ *Kny, L.*, Über die Verdoppelung des Jahresringes. Sonderabdruck aus den Verhandlungen des Botanischen Vereins der Provinz Brandenburg von 1879. p. 5—6.

Vergl. auch *Strassburger, E.*, Leitungsbahnen l. c. p. 955. Über doppelte Jahrringbildung bei einer Lärche.

⁵⁾ *Kny, L.*, l. c. p. 6 u. 7.

durchaus positive Beantwortung.“ Am deutlichsten trat die Abgrenzung der beiden Ringe der Regel nach nicht im obersten, sondern erst im zweitletzten oder drittletzten Internodium hervor, um erst von hier aus grundwärts zu abzunehmen. *Russow*¹⁾ findet durch den *Kny*'schen Entlaubungsversuch seine Ansicht bestätigt, da hiermit bewiesen sei, dass durch Herabsetzung der Säftezufuhr (mithin wohl auch das Sinken des Turgors) im Holze eine Erscheinung hervorgeufen werde, ähnlich der, welche normalerweise am Ende der Vegetationsperiode einzutreten pflege.

Auf *Russows* Veranlassung versuchte dann *Wieler*²⁾ die Frage nach Sinken des Turgors mit Hilfe der chemischen Analyse zu entscheiden. Das Resultat³⁾ der *Wieler*'schen plasmolytischen Studien ergab, dass der hydrostatische Druck zur Zeit der Herbstholzbildung in den Jungholzzellen nicht geringer ist, als zur Zeit der Frühlingsholzbildung.

*Jost*⁴⁾ glaubte in der Periodizität der Organbildung, in der Blattentfaltung und dem Knospenschuss, die Ursache der Verschiedenheit der Früh- und Spätprodukte des Kambiums zu finden. Am Schluss einer seiner Arbeiten sagt aber *Jost*⁵⁾: . . . „Die Beziehungen, die zwischen der Blattbildung und Jahresringbildung aufgefunden wurden, sind nicht imstande zur ‚Erklärung‘ der letzteren etwas beizutragen. Eine Theorie der Jahresringbildung sollte hier also nicht gegeben werden; wir sind überhaupt von einer solchen noch recht weit entfernt. Dass die gegenwärtigen ‚Theorien‘ strenger Kritik nicht standhalten, hat *Krabbe* in mehreren Arbeiten (25—28) überzeugend dargetan. Dem Schluss, den er aus seinen kritischen Untersuchungen zieht, ‚dass die Jahresringbildung zu den Erscheinungen gehört, die gegenwärtig nicht zu erklären sind‘ kann ich nur zustimmen.“

Über die Bildung sehr weiter Frühtracheiden und im Anschluss an diese, Bildung sehr schmaler Spättracheiden bei Lärchenstämmen,

¹⁾ *Russow, E.*, l. c. p. 48.

²⁾ *Wieler, A.*, Beiträge zur Kenntnis der Jahresringbildung und des Dickenwachstums. Jahrb. f. wiss. Botanik. p. 75. XVIII. Bd. Berlin 1887. Gebr. Borntraeger.

³⁾ *Wieler, A.*, l. c. p. 80.

⁴⁾ *Jost, L.*, Bot. Ztg. 1891 und 1893. Zitiert nach: *Büsgen, M.*, Bau und Leben unserer Waldbäume. p. 105. Jena 1897. G. Fischer.

⁵⁾ *Jost, L.*, Über Dickenwachstum und Jahresringbildung. Separat-Abdr. aus der Bot. Ztg. 1891. Nr. 30—38. p. 28—29.

die *Strassburger*¹⁾ untersucht hatte, schreibt derselbe: „Die Annahme, dass der Rindendruck so rasch bei diesem Baume alljährlich sich geändert haben sollte, ist nicht denkbar; aber auch die Behauptung, dass die Ernährungsbedingungen sich so plötzlich hätten ändern können, erscheint wenig wahrscheinlich. Vielmehr drängt sich die Vorstellung auf, dass in dieser verschiedenen Ausbildung der Elemente die Bedürfnisse der Wasserleitung einerseits, der mechanischen Festigkeit andererseits ihren Ausdruck finden.“

Strassburger glaubt, dass es sich um einen erblich fixierten Vorgang handele, womit für unsere Sache nichts gewonnen ist.

Über die Untersuchung einer von *Th. Hartig* geringelten Kiefern-zwiesel durch *Strassburger* und *R. Hartig* berichtet Letzterer²⁾, dass die unter der Ringelungsstelle gebildeten Jahrringe, deren Material den Reservestoffen der Rinde entnommen werden musste, in allen ihren Elementen äusserst schwach verdickt waren, aber sämtlich die Abwechselung von weiteren und engeren Tracheiden zeigten. Auch *R. Hartig*³⁾ schliesst: „Damit ist wohl erwiesen, dass wir nicht Unterschiede in der Ernährung, sondern erblich gewordene anatomische Eigentümlichkeiten in der Ausbildung der radial verkürzten Tracheiden (Breitfasern) vor uns haben. Für die Annahme, dass die weitlumigen dünnwandigen Organe die besser ernährten seien, fehlt jede genügende Beweisführung“.

Eine entwickelungsmechanische Erklärung der Jahresringbildung hält *Haberlandt*⁴⁾ mit *Krabbe*⁵⁾ und *Jost*⁶⁾ derzeit für unmöglich. „Die verschiedene Ausbildung von Frühlings- und Herbstholz ist in dieser

¹⁾ *Strassburger, E.*, Leitungsbahnen. I. c. p. 948.

²⁾ *Hartig, R.*, Ein Ringelungsversuch. Allgem. Forst- und Jagdzeitung 1889. p. 403. Vergl. auch *Strassburger* I. c. p. 952.

³⁾ *Hartig, R.*, I. c. p. 405.

⁴⁾ *Haberlandt, G.*, Physiologische Pflanzenanatomie. p. 585. 3. Aufl. Leipzig 1904. W. Engelmann.

⁵⁾ *Krabbe, G.*, Das gleitende Wachstum bei der Gewebebildung der Gefäßpflanzen. Berlin 1886. Behauptet, die Jahrringbildung sei ebenso unerklärlich, als die Form der Blätter. Vergl. auch *Krabbe, G.*, Einige Anmerkungen zu den neuesten Erklärungsversuchen der Jahrringbildung. Ber. d. Deutschen Botan. Gesellsch. Jahrg. 1887. Bd. V. Heft 6. p. 222—232.

⁶⁾ *Jost, L.*, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. p. 428. Jena 1904. G. Fischer.

Vergl. auch: *Kny, L.*, Über eine Abnormität in der Abgrenzung der Jahrringe. Sonderabdruck aus Nr. 7 der Sitzungsberichte der Gesellschaft naturforschender Freunde. Jahrg. 1890. p. 4—5.

Hinsicht mit anderen periodisch wechselnden Wachstumserscheinungen auf gleiche Stufe zu stellen, in deren Mechanik uns vorläufig nicht der geringste Einblick gegönnt ist.“

III. Material und Methode vorliegender Untersuchungen.

Bei der Wahl des Ausgangsmateriales für meine Kambiumuntersuchungen musste ich verschiedene Umstände berücksichtigen. Ich begann damit, eine grosse Anzahl Aststücke dikotyler Bäume und Nadelhölzer zu schälen und schied gleich diejenigen aus, deren Rinde sich nur schwierig vollständig, ohne Verletzung des Holzkörpers entfernen liess. Ein grosser Teil erwies sich als durchaus ungeeignet und an diesen Objekten ersparte ich mir gleich jede weitere Mühe. An den übrigen Stücken stellte ich mikroskopische Kambiumuntersuchungen an.

Die Kambialschicht sollte nicht zu schmal sein und sich möglichst scharf von den angrenzenden Holz- und Bast-schichten erkennen lassen, der Kambiumring keine starken Kurven aufweisen, das Kambium also als möglichst gerader Zylinder den Holzkörper glatt umschliessen. Eine kleinere Zahl Koniferen und Laubhölzer kam so in engere Wahl. Um die Zahl der Untersuchungen nicht allzusehr erweitern zu müssen, entschloss ich mich zu den Laubhölzern, und nun kam die letzte Frage, ob mir Material in genügender Menge in der Nähe zur Verfügung gestellt werden könnte. In liberalster Weise stellte mir mein Chef, Herr Geheimrat *Kraus*, ganz meinen Wünschen entsprechend das Material von *Ulmus campestris* und *Paulownia tomentosa* aus dem hiesigen botanischen Garten. Der Standort dieser Bäume ist nicht wesentlich verschieden. An *Ulmus* probierte ich meine Methode aus, ehe ich zu meinen gleichzeitigen Untersuchungen an beiden Bäumen schritt.

Zu jeder Untersuchung wurden starke Aststücke mit einem Durchmesser von 8—14 cm und zirka 4 Meter Länge abgesägt, alle Verzweigungen abgeschnitten, und dann nach oberflächlicher Reinigung in handliche Stücke von etwa 30 cm Länge geteilt. Durch Scheuern mit einer Wurzelbürste wurde dann eine gründlichere Reinigung vorgenommen. Mit einem starken Skalpell zerschnitt ich die Rinde in breite Riemen und zog dieselben ab. Vorher fertigte ich von jedem Ast eine Anzahl mikroskopischer Schnitte an, die durch die Kambiumzone gelegt wurden. Nach der Entrindung mussten immer wieder gegen den Rand des Holzkörpers und gegen die Innenseite der Rinde

Schnitte gelegt werden, um durch das Mikroskop festzustellen, an welchem Teile die Hauptkambiumschicht haftete.

Auf diese Art konnte man sich auch makroskopisch ganz gut orientieren. Ergab das mikroskopische Bild beispielsweise, dass die Hauptmenge des Kambiums am Holze hängen geblieben war, daran aber auch noch Teile des Jungbastes, so wurde an der Schnittfläche mit einem sehr scharfen dünnen Messer noch soviel von der Oberfläche abgeschnitten, bis das mikroskopische Bild eines neuen Schnittes zeigte, dass an der Schnittfläche das reine Kambium freigelegt war. Hatte ich nun an verschiedenen Stellen auf diese Weise das richtige Niveau angelegt, so konnte hiernach das ganze Holzstück mit einem recht scharfen Messer nivelliert werden, was mit unbewaffnetem Auge recht gut ausgeführt werden konnte. War die Hauptmenge des Kambiums aber an der Rinde, an deren konkaven Innenseite eine Nivellierung nur sehr schwer durchzuführen wäre, so zeigte sich mit ganz seltener Ausnahme, dass Jungholzellen nicht mit abgerissen waren.

Mit einem Skalpell konnte nun das Kambium abgeschabt werden. Bei dieser Prozedur darf nur ein ganz gelinder Druck ausgeübt werden, sonst reisst man in den Holzkörper hinein. Das Kambium muss gewissermassen abrasiert werden. Ich gestehe, dass es im Anfang sehr schlecht und langsam vonstatten ging, es gehört eine gewisse Übung dazu.

Es braucht wohl nicht erwähnt zu werden, dass man bei Herstellung des Materials nicht sorgfältig genug verfahren kann. Wiederholt habe ich beobachtet, dass in nächster Nähe des Kambiums grosse Mengen Kalkoxalat angehäuft sind. Auch wenn ich das nicht konstatiert hatte, zeigte sich bei Probeanalysen, dass die Resultate sehr beeinträchtigt wurden, falls das Kambium mit geringerer Sorgfalt gesammelt worden war. Weniger verschoben sich die Daten für Magnesia, aber der Kalkgehalt war dadurch sehr gesteigert worden; das letztere hatte ich auch erwartet.

Es wäre ohne diesen Befund ja eine ganz bedeutende Arbeitserleichterung gewesen, wenn sich herausgestellt hätte, dass eine so peinliche Sorgfalt bei der Sammlung des Ausgangsmaterials unnötig wäre. Die Arbeit ist eine sehr langwierige. Um das Kambium aus einem 4 Meter langen Ast zu gewinnen, arbeiteten wir zu zweit einen ganzen Tag daran.

Das so erhaltene Kambium wurde auf grosse Uhrschalen abgestrichen und sobald eine gewisse Menge gewonnen war, das Frisch-

gewicht festgestellt. Das Trocknen wurde an der Luft bei Zimmer-temperatur vorgenommen und das Material mindestens einen Monat ausgebreitet liegen gelassen. Das relative Trockengewicht verschiedener Schalen war ganz gleich und schon in 10—14 Tagen auf konstantem Gewicht. In Chlorkalzium-Exsikkatoren gestellte Schalen mit Kambium nahmen nur wenig mehr an Gewicht ab und konnte ich feststellen, dass die Übereinstimmung der in den Exsikkatoren erzielten Gewichtskonstanz nicht besser war, als in freier Luft.

Die quantitativ-chemische Untersuchung der Mineralstoffe Kalzium, Magnesium und Phosphorsäure erfolgte nach verschiedenen Methoden, die ich vorher auf ihre Zweckmässigkeit und Zuverlässigkeit für meine Untersuchungen eingehend durchprobiert hatte.

Die Herstellung der Asche nach der älteren Methode durch Glühen in Platin, Nickel, Quarz oder Porzellengefässen hat manche Mängel, besonders dann, wenn man Asche in grösseren Mengen darstellen muss. Bei zu hoher Temperatur treten Zersetzungen ein, wodurch ein Teil der Mineralbestandteile sich teilweise verflüchtigt; und trotz der hohen Temperatur verascht zunächst nicht die ganze organische Substanz, da die Asche auch nur verkohlte Teile einschliesst und vor weiterer Verbrennung hindert, weil der Sauerstoff zu diesen eingeschlossenen Partikelchen keinen Zutritt erlangt. Bei niedriger Temperatur dauert die Veraschung grösserer Mengen sehr lange.

Ohne wiederholte Auslaugung mit Wasser, Abfiltrieren, Eindampfen des Filtrates, Einäschern des Filters samt Rückstand, kann man bei grösseren Mengen eine reine weisse Asche nie erhalten. Für meine Untersuchung ganz vorzüglich bewährte sich die *Neumann'sche*¹⁾ Säuregemischveraschung, die alle die Mängel der Glühaschenmethode ausschliesst. Zur Bestimmung des Gesamt-Aschengehaltes ist diese Methode zwar nicht geeignet, weil die Basen grossenteils an Schwefelsäure gebunden werden und nicht alle Elemente mehr darin nachweisbar sind.

Ich konnte mir für meine Untersuchungen die Vorteile beider Methoden zu nutze machen. Nach der Glühaschenmethode bestimmte ich die Gesamt-Rohasche und hieraus, zur Ermittlung der Reinasche,

¹⁾ *Neumann, A.*, Einfache Veraschungsmethode (Säuregemischveraschung) und vereinfachte Bestimmung von Eisen, Phosphorsäure, Salzsäure und anderen Aschebestandteilen unter Benutzung der Säuregemischveraschung. *Zeitschr. f. physiologische Chemie.* Bd. 37. p. 115—142 (1903).

— Nachträge zur Säuregemisch-Veraschung und zu den an diese geknüpften Bestimmungsmethoden. *Arch. für Anat. u. Physiologie* 1905. p. 208—218.

Kohlensäure, Kohle und Sand. In einer Lösung der Reinasche bestimmte ich dann Kalzium, Magnesium und Phosphorsäure. Nach der Methode der Säuregemischveraschung untersuchte ich den Gehalt an CaO , MgO und P_2O_5 , hatte also für diese Daten die Belege zweier Methoden.

Zur Bestimmung des absoluten Trockengewichts wog ich in eine tarierte Glasschale zirka 12 g des lufttrockenen Kambiums und stellte das Gewicht exakt auf der chemischen Wage fest. In einem Wassertrockenschrank bei 100° wurde die Glasschale mit Kambium bis zur Gewichtskonstanz getrocknet, oder solange bis eine plötzliche Gewichtszunahme erfolgte. Das vorhergehende niedrigste Gewicht wurde dann in Berechnung gezogen. Die so getrocknete Substanz war häufig so hygroskopisch, dass dieselbe an der Luft nach längerem Stehenlassen beinahe das Gewicht der lufttrockenen Substanz wieder erreicht hatte.

Die Glühasche wurde teilweise in Platinschalen, teilweise in Porzellanschalen aus Berliner Porzellan hergestellt. Ich zog die letztgenannten nach einiger Zeit vor, da die Platinschale zu sehr angegriffen wurde. Die Schalen stellte ich in ein grosses Dreieck über einen Pilzbrenner und veraschte mit Hilfe künstlichen Luftzuges nach *F. Schulze*¹⁾ in der Weise, dass ich die absolute Trockensubstanz aus der Glasschale nur in kleinen Mengen allmählich in die Veraschungschale brachte. Ich erhielt auf diese Weise eine vollkommen weisse Asche trotz nicht zu hoher Temperatur.

War ein konstantes Gewicht der Asche erzielt, so wurde diese in einen Bunsen-Geisslerschen Apparat gewogen zum Zwecke der Kohlensäurebestimmung²⁾. Mittels Schwefelsäure wurde die Kohlensäure freigemacht und nach dem Austreiben durch Gewichtsverlust berechnet. Die schwefelsaure Lösung filtrierte ich nun zur Bestimmung von Kohle und Sand durch ein tariertes quantitatives Filterchen, trocknete dies bei 100° und konnte so nach Abzug des Filtergewichtes und dem des Wägegläschens Kohle und Sand bestimmen. Durch Glühen dieses Rückstandes im Platintiegel erzielte ich dann die Einzelgewichte für Kohle und Sand, nachdem ich mich

¹⁾ *Fresenius, C. R.*, Anleitung zur quantitativen chemischen Analyse. 6. Aufl. 2. Bd. p. 639. Braunschweig 1877—1887. F. Vieweg.

²⁾ *Medicus, L.*, Quantitative Analyse. 5. Aufl. p. 32ff. Tübingen 1906. Laupp.
Aron, H., Aschenanalyse. Handbuch der biochemischen Arbeitsmethoden. Herausgegeben von *E. Abderhalden*. I. Bd. 1. Hälfte. p. 423/424. Berlin 1909. Urban u. Schwarzenberg.

durch Verflüchtigung des Rückstandes mit Fluorammonium und Schwefelsäure davon überzeugt hatte, dass ein etwa vorhandener Glührückstand tatsächlich nur Kieselsäure war. Nach Abzug der ermittelten Gewichte für Kohlensäure, Kohle und Sand von dem Gewicht der Rohasche erhielt ich dann den Wert für die Reinasche. Das oben genannte Filtrat von Kohle und Sand wurde auf 200 ccm verdünnt, genau eingestellt und zur Bestimmung von CaO und MgO einerseits und P_2O_5 andererseits hiervon je 50 ccm weiterverarbeitet.

Die zur Kalk-Magnesia Bestimmung angewandte Lösung wurde erst mit NH_4OH neutralisiert, dann in schwach essigsaurer Lösung durch Ammoniumoxalat Kalziumoxalat gefällt und auf dem Wasserbad einige Zeit erhitzt. Der Niederschlag wurde nach 12stündigem Stehenlassen abfiltriert und nach dem völligen Auswaschen wieder in wenig HCl gelöst, dann mit Ammoniak neutralisiert, schwach essigsauer gemacht und wieder in gleicher Weise als CaC_2O_4 gefällt, nach 12stündigem Stehenlassen abfiltriert, mit schwach essigsaurem Wasser ausgewaschen und nun im tarierten Platintiegel geglüht, bis zum konstanten Gewicht von CaO. Mehr als die Hälfte meiner Kalkbestimmungen führte ich nach der indirekten Methode aus: Der Kalziumoxalat-Niederschlag wurde hiernach in nitritfreier heisser verdünnter Salpetersäure gelöst und die Oxalsäure mittels $\frac{n}{10} KMnO_4$ Lösung titirt. Diese Methode ist durchaus zuverlässig und eignet sich vorzüglich, wenn eine grössere Anzahl Analysen nebeneinander ausgeführt wird. Die beiden Filtrate vom Kalziumoxalatniederschlag wurden eingedampft und das in der Lösung enthaltene Ammonazetat nach dem Trocknen abgeraucht, der Rückstand in wenig HCl gelöst, abfiltriert, mit Ammoniak versetzt und mit Phosphorsalz-Lösung das Magnesium als Ammoniummagnesiumphosphat gefällt. Nach mindestens zwölfstündigem Stehen filtrirte ich ab, glühte in der üblichen Weise im Gebläse und wog das Magnesium als Magnesiumpyrophosphat. Die Benutzung des Goochtiegels bei der Magnesiabestimmung in der von Aron¹⁾ angegebenen Weise bewährte sich sehr gut und bedeutet grosse Zeitersparnis. Die zur Phosphorsäurebestimmung verwendeten 50 ccm wurden mehrmals unter Zugabe von etwas Salpetersäure auf dem Wasserbad eingedampft, dann in Salpetersäure aufgenommen abfiltriert, mit Ammoniummolybdat im Überschuss gefällt, 24 Stunden bei etwa 40° absetzen

¹⁾ Aron, H., l. c. p. 408.

gelassen, dekandierend abfiltriert, der Niederschlag in etwas Ammoniak gelöst und mit Magnesiummischung die Phosphorsäure als Ammoniummagnesiumphosphat gefällt und, wie bei Magnesia angegeben, weiter behandelt um als Magnesiumpyrophosphat gewogen zu werden.

Zur Ausführung der Säuregemischveraschung nach *Neumann*, — die mit allen Details von *Aron*¹⁾ ausgearbeitet wurde — bediente ich mich grosser Jenenser Rundkolben von $\frac{3}{4}$ Liter Inhalt. Ungefähr 30 g exakt ausgewogene lufttrockene Substanz brachte ich in je einen Kolben und setzte nun 30 ccm Säuregemisch zu; das ist eine Mischung gleicher Teile konzentrierter Schwefelsäure und Salpetersäure vom spezifischen Gewicht 1,4. Weitere 30 ccm Säuregemisch gab ich in einen Tropftrichter, dessen Röhre an zwei Stellen so gebogen war, dass der obere Teil des Trichters mit dem Hahn nicht senkrecht über der Kolbenmündung stand²⁾. Nachdem die stürmische Entwicklung im Kolben nachgelassen hatte, stellte ich den Hahn so, dass nur ganz langsam, kleine Tröpfchen Säuregemisch in den Kolben kommen konnten. Durch einen kleinen Brenner wurde die Oxydation gefördert. Wenn der Inhalt zu weit eingedampft war, goss ich in fast beliebiger Menge konzentrierte Salpetersäure vom spezifischen Gewicht 1,4 nach. Mit 60 ccm Säuregemisch muss sich eine Veraschung bewerkstelligen lassen, Salpetersäure kann hingegen in beliebigem Masse verbraucht werden. Die Veraschung erfolgt ohne Force am glattesten in einigen Tagen. Will man die Oxydation aber forcieren, so braucht man viel grössere Mengen des Säuregemisches. Bei der ersten und letzten Veraschung des Ulmenkambiums machte sich die Schwefelsäure dadurch unangenehm geltend, dass infolge des grossen Kalkgehaltes schwerlöslicher Gips abschied, so dass zur Lösung ziemlich starke Salzsäure angewandt werden musste. Die Lösung wurde auf 500 ccm eingestellt und dann je 100 ccm zur Ca und Mg Bestimmung und zur Phosphorsäurebestimmung angewandt. Der weitere Verlauf der Analyse ist dann wie der bereits geschilderte.

Es wäre viel umständlicher und nicht so exakt durchführbar, wollte man entsprechende Aschenlösungen auf dem Glühwege anfertigen. Arbeitet man nach der Säuregemischveraschungsmethode, so braucht man nur eine kleine Portion Glühasche herzustellen, — noch viel weniger als ich es tat — damit man die Gesamt-Rohasche und Reinasche

¹⁾ *Aron*, *W.*, l. c. p. 385/386 ff.

²⁾ Vergl. die Abbildung bei *Aron* l. c. p. 386 u. 388.

der Säuregemischveraschung daraus berechnen kann. Die Methode ist in den meisten physiologischen Instituten auch bereits im Gebrauch. In wieweit sie sich auch für phytochemische Untersuchungen eignet, darüber konnte ich in der Literatur nichts vorfinden. Sie ist viel brauchbarer als die in der forensischen Chemie angewandte Oxydationsmethode mit chlorsaurem Kali und Salzsäure und liefert auch exaktere Werte als die Glühaschenmethode. Ich kann aus meinen Erfahrungen folgende Schlüsse ziehen:

1. Die Methode ist sehr einfach, liefert die exaktesten Resultate und ist insofern nicht zeitraubend, als man sich wenig danach umzuschauen braucht.
2. Für Kalk und Magnesia liegen die Werte in der Glühasche durchweg etwas höher, was ich damit erkläre, dass Kalk und Magnesia in der Glühasche dadurch relative Steigerung erfahren, dass andere Aschenbestandteile sich beim Glühen verflüchtigen.
3. Für Phosphorsäure liegt der Wert bei beiden Methoden annähernd gleich, mitunter aber in der Glühasche merklich tiefer; es sind also in der Glühasche Phosphate teilweise flüchtig, wahrscheinlich infolge Reduktion.
4. Für die Veraschung sehr kalkreicher Körper ist die Säuregemischmethode nicht im gleichen Masse empfehlenswert, weil sehr schwerlösliches Sulfat ausgeschieden wird.
5. Die Glühaschenanalyse liefert nur dann brauchbare Resultate über die relativen Mengen der Aschenbestandteile, wenn die Veraschung bei sehr niedriger Temperatur erfolgt.

Die Veraschung nach jeder Methode führte ich mindestens doppelt vollständig aus, so dass meine Angaben in den Tabellen über CaO , MgO , P_2O_5 also mindestens vier übereinstimmenden Resultaten entnommen sind; für die Berechnungen lagen mir aber meistens sechs übereinstimmende Zahlen vor, einige Mal auch acht.

Ausserdem wurden für die Bestimmung der Rohasche, Kohlensäure, Kohle und Sand mindestens noch sechs Veraschungen mit kleineren Mengen vorgenommen, so dass also, mit Einrechnung der obigen Angabe, die Zahlen für diese Rubriken mindestens acht Grundlagen haben, woraus dann erst die Reinaschen $\%$ berechnet wurden. Die Bestimmung der absoluten Trockensubstanz wurde 3mal ausgeführt und zwar 2mal für die zuerst oben genannten Glühaschenbestimmungen und 1 mal für die sechs Veraschungen mit kleineren Mengen zusammen.

IV. Kritischer Vergleich der Ergebnisse meiner Untersuchungen.

A. Kalk, Magnesia und Phosphorsäure auf Reinasche berechnet. (Tabellen I und II).

Bei Aufstellung dieser beiden Tabellen hielt ich mich im wesentlichen an die Tabellen-Einrichtung der Aschenanalysen von *E. Wolff*.

Ein Vergleich der Tabellen von *Ulmus* und *Paulownia* zeigt, dass der Gehalt an CaO , MgO und P_2O_5 äusserst verschieden ist. *Ulmus* besitzt im Mittel zirka 25% mehr Kalk, dagegen 7% weniger Magnesia und zirka 16% weniger Phosphorsäure.

Den Gehalt dieser Verbindungen vom selben Termin miteinander zu vergleichen, ist nicht immer angängig. Für Februar mag es angehen, vielleicht auch für August, obwohl hier erwähnt werden muss, dass *Paulownia* (durch Erfrieren der Blütenrispen im vorigen Winter) in diesem Jahre nicht fruktifizierte. Bei der Verarbeitung im April war *Ulmus* am Abblühen, im Stadium der Fruchtbildung, *Paulownia* dagegen schien zur gleichen Zeit noch ganz im Winterschlaf zu sein. Im Mai war *Ulmus* bereits reichlich beblättert, die Früchte schon abgefallen; *Paulownia*, seit kaum acht Tagen im Trieb, war also erst schwach belaubt.

Aus den Bestimmungen der lufttrockenen und absoluten Trockensubstanzen, die von Februar bis August eine ständige Abnahme erkennen lassen, ist umgekehrt in gleicher Periode ersichtlich, dass die Wasseraufnahme in ständiger Zunahme begriffen ist. Man muss annehmen, dass durch die stärkere Berieselung die Beweglichkeit des Kambialsaftes, oder der Stoffwechsel im Kambium allmählich reger wird. Trotz der ganz abnormen Trockenheit des Sommers 1911 scheint hier keinerlei Störung eingetreten zu sein. Ich glaube nicht, dass bei normalen Witterungsverhältnissen die Wasserzunahme im Kambium eine noch grössere sein könnte. Das Kambium bedingt eine periodische Lebenstätigkeit der Pflanze, es ist sicher der letzte Teil, der unter Nahrungsmangel leidet. Mit den Vegetationskegeln scheint der Kambialsaft in engstem Konnex zu stehen. Die enorme Kalkabnahme bei der Blattbildung deutet darauf hin.

Bei *Paulownia* steigt der Wassergehalt beim Beginn der Knospen-triebzeit derart, dass die Trockensubstanz noch bedeutend unter die Hälfte der Winter-Trockensubstanz sinkt, wogegen bei *Ulmus* ein gleichmässigeres, allmähliches und geringeres Abnehmen der Trockensubstanz beobachtet wird.

Diese Verhältnisse entsprechen ganz der Triebstärke und dem Dickenwachstum der beiden Bäume.

Bei *Ulmus* mit einem geringeren Dickenwachstum im Vergleich zur *Paulownia* fällt die lufttrockene Substanz von 44 auf 33 (Abnahme von 25^{0/0}, bzw. Wasserzunahme von zirka 20^{0/0}) bei *Paulownia* von 41 auf 18 (Abnahme von 55^{0/0}, bzw. Wasserzunahme von zirka 39^{0/0}).

Der Reinaschengehalt der Trockensubstanz liegt bei *Ulmus* 5 bis 7^{0/0} höher als bei *Paulownia*. Dieser höhere Gehalt bei *Ulmus* steht wohl zweifellos mit dem ebenfalls grösseren Kalkgehalt in Beziehung. Die einzige Ursache der Reinaschenhöhe kann dies aber nicht sein. Der Reinaschengehalt der Ulme steht in einem höheren Verhältnis zu dem Reinaschengehalt der *Paulownia* als dem beiderseitigen CaO-Verhältnis entsprechen könnte.

Es ist ferner auffallend, dass der Reinaschengehalt sogar dann noch eine Steigerung erfährt, wenn der Kalk-Gehalt des Kambiums beider Bäume abnimmt.

Die Magnesia und die Phosphorsäure stehen diesem Verhältnis ganz fern.

Es muss hiernach bei *Ulmus* ausser dem Kalk noch ein anderer anorganischer Körper den höheren Reinaschengehalt bedingen. Möglich ist es, ja höchst wahrscheinlich, dass dies dieselbe Verbindung ist, welche die enorme Kalkabnahme im Mai zu ersetzen, oder nur vorübergehend zu vertreten vermag. Eine gleichzeitige Bestimmung des Kaliums — ein anderes Element kommt kaum noch in Frage — hätte hier wahrscheinlich Aufschluss geben können.

Der Kalkgehalt ist in den verschiedenen Perioden ein wechselvoller.

Während oder kurz nach der Blattbildung ist der Kalkgehalt des Kambiums am niedrigsten. Es scheint kein Kalküberschuss zu sein, der dem Kambialsaft bei der Blattentwicklung entzogen wird, werden doch die Kalksalze, wie der Reinaschengehalt beweist, durch andere Salze solange ersetzt, bis wieder die nötige Kalkmenge zur Verfügung steht. Der Kalk wird reichlich wieder ersetzt, im Vergleich zum Mai hat sich im August die Kalkmenge ungefähr verdoppelt, aber der Reinaschengehalt zeigt infolgedessen so gut als keine Veränderung. Bei *Ulmus* ist er nur um 1^{0/0} gestiegen, bei *Paulownia* sogar gesunken. Es muss demnach das vertretende Element die Kambiumzone wieder verlassen haben.

Offenbar soll der osmotische Druck durch diesen Austausch keine schädliche Beeinflussung erfahren. Ist die im Mai anzutreffende

geringste Kalkmenge durchweg für die Kambiumzellen ausreichend und ist der höhere Gehalt an Kalk zu anderen Zeiten als Speicherung zu betrachten?

Bei der Annahme wichtiger physiologischer Funktionen der Kalkverbindungen in der Pflanze muss die enorme Kalkveränderung irgendwelchen Einfluss auf die Tätigkeit des Kambiums ausüben. Ich konnte konstatieren, dass zur Zeit der Blattbildung das Kambium seine bis dahin rege Tätigkeit auffallend plötzlich verlangsamt. Besonders bei *Paulownia* war mikroskopisch nachzuweisen, dass im April viele regelmässige Zellen nach der Holzseite hin angelegt werden. Die nach der Rindenseite zu liegenden, fast dicht die Kambiumzone begrenzenden Faserbündel wiesen darauf hin, dass neue Siebelemente noch gar nicht zu dieser Zeit gebildet werden.

Mit Beginn der Knospentriebzeit verringerte sich auffallend die Teilungszahl nach der Holzseite zu, aber die Grösse der Zellen nahm zu. Acht Tage später erhielt ich mikroskopische Präparate, in denen die grosslumigen Gefässe in nächster Lage an dem Kambium sich gebildet hatten.

Nach aussen hatte die Bildung sehr dünnwandiger Siebelemente jetzt deutlich eingesetzt.

Ende Juni zeigte der junge Holzkörper so gut wie gar keine Veränderung gegen die letzte Untersuchung Mitte Mai.

Im Siebteil war dagegen eine weitere Zunahme zu verzeichnen. Faserbündel waren aber nicht gebildet. Die nächste Präparation stellte ich am 2. August an. Ich konstatierte, dass in der Zwischenzeit nach der Holzseite hin wieder eine lebhaftere Neuzellbildung stattgefunden hatte, die Zellen waren aber allmählich wieder kleiner geworden, der Inhalt dicht und undurchsichtig. Nach aussen war eine schwache Tätigkeit des Kambiums erfolgt, in der jüngsten Zone waren schon verholzte Elemente mit Phloroglucin und Salzsäure nachweisbar.

Etwas schwieriger war es, dieselben Eigentümlichkeiten auch bei *Ulmus* festzustellen. Jedoch die Bastbildung war hier nicht so zeitlich begrenzt.

Mit dem Cribralgewebe bildet sich gleichzeitig schon ein schwacher dünnwandiger offener Bast. Im Spätsommer entstehen die englumigen starken Bastfaserbündel, ungefähr zu gleicher Zeit, wie bei *Paulownia*.

Übereinstimmend konstatierte ich also, dass die Kambiumtätigkeit eine periodisch mehr einseitige ist. Der Vasalteil wird vor der

Knospentriebzeit gebildet, während der Cribralteil erst im Anfang der äusseren Vegetationstätigkeit entsteht. Der Wechsel der Kambiumtätigkeit tritt dann ein, wenn der Kalkgehalt im Kambium am niedrigsten ist. Zu gleicher Zeit wird die produktive Leistung des Cambiums „räumlich“ eingeschränkt. Ich will damit nicht die Frage beantwortet haben, ob gleichzeitig auch die Zellteilungen im Kambium eine quantitative Hemmung erleiden.

Bei *Ulmus* fand ich darüber keinen Aufschluss, bei *Paulownia* und besser noch bei *Aesculus hippocastanum* schien es mir, als ob die Zellteilungsfähigkeit nicht gehemmt worden wäre. Das Kambium war im August, bei *Paulownia* und *Aesculus*, im Gegensatz zum Mai durch viele Zellreihen sehr breit. Man könnte danach annehmen, dass nur die Zellstreckung und der weitere Ausbau dieser Zellen durch Kalkmangel in Stockung geraten sei. Nur dünnwandiges Cribralgewebe wird ausgebildet.

Das Kambium hat in der ganzen Vegetationsperiode verschiedene Aufgaben und damit ein wechselndes Kalkbedürfnis!

Über Magnesia geben die Tabellen I und II zunächst den Aufschluss, dass, im Gegensatz zum Kalk, sie kaum einer periodischen Veränderung unterlegen ist und vor allem, dass hier die Magnesia in keinerlei Wechselbeziehung zum Kalk steht. Welche Veränderungen sonst auch vorgehen mögen, der Magnesiagehalt bleibt fast konstant. Bei dieser Berechnung auf Reinasche zeigt *Paulownia*, mit durchschnittlich 7% mehr MgO, beinah den dreifachen Magnesiagehalt wie *Ulmus*. Wollte man hieraus einen Schluss auf eine verschiedene physiologische Bedeutung der Magnesia bei den beiden Bäumen ziehen, so ginge man fehl.

Zu derartigen individuellen Vergleichen kann man Reinaschentabellen nicht verwenden, welche ja keinen direkten Aufschluss über die Verteilung der einzelnen anorganischen Stoffe im Organismus geben.

Aus der jederzeit fast unveränderlichen Magnesiamege sieht man aber, dass der Bedarf an Magnesia während des ganzen Jahres gleich bleibt. Sie steht damit in schroffem Gegensatz zum Kalk. Von einer Magnesia-Speicherung zu gewissen Zeiten ist vor allem nichts zu merken. Gestützt auf diese Tatsache glaube ich auch nicht an eine Kalkspeicherung im Kambium, die wechselnden Kalkmengen scheinen vielmehr den jeweiligen Bedürfnissen zu entsprechen. Erst zur Zeit der Blattbildung stellt sich das Bedürfnis zu einem neuen Siebteil ein. Zur Blattbildung sind grössere Mengen Kalk nötig, zur

Bildung von Siebelementen im Kambium zu gleicher Zeit ein niedrigeres Kalkverhältnis notwendig. Die Kalkbedürfnisse der Knospen und des Kambiums ergänzen sich also denkbar günstig.

Der Phosphorsäuregehalt beträgt bei *Paulownia* ungefähr das 2—2 $\frac{1}{2}$ fache als bei *Ulmus*.

Wie bei der *Magnesia* darf man hier bei der Berechnung auf Reinasche aus diesem Verhältnis auch keine Schlüsse auf eine physiologisch verschiedene Bedeutung der Phosphorsäure bei den beiden Pflanzen ziehen.

Der Gehalt an Phosphor bleibt während des Jahres nicht konstant. Mit dem Kalk beobachtet man ein Steigen und Fallen, aber keineswegs zeigt die Veränderung etwa der Kalkabnahme oder -zunahme äquivalente Mengen.

Die Phosphorsäureschwankungen sind relativ klein, bei *Paulownia* aber grösser als bei *Ulmus*. Offenbar bestehen demnach Beziehungen zwischen Phosphorsäure und Kalk.

Andererseits sieht man aus den Mengenverhältnissen von Phosphorsäure und *Magnesia*, dass sehr enge Beziehungen zwischen diesen beiden bestehen. Ein hoher Magnesiumgehalt bedingt einen ungefähr 3 mal höheren Phosphorsäuregehalt:

Ulmus mit durchschnittlich 3,8% *Magnesia* in der Reinasche weist durchschnittlich 12,4% Phosphorsäure auf, *Paulownia* bei 10,5% *Magnesia*, 28,6% Phosphorsäure.

Die eben erwähnten Beziehungen der Phosphorsäure zum Kalk und zur *Magnesia* sind jedoch für den Stand der Phosphorsäure allein noch nicht vollständig ausschlaggebend. Sicher ist auch dem Kalium ein Einfluss auf den Phosphorsäurestand zuzuschreiben.

Steht die Phosphorsäure in stärkerem oder schwächerem Kontakt mit allen für die Ernährung wichtigen Metallen — Salpetersäure und Schwefelsäure sind aber nicht minder an diesem Verhältnis beteiligt, da auch diese als Salze derselben Metalle der Pflanzenernährung dienen — so muss man daraufhin den Wert der Faktoren anzweifeln, bei deren Aufstellung das Verhältnis zwischen nur zwei Elementen zugrunde gelegt wird¹⁾.

¹⁾ Vergl. die Arbeiten *Loew's* und seiner Mitarbeiter über die Lehre vom Kalkfaktor, zitiert, auch kritisiert bei *Czapek, F.*, *Biochemie der Pflanzen*. II. Bd. p. 794, 797, 847—852. Jena 1905. Weitere Arbeiten *Loew's* auch in der Literaturzusammenstellung bei *Richter, O.*, *Die Ernährung der Algen*. Leipzig 1911. *W. Klinkhardt. Loew, O.*, Über die angebliche Widerlegung der Lehre vom Kalkfaktor. *Landw. Jahrb.* Bd. XXXIX 1910 p. 335. *Porthelm, L. v. und M. Samec*, Über die Verarbeitung der unentbehrlichen anorganischen Nährstoffe in den Keim-

So lässt sich die Kalk-Magnesiafrage nicht durch einfache Vergleiche ihrer sehr in Frage stehenden, gegenseitigen direkten physiologischen Beziehungen lösen.

Das Bedürfnis der einzelnen Nährstoffe, besonders des Kalkes für die Pflanze, ist zeitlich sehr verschieden.

Erst nach genauer Kenntnis dieser Bedürfnisse und der physiologischen Funktionen der einzelnen Elemente kann man unter Berücksichtigung ihrer ernährungsphysiologischen Bedeutung und der chemischen Einwirkung auf die Bodenbeschaffenheit optimale Mengenverhältniszahlen, berechnet für die ganze Vegetationszeit, aufstellen.

Bei Berechnung der Faktoren sind nicht nur die direkten Beziehungen einzelner Elemente untereinander zugrunde zu legen, sondern auch deren Beziehungen zu dritten Elementen oder Verbindungen müssen die Verhältniszahlen wesentlich beeinflussen und dürfen daher nicht ausser Berechnung bleiben.

Die Kohlensäure der Rohasche steigt von Februar bis August sowohl bei *Ulmus* als bei *Paulownia*. Die kalkreichere Ulme hat auch mehr Kohlensäure in der Rohasche als die *Paulownia*. Dieser Befund ist durch den prozentischen Kalkgehalt der Asche bedingt.

lingen von *Phaseolus vulgaris*. *Flora* 1909 I C. p. 260—276. Ref. Bot. Zentralbl. 1910. Bd. 114. Nr. 8. p. 182. — *Bernardini L.*, e *G. Corso*, *Intorno all' influenza di varii rapporti fra calce e magnesia su lo sviluppo delle piante*. *Staz. sperim. agrarie* 1909 (Traduit par *F. Rigaux*, Seraing 1910 8° 16 pp.) ebenso: *Bernardini L.* e *G. Siniscalchi*, *Staz. sperim. agrarie* XLII 1909 p. 369—386. Ref. Bot. Zentralbl. 1910 Bd. 114. Nr. 1. p. 2—3 (Traduit par *F. Rigaux*, Seraing 1910 8° 18 pp. auch *Loew, O.*, Bot. Zentralbl. Bd. 114. 1910. Nr. 7. p. 176. — *Lemmermann, O.*, *A. Einecke* und *H. Fischer*, *Untersuchungen über die Wirkung eines verschiedenen Verhältnisses von Kalk und Magnesia in einigen Böden auf höhere Pflanzen und Mikroorganismen*. *Mitt. d. agrkulturchemischen Versuchsstation Berlin*. Landw. Jahrb. 1911. XL. Bd. 1./2. Heft p. 175—183, 242, 244. — *Konowalow, J.*, *Über den Kalkbedarf der Pflanzen und über die verschiedenen Verhältnisse von CaO zu Mg in der Nährlösung*. *Landw. Versuchsstat.* 1911. LXXIV. p. 343. *Mayer, D.*, *Kalk- und Magnesiaversuche*. *Landw. Jahrb.* 1910. XXXIX. Erg.-Bd. III. p. 254. — *Derselbe*, *Über die Abhängigkeit des Maximalertrages von einem bestimmten Verhältnis von Kalk zu Magnesia im Boden*. *Landw. Jahrb.* 1911. XL. Bd. Heft 1./2. p. 339. — *Lipmann, C. B.*, *On the lack of antagonism between calcium versus magnesium and also between calcium versus sodium*. *Bot. Gaz.* II. Bd. p. 41—50 jan. 1910. Engl. Ref. Bot. Zentralbl. 1911. Bd. 116. Nr. 8. p. 215. — *Loew, O.*, *The biological antagonism between calcium and magnesium*. *Bot. Gaz.* II. p. 304. April 1910. Engl. Ref. Bot. Zentralbl. 1911. Bd. 116. Nr. 8. p. 215.

Die Kohlensäurebestimmung wird gewöhnlich nur ausgeführt, um nach Abzug derselben mit Sand und Kohle die Reinasche ermitteln zu können.

Rückschlüsse auf bestimmte Mengen kohlenaurer Salze in der Pflanze können aus der Kohlensäuremenge der Rohasche bekanntlich nicht gezogen werden.

Bei mehreren Veraschungen desselben Stoffes können bezüglich des Kohlensäuregehaltés der Asche grössere Differenzen sich ergeben. Bei ganz gleichmässigem Arbeiten wird dagegen derselbe Analytiker doch ziemlich übereinstimmende Ergebnisse erzielen.

Ich glaube daher meinen Kohlensäureresultaten auch eine Bedeutung beilegen zu dürfen.

Es ist nicht anzunehmen, dass kohlenaurer Salze im jugendlichen Gewebe des Kambiums enthalten sind. Wenn nicht von kohlenaurer Salzen stammend, können in der Rohasche solche entweder aus Salzen mit in der Glühhitze flüchtigen Säuren entstehen, oder durch Oxydation organisch gebundener Alkali- und Erdalkalimetalle. Die zuletzt genannten Verbindungen kommen hier in Betracht.

Es ist demnach bemerkenswert, dass die kalkreichere Ulme in der Zeit von Februar bis Mai die drei- bis vierfache Kohlensäuremenge aufweist als die Paulownia. *Ulmus* und *Paulownia* haben also nicht die gleichen Mengen organisch gebundener Alkali- bzw. Erdalkalimetalle, sondern ein höherer Kalkgehalt der Kambiumzone bei *Ulmus* hat auch eine bedeutend höhere organische Bindung des Kalkes in Folge.

Die Kohlensäure der Rohasche weist bei *Ulmus* wie bei *Paulownia* eine verhältnismässig gleichprozentige Steigerung in der Zeit von Februar bis Mai auf, trotz bedeutender Kalkabnahme.

Hiernach zu schliessen handelt es sich zur Zeit der Blattbildung nicht um eine Abnahme organischer Kalkverbindungen im Kambium.

Zwischen Mai und August ist die Kohlensäuresteigerung eine ganz enorme. Bei *Ulmus* hat sich der Prozentgehalt um 5 erhöht, bei *Paulownia* sogar um mehr als 8. Zu gleicher Zeit konstatieren wir wieder die Kalkerhöhung im Kambium.

Die Annahme liegt also sehr nahe, dass dieser Kalk grösstenteils als organischer Kalk eingewandert ist. Dieser Kalk könnte wieder aus den Blattorganen stammen und mit den Assimilaten gewandert sein. Es ist ja höchst wahrscheinlich, dass der Kalk bei der

Wanderung der Assimilate eine Rolle spielt. Zuletzt hat *E. Ramann*¹⁾ durch Untersuchungen festgestellt, dass der Kalkgehalt der Blätter am Tage abnimmt und während der Nacht wieder steigt und kommt zu dem Schluss: „Dies Verhalten lässt sich mit dem Transport der Assimilationsprodukte in Beziehung bringen, der am Tage während der Bildung organischer Stoffe stärker ist als zur Nachtzeit; es ist anzunehmen, dass Kalzium in irgend einer Weise beim Transport der Assimilate beteiligt ist.“

Die Assimilationsprodukte wandern nach den Orten des Verbrauchs, also auch nach dem Kambium. Auf diese Weise gelangt organisch gebundener Kalk in die Kambiumzone.

Diese Annahmen lassen sich in Einklang bringen mit den Untersuchungsergebnissen von *E. Ramann* und *H. Bauer*²⁾, und finden selbst durch die Schlüsse dieser Autoren noch eine Verstärkung. Über Frühjahrsholz und Herbstholz schreiben dieselben: „Die Bildung des Frühjahrsholzes und Herbstholzes der Jahrringe hängt eng mit den Lebensbedingungen der Pflanzen beim Austrieb junger Sprosse zusammen. Frühjahrsholz wird überwiegend aus gespeicherten und reichlich vorhandenen Reservestoffen im Verlauf weniger Tage oder Wochen, also in kurzer Zeit gebildet; das Herbstholz hingegen ist das Produkt fortschreitender Assimilation und langsamer Ablagerung organischer Stoffe.“

Es scheint sich also zu bewahrheiten, dass der Kalk beim Transport der Assimilationsprodukte eine grosse Rolle spielt, aber auch weiterhin, bei der Verarbeitung derselben im Kambium, ist seine Gegenwart nicht von geringerer Bedeutung.

Aus meinen Daten ist untrüglich zu ersehen, dass auffallend mit Beginn der Assimilation eine Zunahme organischer Metallverbindungen im Kambium nachweisbar ist. Ebenso auffallend ist es, dass im Laufe des Sommers der Kalkgehalt, der im Frühjahr stark abgenommen hatte, wieder eine starke Zunahme erfährt, indem er sich im Verlauf des Sommers im Vergleich zum Mai ungefähr verdoppelt.

Während die absolute Kalkzunahme im Laufe des Sommers bei *Ulmus* bedeutend grösser ist als bei *Paulownia*, zeigt sich dagegen bei letzterer eine bedeutend grössere Vermehrung der Kohlensäure

¹⁾ *Ramann, E.*, Mineralstoffgehalt von Baumblättern zur Tages- und zur Nachtzeit. Jahrbücher f. wiss. Botanik 1911. 50. Bd. 1. Heft. p. 88.

²⁾ *Ramann, E.* und *Bauer, H.*, Trockensubstanz, Stickstoff und Mineralstoffe von Baumarten während einer Vegetationsperiode. Jahrb. f. wissensch. Bot. 1911. 50. Bd. I. Heft. p. 72.

in der Rohasche. Die chemische Natur der in das Kambium eingetretenen Kalziumverbindungen ist demnach bei *Ulmus* und *Paulownia* nicht ganz gleich. Die Phosphorsäurebestimmung bringt keine Anhaltspunkte über die Verschiedenheit dieser Kalziumverbindungen.

Vermutlich hat das Ulmuskambium dagegen eine bedeutendere Zunahme stickstoffhaltiger Substanzen zu verzeichnen.

B. Kalk, Magnesia und Phosphorsäure in der lufttrockenen Substanz. (Tabellen III und IV.)

Zu diesen Tabellenaufstellungen wurde ich durch die immer gleichen $Mg_2P_2O_7$ Gewichte veranlasst. Mit dieser eigentümlichen Tatsache hat es folgende Bewandnis:

Beim Verarbeiten meines — aus praktischen Gründen nur luftgetrockneten — Materials verwandte ich von diesem einerseits zur Säuregemischveraschung, andererseits zur Bestimmung der absoluten Trockensubstanz und der Glühasche immer gleiche Mengen; zur Säuregemisch=Veraschung zirka 30 g., zur Glühasche zirka 12 g. Es wurden alsdann 500 bzw. 200 ccm Aschenlösungen hergestellt und zu den einzelnen Bestimmungen immer wieder gleiche Anzahl Kubikzentimeter verarbeitet.

Es musste mir bald auffallen, dass bei der Magnesiabestimmung die $Mg_2P_2O_7$ -Gewichte annähernd gleich blieben, nicht nur für die verschiedenen Untersuchungsperioden, sondern auch gleich für *Ulmus* und *Paulownia*.

Mit etwas grösserer Abweichung lagen die Verhältnisse bei der Phosphorsäurebestimmung ähnlich so.

Bei Berechnung der Reinaschentabellen ergaben sich dagegen grosse Unterschiede im Magnesia- und Phosphorsäuregehalt zwischen *Ulmus* und *Paulownia*. Die *Ulmus*-Reinasche enthält nur 3—4% MgO und 11—14% P_2O_5 , die Reinasche des *Paulownia*-Kambiums dagegen 10—11% MgO und 25—31% P_2O_5 .

Da die gleichen Gewichtszahlen aber doch auf eine Gesetzmässigkeit deutlich hinwiesen, war es mir alsbald klar, dass das Magnesium in einem bestimmten Verhältnis zu der lufttrockenen Substanz stehen muss. Die Berechnung des Kalk-, Magnesia- und Phosphorsäure-Gehaltes auf lufttrockenes Kambium ergibt ein ganz anderes Bild als die Reinaschentabellen. Die grosse Magnesia- und Phosphorsäure-Differenz zwischen *Ulmus* und *Paulownia* ist hier ganz ausgeglichen.

Das prozentische Kalkverhältnis hat sich dagegen bei diesem Ansatz sogar noch erheblich erweitert. (Vgl. auch Tabellen 9 und 10.)

In der Reinasche steht das Kalkverhältnis zwischen Paulownia und Ulmus im Durchschnitt wie 1:2,4, in der lufttrockenen Substanz wie 1:6,6.

Dies letztgenannte Verhältnis kennzeichnet die Paulownie richtig als kalkärmere Pflanze gegen die sehr kalkreiche Ulme. Aus der Aschenzusammensetzung ist eine richtige Vorstellung über die Bedeutung des Kalkes für die beiden Bäume nicht zu gewinnen.

Beim Vergleich des durchschnittlichen Magnesiaverhältnisses zwischen Paulownia und Ulmus in der Reinasche, steht dasselbe wie 1:0,36, in der lufttrockenen Substanz dagegen fast gleich.

Zum Zwecke besserer Übersicht habe ich die Verhältniszahlen in Tabellen 9 und 10 zusammengestellt.

Fast ebenso gleich steht das Magnesiaverhältnis in der absoluten Trockensubstanz. In der frischen Substanz berechnet sich sogar das Magnesiaverhältnis für Ulmus höher als für Paulownia.

Betrachtet man in gleicher Weise das Phosphorsäureverhältnis, das in der Reinasche so stark divergiert, so finden wir dieselben Eigentümlichkeiten, in lufttrockener Substanz und absoluter Trockensubstanz ist fast kein Unterschied zu beobachten. Wir sehen also auch beim Vergleich der Phosphorsäure vom Ulmus- und Paulowniakambium, dass sich die Verhältniszahlen in der lufttrockenen Substanz am meisten genähert haben.

In der frischen Substanz berechnet sich auch die Phosphorsäure für Ulmus höher als für Paulownia.

Ich lege der eigentümlichen Tatsache, dass sich die Magnesia- und Phosphorsäure-Verhältnisse im Kambium so verschiedenartiger Bäume wie Ulmus und Paulownia in der lufttrockenen Substanz bzw. der absoluten Trockensubstanz ganz gleich gestalten, eine entsprechende Bedeutung bei.

Für Magnesia ist noch besonders beachtenswert, dass nicht nur dies Durchschnittsverhältnis zwischen Ulmus und Paulownia dasselbe ist, sondern dass auch zu den verschiedenen Zeiten bei beiden Pflanzen kaum nennenswerte Magnesiaschwankungen im Kambium nachgewiesen werden können, während in den Untersuchungszeiten die Phosphorsäure doch bedeutendere Schwankungen zeigt.

Es liegen hier Gesetzmässigkeiten vor, über die bisher noch nichts bekannt ist.

Ob das Kambium sich in regster Tätigkeit befindet oder im Ruhezustand, ob der Wassergehalt ein hoher oder niedriger ist, ob besonders der Kalkgehalt die grössten Veränderungen aufweist: Die Magnesia bleibt im Kambium ganz verschiedenartiger Bäume und in allen Perioden konstant.

Der Magnesiagehalt ist unabhängig von der Kalkmenge und der Gesamtasche.

Das Magnesium befindet sich in organisch fester Verbindung im Protoplasma.

Schon bei Betrachtung der Reinaschentabellen zeigten sich die engen Beziehungen zwischen Magnesia- und Phosphorsäuregehalt.

Dass die enorme Gehaltdifferenz der Phosphorsäure zwischen Ulmen- und Paulownienkambiumasche in der lufttrockenen und absolut trockenen Substanz sich in ähnlicher Weise wie die Magnesia ausgleicht, deutet auf eine auf gleicher Basis ruhende Gesetzmässigkeit, wie sie für Magnesia gilt.

Die zeitlichen Phosphorsäure-Schwankungen beweisen, wie schon erwähnt, wiederum, dass die Magnesia nicht allein den Phosphorsäuregehalt beeinflusst.

Sicher haben wir es aber hier mit einer Magnesia-Phosphorverbindung zu tun, mit einem im Leben der Zelle äusserst wichtigen Faktor, der keine Verschiebungen erleidet.

C. Kalk, Magnesia und Phosphorsäure in der absoluten Trockensubstanz. (Tabellen V und VI.)

Diese Tabellen geben im wesentlichen dasselbe Bild wie die Tabellen III und IV. Ich habe sie auch aus diesem Grunde aufgestellt, um darzutun, dass bei phytochemischen Untersuchungen die Bestimmung der lufttrockenen Substanz genügt, um durchaus zuverlässige Resultate zu erhalten, die auch nur wenig von den Resultaten der absoluten Trockensubstanz abweichen.

Ich bin sogar der Ansicht, dass für physiologisch-chemische Studien die lufttrockene Substanz als Ausgangsmaterial den Vorzug verdient.

Die chemische Zusammensetzung dieses Materials weicht nur wenig von der natürlichen, der frischen Substanz ab. Ich fand auch in den einzelnen Werten eine bessere Übereinstimmung in den lufttrockenen Materialien als in der bei 100° getrockneten Masse. Bei dieser bemerkte man, ehe man annehmen konnte, dass das Material

wasserfrei sei, schon Oxydationswirkung und dadurch schliesslich sogar eine Gewichtszunahme.

Das gefundene niedrigste Gewicht wurde den Berechnungen für die absolute Trockensubstanz zugrunde gelegt. Ob aber zwischen diesem niedrigsten Gewicht und der nächsten bereits höheren Wägung nicht noch eine weitere Gewichtsabnahme lag, kann natürlich nicht konstatiert werden. Andererseits wird nicht nur Wasser verflüchtigt, sondern auch organische Stoffe. Der kräftige, an frisches Backobst erinnernde Geruch besagt das schon.

Beim Trocknen in einem anderen Medium als Luft kann auch nicht ohne weiteres angenommen werden, dass diese (z. B. Kohlensäure, Wasserstoff) sich etwa indifferent verhalten.

Ich beobachtete auch, dass es durchaus nicht gleichgültig war, ob man frisches Kambium sofort zur Bestimmung der absoluten Trockensubstanz in den Wassertrockenschrank brachte, oder ob man die Substanz erst lufttrocken werden liess. Die Ergebnisse waren derart, dass ich nicht sagen kann, die Gewichtskonstanz ist nach ersterem Modus höher gelegen oder niedriger. Beim Ulmenkambium fand ich stets ein höheres Endgewicht, also mehr Trockensubstanz als auf dem Wege über die lufttrockene Substanz. Bei Paulownia konstatierte ich dies nur bei dem Februar- und April-Kambium, dagegen einen grösseren Gewichtsverlust aus dem Mai- und August-Kambium. Dass diese Erscheinung mit dem geringeren oder grösseren Wassergehalte des Kambiums im Zusammenhang steht, ist sehr wahrscheinlich.

Das bei 100° getrocknete Material, besonders von Paulownia, war so hygroskopisch, dass durch mehrstündiges Stehenlassen beinahe das Gewicht der lufttrockenen Substanz erreicht werden konnte.

Aus meinen gefundenen Werten geht ohne weiteres hervor, dass sich bei Zugrundelegung der lufttrockenen Substanz vollwertige Resultate ergeben. In der lufttrockenen Substanz weichen sogar die MgO und P₂O₅-Werte — wenn auch um Geringes — doch noch weniger in den Untersuchungszeiten voneinander ab, als in der absoluten Trockensubstanz.

Jedenfalls enthält die lufttrockene Substanz im Gegensatz zur 100grädigen Trockensubstanz die organischen Verbindungen vollständiger und in kaum veränderter natürlicherer Form. Die Unveränderlichkeit und Keimfähigkeit luftgetrockneter Samen, Sporen und Pollenkörner liefern auch Beweise dafür.

D. Kalk, Magnesia und Phosphorsäure im frischen Kambium. (Tabellen VII und VIII.)

Sämtliche Rubriken dieser Tabellen beziehen sich auf die frische Substanz, die beiden ersten sind, wie in den vorher besprochenen Tabellen, nur zur besseren Übersicht hier nochmals angeführt.

In der Reinasche des frischen Ulmenkambiums ergeben sich im Gegensatz zum Paulownienkambium ganz abweichende Verhältnisse. Nur im April zeigt der Aschengehalt der frischen Substanz bei der Ulme eine grössere Abnahme gegen Februar, nimmt dann im Mai, trotz Abnahme der Trockensubstanz wieder zu und bleibt im August auf demselben Stand, ungeachtet des weiteren Rückganges der Trockensubstanz, bzw. der fortschreitenden Wasserbereicherung.

Im Vergleich zum Paulownienkambium ist die Wasseraufnahme im Ulmenkambium in der ganzen Vegetationszeit gering.

Der Mineralbestand im frischen Ulmenkambium ist 3—6 mal so hoch als im Paulownienkambium, was aber keinen Einfluss auf den Magnesia- und Phosphorsäuregehalt dieser frischen Kambien hat. Es muss auch hier auffallen, dass im Februar und April die Magnesia und Phosphorsäure bei beiden Kambien einen ziemlich gleichen Prozentsatz der frischen Substanz ausmachen, ungeachtet der sonst ganz verschiedenen Aschenzusammensetzung.

Die Verschiebung im Mai und August ist nur durch den Wassergehalt bedingt.

Ein Blick auf die Trockensubstanz-Rubriken klärt uns dies Magnesia- und Phosphorsäureverhältnis in schon bekannter Weise auf: Die Trockensubstanz gibt hier den Ausschlag! Wie durch die Wasseraufnahme die Trockensubstanz, so nimmt im gleichen Masse auch die Magnesia und, mit geringer Abweichung, auch die Phosphorsäure ab.

Im frischen Paulownienkambium bemerkt man von Februar bis April noch eine kleine Aschenzunahme, trotz schon geringer Abnahme der Trockensubstanz in gleicher Zeit.

Mit Beginn der Knospentriebzeit beobachtet man, reziprok der Wasseraufnahme, eine Reinaschenabnahme, die bis August fortschreitet, um mehr als die Hälfte gegen den prozentischen Gehalt im Winter.

Unter demselben Einfluss der beträchtlichen Wasserbereicherung stehen bei Paulownia im Mai und August auch die Kalk-, Magnesia- und Phosphorsäure-Mengen.

Der Kalkgehalt fällt im Mai — aber auch infolge der Auswanderung — sogar auf $\frac{1}{5}$ der Aprilmenge, um im August ungeachtet weiterer Wasserzufuhr durch Einwanderung wieder auf unge-

fähr $\frac{1}{3}$ des Aprilstandes zu steigen, wogegen Reinasche, Magnesia und Phosphorsäure noch weiter sinken.

Die phänomenale Wasserbereicherung des Paulownienkambiums hat als Hauptfaktor diese Verhältnisse geschaffen.

Wirft man wieder einen Blick auf die Verhältnisse in der lufttrockenen Substanz oder der absoluten Trockensubstanz der Paulownie, so glaubt man auch hier den Einfluss der Wasserberieselung in der Kalzium- und Phosphorsäurerubrik bis zum gewissen Grade im Mai und August zu erkennen, was am besten auffällt, wenn man dieselben Tabellen der Ulme damit vergleicht.

Gerade bei diesen Betrachtungen fällt wieder auf, dass die Magnesia in den Trockensubstanzen allen Einflüssen standhält.

Ich finde meine Annahme nochmals bestätigt, dass die Magnesia in einem bestimmten Verhältnis zur Trockensubstanz des Kambiums steht, sich bei den grössten Verschiebungen der anderen Mineralstoffe ganz neutral verhält, dass durch enorme Wasserberieselung an der Magnesiakonstanz der Trockensubstanz nichts geändert wird, sich die Magnesia demnach nur in fester organischer, nur imbibitionsfähiger Form im Kambium befindet.

Dass der Phosphorsäuregehalt sich einerseits sehr auffallend dem der Magnesia anpasst, haben wir in den bisher betrachteten Tabellen wiederholt wahrgenommen, doch zeigen sich auch hier in der frischen Substanz des Ulmen- und Paulownienkambiums wieder die Schwankungen im Gehalt, die darauf hinweisen, dass die Phosphorsäure nicht ausschliesslich mit der Magnesia in Verbindung steht. Die Gesetzmässigkeiten für die Magnesia haben nicht vollständig, aber doch zum grössten Teil auch für die Phosphorsäure Gültigkeit.

Ein kleinerer Teil der Phosphorsäure ist dagegen im löslichen wanderungsfähigen Zustand im Kambium, was auch der Einfluss der Wasserbereicherung auf den Gehalt der Phosphorsäure in der Trockensubstanz beweist.

Das Verhältnis der Phosphorsäure zum Kalk lässt sich in der frischen Substanz am besten beleuchten durch die gleichzeitigen enormen Abnahmen; bei der Ulme zwischen Februar und April, bei der Paulownie zwischen April und Mai.

Merkwürdig ist, dass bei der Paulownie die Wasserbereicherung eine ganz allgemeine Herabsetzung der Mineralstoffe im Kambium bewirkt. Für die Magnesia und bis zum gewissen Grade auch für die Phosphorsäure haben wir eine für beide Versuchsbäume einwandfreie Erklärung für diese Herabsetzung gefunden; wie mit der

Wasserzunahme die Trockensubstanz abnimmt, so muss in gleichem Masse auch die Magnesia und ähnlich auch die Phosphorsäure sinken.

Wir finden aber in dem frischen Kambium der Ulme das Wasserverhältnis nicht auch in der Reinasche und im Kalkgehalt merklich ausgedrückt. Es lässt sich im Gegenteil erkennen, dass die Konzentration der Mineralstoffe im Ulmenkambium auf ziemlich gleicher Höhe bleibt, während, nach der Reinasche im frischen Paulownienkambium zu schliessen, von einer solchen Verdünnung gesprochen werden könnte, als sei vollständig mineralfreies Wasser ins Kambium gelangt. Nur der Kalk erfährt zwischen Mai und August nach dem vorhergegangenen grossen Sturz eine relativ hohe Steigerung (über 60 %), wie diese analog auch bei der Ulme angetroffen wurde (über 90 %).

Der grosse Wassergehalt mit gleichbedeutender Herabsetzung der Mineralsubstanz im Kambium der Paulownia, ferner die gleichzeitige Steigerung des Kalkgehaltes bei *Ulmus* und *Paulownia* weisen daraufhin, dass zwischen Mai und August im Kambium der abwärts führende Assimilationsstrom angetroffen wird.

Im Zusammenhang damit erklärt es sich, weshalb die abgesägten Äste so stark bluteten, während an der Stammwunde ein Bluten nicht beobachtet werden konnte. (In der Zeit des Saftsteigens bluten mitunter die verletzten Stämme sehr stark.)

Man könnte annehmen, dass im Assimilationsstrom der Paulownie als einziger Mineralbestandteil Kalzium mitgeführt würde. Für die grundverschiedenen Befunde der Reinaschen im frischen Ulmen- und Paulownienkambium kann ich keine andere Erklärung finden, als dass dies in der grossen Verschiedenartigkeit der Bäume selbst liegt.

Die Ulme gehört nach *E. Ramann* und *H. Bauer* in jene Gruppe von Bäumen mit Spitzenwachstum in der ganzen Vegetationszeit.

Eine ältere Paulownie macht einen starken Trieb im Mai und treibt im Spätsommer die grossen Blütenrispen-Knospen für die nächstjährige Vegetationszeit. Dass sich diese verschiedenen Wachstumsverhältnisse, auch die verschiedene Zusammensetzung der Holzkörper¹⁾, (*Paulownia* bildet kein Kernholz) in besonderer Weise auch in dem Aschengehalt des Kambiums ausprägen, ist wohl anzunehmen.

¹⁾ Im Kernholz der Ulme ist nach *Molisch* kohlensaurer Kalk in kristallinischer Form anzutreffen.

Molisch, H., Sitzber. d. Wiener Akad. d. Wiss., math.-phys. Kl. Bd. 84. Abt. I. 1882. Über Ablagerungen von kohlensaurem Kalk im Stamme dikotyler Holzgewächse. p. 7.

E. Vergleich der Kalk-, Magnesia- und Phosphorsäure-Verhältniszahlen in der Reinasche, Trockensubstanz, lufttrockenen Substanz und frischen Substanz des Ulmen- und Paulownienkambiums aus dem Mittel der sämtlichen Untersuchungen. (Tabellen IX und X.)

Durch die bisher angestellten Vergleiche erzielten wir je nach der Berechnung auf das lebendfrische Kambium, oder auf die Trockensubstanzen, oder auf die Reinasche so wechselvolle Bilder, dass nicht so schlechtweg an der Hand der geschilderten Tabellen zu entscheiden ist, welches Kambium den höchsten Kalk-, Magnesia- und Phosphorsäuregehalt besitzt. Je nach Zugrundelegung der verschiedenen Substanzen könnte man zu verschiedenen Ansichten gelangen.

Nach Vergleich der Reinaschentabellen (Tabellen I und II) könnte man leicht zu der Überzeugung kommen, dass das Ulmenkambium kalkreicher, das Paulownienkambium dafür aber reicher an Magnesia und Phosphorsäure wäre. Zieht man aber einen Vergleich zwischen den mittleren Werten aus den sämtlichen Untersuchungszeiten der Reinaschen, Trockensubstanzen und frischen Substanzen, so ergibt sich für den Kalk-, Magnesia- und Phosphorsäuregehalt der beiden Kambien folgendes:

Kalk: Das Verhältnis steht in der Reinasche am nächsten, bezogen auf Paulownia = 1:2,4. Es erweitert sich und steht am weitesten in der frischen Substanz, bezogen auf Paulownia = 1:7,5. Welche Substanz man auch zugrundelegt, Ulmus ist kalkreicher.

Magnesia: Am nächsten, fast gleich steht das Verhältnis in der lufttrockenen Substanz, bezogen auf Ulmus = 1:1,03. Hier erweitert sich nun das Verhältnis nach zwei Seiten und steht am weitesten in der Reinasche, wo Paulownia magnesiareicher ist, bezogen auf Ulmus = 1:2,79. Nach der anderen Seite kehrt sich das Verhältnis um. Auf frische Substanz berechnet, ist Ulmus magnesia-reicher. Das Verhältnis ist, bezogen auf Paulownia = 1:1,3.

Phosphorsäure: In der Reinasche enthält das Paulownienkambium mehr Phosphorsäure, das Verhältnis steht hier, bezogen auf Ulmus = 1:2,31. In der Trockensubstanz hat sich das Verhältnis am meisten genähert, steht aber schon hier im Ulmenkambium höher und zwar, bezogen auf Paulownia = 1:1,13.

Auf frische Substanz berechnet, ist Ulmus reicher auch an Phosphorsäure und steht hier das Verhältnis, bezogen auf Paulownia = 1:1,46.

In folgendem ist zur Übersicht zusammengestellt, welches Kambium in der Reinasche, Trockensubstanz, lufttrockenen Substanz und frischen Substanz den höheren Gehalt an Kalk, Magnesia und Phosphorsäure enthält:

| | Kalk. | Magnesia. | Phosphorsäure. |
|----------------------|--------------|------------------|-----------------------|
| Reinasche: | Ulmus | Paulownia | Paulownia |
| Trockensubstanz: | Ulmus | Paulownia-Ulmus | Ulmus-Paulownia |
| lufttrock. Substanz: | Ulmus | Paulownia-Ulmus | Ulmus-Paulownia |
| frische Substanz: | Ulmus | Ulmus | Ulmus |

Das kalkreichere Kambium besitzt also die Ulme. Es wäre nicht richtig anzunehmen, dass das Paulownienkambium deswegen reicher an Magnesia und Phosphorsäure sei, weil es in der Reinasche so bedeutend mehr an diesen Stoffen enthält als das Ulmenkambium. Hauptsächlich der verschieden hohe Kalkgehalt der Kambien beider Bäume bedingt diese Magnesia-Differenz. Umgekehrt wäre es ebenso verfehlt das Ulmenkambium für magnesia- und phosphorsäurereicher zu halten, weil sich das Verhältnis in der frischen Substanz aus den mittleren Werten der vier Untersuchungsperioden so ergeben hat. Hätte ich nur das Mittel der Februar- und Apriluntersuchungen zugrunde gelegt, so würde das Verhältnis der Magnesia- und Phosphorsäure in beiden Kambien sich gleich gestalten. Die Schuld an der Verschiebung des Verhältnisses aus dem Mittel der vier Untersuchungsperioden trägt die abnorme Wasseraufnahme des Paulownienkambiums im Mai und August. Man muss den Gehalt der Trockensubstanzen zugrunde legen und zwar verdient, wie oben erwähnt, die lufttrockene Substanz, in der das Magnesiaverhältnis am nächsten steht, den Vorzug.

Kalkreicher ist also das Ulmenkambium. Der Magnesia- und Phosphorsäuregehalt ist im Ulmen- und Paulowniakambium als gleich zu betrachten. Keine Pflanze hat in dieser Beziehung etwas der anderen voraus.

V. Tabellen.

Tabelle I.

Ulmus campestris (Kambiumzone).

| Tag der Entnahme | Luftrockene Substanz % | Absolute (b. 100°) Trockensubstanz | In der Trockensubstanz % Rohasche | In der Rohasche | | | In der Trockensubstanz % Reinasche | In der Reinasche | | |
|------------------|------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|--------|----------------|------------------------------------|------------------|--------|---------------------------------|
| | | | | % Kohle | % Sand | % Kohlen-säure | | % Ca O | % Mg O | % P ₂ O ₅ |
| 17. Februar | 44,12 | 42,96 | 10,83 | 6,23 | 1,14 | 11,60 | 8,78 | 46,03 | 3,59 | 14,33 |
| 18. April | 37,61 | 35,12 | 9,68 | Spuren | 0,39 | 13,30 | 8,35 | 41,47 | 4,32 | 11,60 |
| 16. Mai | 36,41 | 34,20 | 11,15 | 1,19 | 0,37 | 14,47 | 9,36 | 29,80 | 3,85 | 11,11 |
| 1. August | 33,12 | 31,15 | 12,91 | 0,19 | 0,44 | 19,85 | 10,27 | 56,93 | 3,38 | 12,48 |

Tabelle II.

Paulownia tomentosa (Kambiumzone).

| Tag der Entnahme | Luftrockene Substanz % | Absolute (b. 100°) Trockensubstanz | In der Trockensubstanz % Rohasche | In der Rohasche | | | In der Trockensubstanz % Reinasche | In der Reinasche | | |
|------------------|------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|--------|----------------|------------------------------------|------------------|--------|---------------------------------|
| | | | | % Kohle | % Sand | % Kohlen-säure | | % Ca O | % Mg O | % P ₂ O ₅ |
| 20. Februar | 41,25 | 38,31 | 3,27 | Spuren | | 3,03 | 3,17 | 21,77 | 10,83 | 31,48 |
| 18. April | 38,74 | 35,78 | 3,81 | — | 1,11 | 3,61 | 3,63 | 24,45 | 10,14 | 32,83 |
| 19. Mai | 20,06 | 17,88 | 4,30 | 0,62 | 1,23 | 4,18 | 4,04 | 8,44 | 10,84 | 24,56 |
| 2. August | 18,44 | 17,16 | 3,82 | Spuren | 1,15 | 12,40 | 3,30 | 17,43 | 10,29 | 25,53 |

Tabelle III.
Ulmus campestris (Kambiumzone).

| Tag der Entnahme | Lufttrockene Substanz % | In der lufttrockenen Substanz | | |
|------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------|------------------------------------|
| | | % Ca O | % Mg O | % P ₂ O ₅ |
| 17. Februar | 44,12 | 3,93 | 0,31 | 1,22 |
| 18. April | 37,61 | 3,24 | 0,34 | 0,91 |
| 16. Mai | 36,41 | 2,62 | 0,34 | 0,98 |
| 1. August | 33,12 | 5,50 | 0,33 | 1,21 |

Tabelle IV.
Paulownia tomentosa (Kambiumzone).

| Tag der Entnahme | Lufttrockene Substanz % | In der lufttrockenen Substanz | | |
|------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------|------------------------------------|
| | | % Ca O | % Mg O | % P ₂ O ₅ |
| 20. Februar | 41,25 | 0,64 | 0,32 | 0,93 |
| 18. April | 38,74 | 0,82 | 0,34 | 1,10 |
| 19. Mai | 20,06 | 0,30 | 0,39 | 0,89 |
| 2. August | 18,44 | 0,54 | 0,32 | 0,78 |

Tabelle V.
Ulmus campestris (Kambiumzone).

| Tag der Entnahme | Lufttrockene Substanz % | Absolute (bei 100 °) Trockensubstanz % | In der absoluten Trockensubstanz | | |
|------------------|-------------------------|----------------------------------------|----------------------------------|-------|---------------------------------|
| | | | % CaO | % MgO | % P ₂ O ₅ |
| 17. Februar | 44,12 | 42,96 | 4,04 | 0,32 | 1,26 |
| 18. April | 37,61 | 35,12 | 3,47 | 0,36 | 0,97 |
| 16. Mai | 36,41 | 34,20 | 2,79 | 0,36 | 1,04 |
| 1. August | 33,12 | 31,15 | 5,85 | 0,35 | 1,28 |

Tabelle VI.
Paulownia tomentosa (Kambiumzone).

| Tag der Entnahme | Lufttrockene Substanz % | Absolute (bei 100 °) Trockensubstanz % | In der absoluten Trockensubstanz | | |
|------------------|-------------------------|----------------------------------------|----------------------------------|-------|---------------------------------|
| | | | % CaO | % MgO | % P ₂ O ₅ |
| 20. Februar | 41,25 | 38,31 | 0,69 | 0,34 | 1,00 |
| 18. April | 38,74 | 35,78 | 0,89 | 0,37 | 1,19 |
| 19. Mai | 20,06 | 17,88 | 0,34 | 0,44 | 0,99 |
| 2. August | 18,44 | 17,66 | 0,58 | 0,34 | 0,84 |

Tabelle VII.
Ulmus campestris (Kambiumzone).

| Tag der Entnahme | In frischer Substanz | | | | | |
|------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------|--------|--------|---------------------------------|
| | % Luft-trockene Substanz | % Absolute Trocken-substanz | % Reinasche | % Ca O | % Mg O | % P ₂ O ₅ |
| 17. Februar | 44,12 | 42,96 | 3,77 | 1,74 | 0,14 | 0,54 |
| 18. April | 37,61 | 35,12 | 2,93 | 1,22 | 0,13 | 0,34 |
| 16. Mai | 36,41 | 34,20 | 3,20 | 0,95 | 0,12 | 0,36 |
| 1. August | 33,12 | 31,15 | 3,20 | 1,82 | 0,11 | 0,40 |

Tabelle VIII.
Paulownia tomentosa (Kambiumzone).

| Tag der Entnahme | In frischer Substanz | | | | | |
|------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------|--------|--------|---------------------------------|
| | % Luft-trockene Substanz | % Absolute Trocken-substanz | % Reinasche | % Ca O | % Mg O | % P ₂ O ₅ |
| 20. Februar | 41,25 | 38,81 | 1,21 | 0,26 | 0,13 | 0,38 |
| 18. April | 38,74 | 35,78 | 1,30 | 0,32 | 0,13 | 0,43 |
| 19. Mai | 20,06 | 17,88 | 0,72 | 0,06 | 0,08 | 0,18 |
| 2. August | 18,44 | 17,16 | 0,57 | 0,10 | 0,06 | 0,14 |

Tabelle IX.

Kalk-, Magnesia- und Phosphorsäure-Verhältnis zwischen Paulownia und Ulmus.

| Aus dem Mittel der vier Untersuchungsperioden be- rechnet auf | Ca O | Mg O | P ₂ O ₅ |
|---------------------------------------------------------------------|---------|----------|-------------------------------|
| Reinasche | 1 : 2,4 | 1 : 0,36 | 1 : 0,43 |
| Trockensubstanz | 1 : 6,4 | 1 : 0,95 | 1 : 1,13 |
| Lufttrockene Substanz | 1 : 6,6 | 1 : 0,97 | 1 : 1,16 |
| Frische Substanz | 1 : 7,5 | 1 : 1,30 | 1 : 1,46 |

Tabelle X.

Kalk-, Magnesia- und Phosphorsäure-Verhältnis zwischen Ulmus und Paulownia.

| Aus dem Mittel der vier Untersuchungsperioden be- rechnet auf | Ca O | Mg O | P ₂ O ₅ |
|---------------------------------------------------------------------|----------|----------|-------------------------------|
| Reinasche | 1 : 0,41 | 1 : 2,79 | 1 : 2,31 |
| Trockensubstanz | 1 : 0,16 | 1 : 1,06 | 1 : 0,89 |
| Lufttrockene Substanz | 1 : 0,15 | 1 : 1,03 | 1 : 0,86 |
| Frische Substanz | 1 : 0,13 | 1 : 0,77 | 1 : 0,68 |

Tabelle XI.

°/o Kalk, Magnesia, Phosphorsäure im Mittel der vier Untersuchungen. Ulmus.

| Berechnet auf | Ca O | Mg O | P ₂ O ₅ |
|-----------------------|-------|------|-------------------------------|
| Reinasche | 43,56 | 3,79 | 12,38 |
| Trockensubstanz | 4,04 | 0,35 | 1,14 |
| Lufttrockene Substanz | 3,82 | 0,33 | 1,08 |
| Frische Substanz | 1,43 | 0,13 | 0,41 |

Tabelle XII.

°/o Kalk, Magnesia, Phosphorsäure im Mittel der vier Untersuchungen. Paulownia.

| Berechnet auf | Ca O | Mg O | P ₂ O ₅ |
|-----------------------|-------|-------|-------------------------------|
| Reinasche | 18,02 | 10,53 | 28,60 |
| Trockensubstanz | 0,63 | 0,37 | 1,01 |
| Lufttrockene Substanz | 0,58 | 0,34 | 0,93 |
| Frische Substanz | 0,19 | 0,1 | 0,28 |

Tabelle XIII.

100 qem der Kambiumzone lieferten von Ulmus:

| Datum | Frische Substanz | Lufttrockene Substanz |
|-------------|------------------|-----------------------|
| 17. Februar | 3,89 g | 1,72 g |
| 18. April | 2,81 g | 1,06 g |
| 16. Mai | 4,26 g | 1,55 g |
| 1. August | 1,82 g | 0,60 g |

Tabelle XIV.

100 qcm der Kambiumzone lieferten von Paulownia:

| Datum | FrISCHE Substanz | Lufttrockene Substanz |
|-------------|---------------------|--------------------------|
| 20. Februar | 2,96 g | 1,22 g |
| 18. April | 2,67 g | 1,03 g |
| 19. Mai | 5,38 g | 1,08 g |
| 2. August | 2,85 g | 0,53 g |

Tabelle XV.

Im Mittel der vier Untersuchungen wurde aus 100 qcm gewonnen:

| | FrISCHE Substanz: | Lufttrockene Substanz: |
|------------|-------------------|------------------------|
| Ulmus: | 3,20 g | 1,23 g |
| Paulownia: | 3,47 g | 0,97 g |

Durchschnittlich wurden 100 g Kambium gewonnen:

| | |
|----------------|--------------|
| bei Ulmus: | aus 3495 qcm |
| bei Paulownia: | aus 3122 qcm |

Tabelle XVI.

Um 100 Gramm Kambium zu erhalten, mussten abgekratzt werden:

| bei Ulmus | | bei Paulownia | |
|-------------|----------|---------------|----------|
| 17. Februar | 2573 qcm | 20. Februar | 3375 qcm |
| 18. April | 3558 qcm | 18. April | 3745 qcm |
| 16. Mai | 2347 qcm | 19. Mai | 1860 qcm |
| 1. August | 5500 qcm | 2. August | 3507 qcm |

VI. Zusammenfassung der Hauptergebnisse.

A. Allgemeine Erfahrungen zur Methode.

1. Die Brauchbarkeit der Säuregemischveraschungsmethode nach *Neumann* hat sich auch für phytochemische Untersuchungen erwiesen.

2. Die Methode der Säuregemischveraschung ist einfacher und liefert für die in Betracht kommenden Bestimmungen exaktere Resultate als die Glühaschenmethode.

3. In der Säuregemischasche liegen die Werte für Kalk und Magnesia etwas niedriger als in der Glühasche, in welcher durch Verflüchtigung anderer Mineralbestandteile Kalk und Magnesia angereichert werden.

4. Für die Phosphorsäurebestimmung erwiesen sich in vielen Fällen beide Veraschungsmethoden als gleichwertig. Mitunter lag aber der Phosphorsäuregehalt in der Glühasche merklich tiefer. In solchen Analysen war die Anreicherung von Kalk und Magnesia besonders auffallend.

5. Für die Veraschung kalkreicher Substanzen wäre es vorteilhafter, wenn an Stelle der Schwefelsäure bei der Säureveraschungsmethode ein anderes dehydrogenisierendes Agens angewendet werden könnte¹⁾.

6. Durch Vergleich der Resultate der Säuregemischaschenanalyse und der Glühaschenanalyse tritt deutlich zutage, welche Veränderungen in der Zusammensetzung der Asche schon bei Anwendung niedriger Temperatur zu der Veraschung entstehen.

B. Chemisch-physiologische Ergebnisse.

1. Die verschiedentlich ausgesprochenen Vermutungen, dass der Wassergehalt des Kambiums im Frühjahr am höchsten stehe und gegen Spätsommer abnehme, haben sich nicht bestätigt.

2. Der Wassergehalt in der Kambiumzone nimmt in der Vegetationszeit ständig zu, ganz rapid während des Ausschlagens der Triebe. Er steht im Verhältnis zur Triebstärke der Bäume und zur Stärke des Dickenwachstums. Bis zum August konnte eine weitere

¹⁾ Weil die Anwendung zu grosser Schwefelsäuremengen bei der Veraschung die Phosphorsäurebestimmung beeinträchtigt, hat *Aron* schon dahin sich ausgesprochen, dass es eine Verbesserung der Methode bedeuten würde, wenn die Schwefelsäure durch einen Ersatz ausgeschaltet werden könnte.

Steigerung des Wassergehaltes im Kambium konstatiert werden, trotz der abnormen Trockenheit dieses Sommers (1911).

3. Im Frühjahr wird das Kambium mehr mit anorganischen Salzen ernährt, später immer mehr durch organische. (Der wachsende Kohlensäuregehalt der Asche weist darauf hin.)

4. Die allgemein verbreitete Annahme, dass im Kambium keine Kalziumverbindungen enthalten seien, ist irrig; Kalzium und Magnesium sind integrierende Bestandteile auch der Kambiumzellen.

5. In der Knospentriebzeit zeigt sich im Kambium eine ganz enorme Abnahme des Kalkgehaltes.

6. Der Reinaschengehalt der Trockensubstanz erfährt dann sogar noch eine Steigerung, wenn der Kalkgehalt der Asche um 25 bzw. 55 % sinkt. An Stelle des Kalziums tritt also ein anderes Element, vermutlich Kalium.

7. Das Kambium hat in verschiedenen Perioden ein wechselndes Kalkbedürfnis entsprechend der wechselvollen Aufgabe des Kambiums in der Bildung dickwandiger und dünnwandiger Elemente des Holz- und Bastteiles.

8. Im Laufe der Assimilationszeit nimmt der Kalkgehalt im Kambium wieder zu und erreicht seinen früheren Stand wieder, kann ihn auch noch bedeutend übertreffen.

9. Durch die starke Zunahme — Verdoppelung — des Kalkgehaltes der Asche im Laufe des Sommers ist keine Vermehrung des Aschengehaltes der Trockensubstanz bedingt. Das vertretende Element muss demnach wieder abgegeben worden sein.

10. Ein höherer Kalkgehalt der Kambiumzone hat auch eine bedeutend höhere organische Bindung von Kalzium in Folge.

11. Alle Anzeichen deuten darauf hin, dass der Kalk als anorganisches Salz im Frühjahr aus dem Kambium auswandert und im Sommer in organischer Form wieder zurückkehrt.

12. In der Assimilationszeit erhält das Kambium seine Nahrungszufuhr nur aus dem Assimilationsstrom; von Mineralstoffen findet hierbei nur eine Zunahme von Kalzium statt.

13. Die Annahme, dass Kalzium an der Leitung der Assimilate beteiligt sei, findet eine weitere Stütze. Die mannigfaltigen Veränderungen des Kalziums im Kambium in Gehalt und Form könnten in Anlehnung an diese Theorie eine plausible Erklärung erhalten.

14. Der Kalk spielt aber nicht nur beim Transport der Assimilate eine grosse Rolle, sondern auch weiterhin bei Verarbeitung der Assimilate im Kambium.

15. Der Magnesiumgehalt im Kambium ganz verschiedenartiger Bäume ist unabhängig von der Gesamtasche und deren Zusammensetzung, steht aber in einem bestimmten und konstant bleibenden Verhältnis zur Trockensubstanz. Mit der Ab- oder Zunahme der Trockensubstanz im Kambium verschiebt sich also in gleicher Weise auch Magnesia und mit geringer Abweichung auch die Phosphorsäure.

16. Das Magnesium steht in keinerlei Wechselbeziehungen zum Kalzium.

17. Der grösste Wechsel in der Aschenzusammensetzung, besonders die Verschiebung des Kalkgehaltes, übt auf den Magnesia-gehalt keinen Einfluss aus.

18. Zwischen Phosphorsäure und Magnesia bestehen enge Beziehungen. Ein hoher Magnesiagehalt der Asche bedingt auch einen entsprechend hohen Phosphorsäuregehalt und umgekehrt.

19. Die Magnesia befindet sich in organisch fester Verbindung im Protoplasma.

20. Die Phosphorsäure hat auch Beziehungen zum Kalk. Die Kalkschwankungen in der Vegetationszeit bewirken auch ein Steigen und Fallen der Phosphorsäure. Diese Phosphorsäureschwankungen sind aber relativ gering. Die Beziehungen zur Magnesia sind grösser.

21. Kalk und Magnesia sind allein für den Stand der Phosphorsäure in der Kambiumasche noch nicht völlig ausschlaggebend. Die Phosphorsäure steht in stärkerem oder schwächerem Kontakt mit allen für die Ernährung wichtigen Metallen.

22. Der Phosphorsäuregehalt, der wie die Magnesia in der Aschenzusammensetzung des Kambiums verschiedenartiger Bäume sehr weit auseinander liegen kann, ist in der Trockensubstanz in ziemlich gleichem, bestimmtem Prozentsatz vertreten, so dass eine auf gleicher Basis ruhende Gesetzmässigkeit für die Phosphorsäure wie für die Magnesia gilt.

23. Das Ulmenkambium ist kalkreicher als das Paulownienkambium. Der Magnesia- und Phosphorsäuregehalt ist aber im Kambium beider Bäume als gleich zu betrachten.

C. Beziehungen derselben zur Gewebebildung.

1. Das Dickenwachstum setzt vor Beginn der Triebzeit ein.

2. Die Kambiumtätigkeit wechselt während der Vegetationszeit periodisch mehr oder minder deutlich nach aussen und innen.

3. Der erste Wechsel der Kambiumtätigkeit von innen nach aussen tritt nach einer Ruheperiode dann ein, wenn der Kalkgehalt im Kambium am niedrigsten ist.

4. Bis zur Zeit der Blattbildung hat das Kambium einen grossen Teil des Holzjahrringes schon gebildet, aber noch keine Siebelemente. Die Streckung der Zellwände, die Bildung grosslumiger Gefässe erfolgt in kurzer Zeit im ersten Triebstadium der Knospen.

5. Solange das Kalzium durch ein anderes Element (K?) im Kambium vertreten ist, stockt die Jungholz-Neuzellbildung; zu dieser Zeit beginnt erst die Bildung dünnwandiger Siebelemente.

6. Während der Kalkgehalt im Kambium wieder zunimmt, werden im Bastteil und Holzteil dickwandigere Elemente gebildet, die dickwandigsten dann, wenn der Kalkgehalt wieder am höchsten steht.

Anhang.

Weitere verwandte Literatur.

- Alderhalden, E.*, Neuere Anschauungen über den Bau und den Stoffwechsel der Zelle. Berlin 1911. J. Springer. 37 pp.
- Bauer, H.*, Stoffbildung und Stoffaufnahme in jungen Nadelhölzern. Eine forstchemische Untersuchung. Naturwiss. Zeitschr. Forst- und Landwirtsch. 1910. VIII. 10. p. 457—498.
- Stoffbildung und Stoffaufnahme in jungen Laubhölzern. Naturw. Zeitschr. Forst- und Landwirtsch. 1911. IX. 9. p. 409.
- Bonnier, G.*, Remarques sur les différences que présente l'*Ononis natrix* cultivé sur un sol calcaire ou sur un sol sans calcaire. Bull. de Société botanique de France. T. 41.
- Chancerel, L.*, Action des engrais sur les végétaux ligneux. Diss. Paris 1909. Vigot frères.
- Colin, H. u. J. de Ruz de Lavison*, Absorption comparée des sels de baryum, strontium, calcium. Rev. gen. Bot. 1910. XXII. 261. p. 337—344.
- Czapek, F.*, Über Fällungsreaktionen in lebenden Pflanzen und einige Anwendungen derselben. Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch. 28. Jahrg. Heft 5. 1910. p. 147—159.
- Dassonville*, Influence des sels minéraux sur la forme et la structure des végétaux. Rev. gen. de Bot. 1896. T. VIII. p. 284.
- Deléano, N. T.*, Etude sur le rôle et la fonction des sels minéraux dans la vie de la plante. Inst. de Bot. de Genève. 8. sér. fasc. 2 & 3 1908. Vergl. auch 7. sér. 1907, ferner *Euler, H.*, Grundlagen und Ergebnisse der Pflanzenchemie. 3. Teil: Die chemischen Vorgänge im Pflanzenkörper. p. 158. Braunschweig 1909. Vieweg u. Sohn.
- Dojarenko, A.*, Einiges über *Loew's* Hypothese über die Rolle des Kalkes im Boden. Journ. für experiment. Landwirtsch. 1903. p. 183—187. Ref. Bot. Zentralbl. 1904. p. 470.

- Emmerling, A.*, Beiträge zur Kenntnis der chemischen Vorgänge in der Pflanze. 2. Abt. Landw. Versuchsstat. Bd. XXX. 1884.
- Godlewski, E.*, Zur Kenntnis der Ursachen der Formänderung etiolierter Pflanzen. Bot. Ztg. 1879. Sp. 81, 97, 113, 137.
- Grafe, V. u. L. von Portheim*, Untersuchungen über die Rolle des Kalkes in der Pflanze. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. in Wien. Math.-naturw. Kl. Bd. CXV. Abt. I. 1906.
- Guffroy*, Calcaire, calcimétrie et plantes calcicoles. Bull. Soc. bot. France. LVII. Série 4. X. p. 232—234. 1910. Ref. Bot. Zentralbl. 1911. Bd. 116. Nr. 10. p. 269.
- Hager*, Kulturversuche mit höheren Pflanzen über Aufnahme von Strontium, Barium und Magnesium. Leipzig 1909. Nach *Loew, O.*, Über die Wirkung von Strontiumsalzen auf Algen. Flora 1911. N. F. 2. Bd. I. H. p. 98/99.
- Hilgard, E. W.*, Über den Einfluss des Kalkes als Bodenbestandteil auf die Entwicklungsweise der Pflanzen. *Wolny's* Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik. X. 1888.
- Hoffmann, D.*, Über den Einfluss des Kalkmangels auf Keimlinge von *Phaseolus vulgaris* bei Verletzung der Wurzel. Österr. bot. Zeitschr. LX. 2. p. 61—64. 1910.
- Hofmann, H.*, Über Kalk- und Salzpflanzen. Landwirtsch. Versuchsstationen. XIII. Bd. 1870.
- Hori, S.*, Haben die höheren Pilze Kalke nötig? Flora 1910. N. F. I. Bd. 4. Heft. p. 447—448. Vergl. hierzu *Benecke*, Zeitschr. f. Bot. 1911. 3. Heft. p. 195 u. Bot. Zentralbl. 1911. Nr. 11. p. 291.
- Jumelle*, Recherches physiologiques sur le développement des plantes annuelles. Rev. génér. de botanique 1889.
- Katayama, T.*, On the Determination of the Available Amounts of Lime and Magnesia in the Soil. Bull. College of Agriculture Tokyo 1904. Vol. VI. Nr. 2. Ref. Bot. Zentralbl. 1904. Bd. 96. p. 667.
- König, J.*, Die Landwirtschaftliche Versuchsstation in Münster i. W. Denkschrift. Münster 1896. p. 191 ff.
- Kraus, Gregor*, Über den Bau trockener Pericarprien. Pringsh. Jahrb. Bd. V. 1866.
- Über den Siebröhreninhalt von Cucurbita. Sitzungsber. d. Naturf. Gesellsch. Halle 1884.
- Über den Stoffwechsel bei den Crassulaceen. Abh. d. Naturf. Gesellsch. zu Halle 1886, Bd. 16. p. 6.
- Über das Verhalten des Calciumoxalates beim Wachstum der Organe. Flora 1897. Bd. 83. p. 58.
- Boden und Klima auf kleinstem Raum. Versuch einer exakten Bestimmung des Standorts auf dem Wellenkalk. Jena 1911. G. Fischer.
- Lavison, J. de Rufz*, Du mode de pénétration de quelques sels dans la plante vivante. Rôle de l'endoderme. Rev. gén. Bot. XXII. 258. p. 225—251.
- Essai sur une théorie de la nutrition minérale de plantes vasculaires, basée sur la structure de la racine. Rev. gén. Bot. XXIII. 269. p. 177—211.
- Lemmermann, O., O. Foerster, A. Einecke*, Untersuchungen über das Kalkbedürfnis der Ackerböden auf Grund von Bodenuntersuchungen und Vegetationsversuchen. Mitt. d. agrik.-chem. Versuchsstat. Berlin. Landw. Jahr. 1911. XL. Bd. Heft 1/2.

- Liebenberg, A. v.*, Untersuchungen über die Rolle des Kalkes bei der Keimung von Samen. Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wissensch. in Wien. Math.-naturw. Kl. Bd. LXXXIV. I. Abt. Okt. 1881.
- Löhnis, F.*, Handbuch der landwirtschaftlichen Bakteriologie. p. 749—756. Berlin 1910. Gebr. Borntraeger.
- Loew, O.*, Ist man berechtigt bei Bodenanalysen die Magnesiabestimmung ausser acht zu lassen? Chemiker-Ztg. 1909. Nr. 14. p. 118/119.
- Über die physiologische Rolle der Calciumsalze. Münchener mediz. Wochenschrift II. 1910.
- Biolog. Zentralbl. XI 277.
- Ein natürliches System der Giftwirkungen. München 1893. Wolff u. Lüneburg.
- Unter welchen Bedingungen wirken Magnesiumsalze schädlich auf Pflanzen? Flora 1903. 92. Bd. p. 489—494.
- Physiological role of mineral nutrients in plants. Washington Bull. U. S. Dept. Agric. 1903. 8°. 70 pp.
- Über die Rolle des Kalkes im Boden. Journ. exper. Landw. Bd. II. p. 193 bis 196. 1904.
- Notiz betreff der Giftwirkung von Magnesiumsalzen auf Pflanzen. Landw. Jahrb. XXIII. p. 163. 1904.
- u. *S. Honda*, Über den Einfluss des Mangans auf Waldbäume. Bull. Coll. Agric. Tokyo. Vol. 6. p. 125—130. Weitere Arbeiten *Loew's* u. s. Mitarbeiter sind bei *Czapek*, Biochemie der Pflanzen, und *Richter, O.*, Ernährung der Algen, zitiert.
- Mayer, Adolf*, Lehrbuch der Agrikulturchemie. I. B. Die Ernährung der grünen Gewächse. 6. Aufl. p. 290—295. Heidelberg 1905. C. Winter, und hier zitierte Literatur.
- Meigen, W.*, Beiträge zur Kenntnis des kohlen-sauren Kalkes. Habilitationsschrift. Freiburg 1902.
- Mieth, H.*, Ist der Kalk des kieselsauren Kalkes zur Ernährung der Pflanzen geeignet? Landw. Versuchsstat. 1910. LXXIV. p. 81.
- Molisch, H.*, Über einige Beziehungen zwischen anorganischen Stickstoffsalzen und der Pflanze. Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wiss. Bd. 95. 1887.
- Monteverde, J.*, Über Ablagerung von Calcium- und Magnesiumoxalat in der Pflanze. Petersburg 1889.
- Naegeli, C.*, Die Ernährung der niederen Pilze durch Mineralstoffe. Sitzungsber. d. k. bayr. Ak. d. Wiss. in München. Math.-phys. Kl. Juli 1879.
- Nathanson, A.*, Über die Regulation der Aufnahme anorganischer Salze durch die Knollen von *Dahlia*. Jahrb. Wiss. Bot. 1903, p. 607—645.
- Niklewski, B.*, Über den Austritt von Calcium- und Magnesium-Ionen aus der Pflanzenzelle. Ber. d. deutschen bot. Gesellsch. XXVII. 1909, p. 224—228.
- Palladin, W.*, Aschengehalt der etiolierten Blätter. Ber. d. deutschen bot. Gesellsch. 1892, Bd. X. p. 179 und dort angegebene Literatur.
- Pantanelli, E. e M. Sella*, Assorbimento elettivo di ioni nelle radici. Rendic. Acc. Lincei 5 XVIII. II. Sem. p. 481—488, 1909. Ref. Bot. Centralbl, 1910, Bd. 114, Nr. 2, p. 27.
- Pfeffer, W.*, Pflanzenphysiologie, I. Bd. Stoffwechsel. 2. Aufl. Leipzig 1897. **W. Engelmann.**

- Porthem, L. v.*, Über die Notwendigkeit des Kalkes für Keimlinge, insbesondere bei höherer Temperatur. Sitzgsber. der Kais. Akad. der Wiss. in Wien. Bd. CX. I. Abt. April 1901. p. 38—43.
- Porthem, L. v. u. M. Samec*, Orientierende Untersuchungen über Atmung gesunder und infolge Kalkmangel erkrankter Keimlinge von *Phaseolus vulgaris*, und dort zitierte Literatur. Aus: Wiesner, Festschrift. Wien 1908. C. Konegen.
- Prianischnikow, D.*, Resultate einiger Kalkdüngungsversuche. Journ. f. experimentelle Landwirtsch. Bd. 3, 1903. p. 257—269. Russisch mit deutschem Résumé.
- Prianischnikow D. und J. Schulow*, Über synthetische Asparaginbildung in den Pflanzen. Ber. d. deutschen bot. Gesellsch. XXVIII. 1910, p. 253—264. Ref. Bot. Centralbl. 1911. Bd. 116. Nr. 8. p. 204.
- Puglisi, M. e E. Boselli*, Influenza di alcuni sali minerali su lo sviluppo e sul modo di propagazione di *Funaria hygrometrica*. Ann. Bot. IX. p. 157—162, 1911. Ref. Bot. Centralbl. 1911. Bd. 117. Nr. 17. p. 441.
- Ramann, E.*, Bodenkunde. 3. Aufl. Berlin 1911.
- Die zeitlich verschiedene Nährstoffaufnahme der Waldbäume und ihre Bedeutung für Düngung und Waldbau. Ztschr. Forst- und Jagdw. 1911. XLIII. 10. p. 747.
- Richter, O.*, Untersuchungen über das Magnesium in seinen Beziehungen zur Pflanze. I. Teil. Wiener Akad. Ber. math. naturw. Kl. 111. April 1902. (2. Teil noch nicht erschienen.) Im Literaturverzeichnis von Richter, O. Ernährung der Algen, Leipzig 1911. W. Klinkhardt, sind weitere einschlägige Arbeiten verzeichnet.
- Rosenberg, A.*, Über die Rolle der Katalase in den Pflanzen. Ber. deutsch. bot. Gesellsch. XXVIII. p. 280—288. 1910.
- Rosenthaler, L.*, Grundzüge der chemischen Pflanzenuntersuchung. Berlin 1904. 124 pp.
- Roux, I.-A. Cl.*, Végétation défectueuse et chlorose des plantes silicoles en sols calcaires. Ann. de la Soc. Linnéenne de Lyon. T. XLVI. 1899.
- Traité historique, critique et expérimental des Rapports des Plantes avec le sol et de la chlorose végétale. Montpellier, Coulet et fils; Paris, Masson et Cie. 1900 und dort zitierte Literatur.
- Ruhland, W.*, Zur Frage der Ionenpermeabilität. Zeitschr. f. Botanik 1909. I. Jhr. p. 747—762, dort auch weitere Literaturangaben.
- Schimper, A. F. W.*, Über die Kalkoxalatbildung in den Laubblättern. Bot. Ztg. 188. p. 65 ff. Siehe auch die Literaturauswahl bei Schimper, A. F. W. Pflanzengeographie, Jena 1898. p. 127—130.
- Schtscherbakh, I.*, Über die Salzausscheidungen durch die Blätter von *Statice Gmelini*. Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch. 1910. XXVII. p. 30—34.
- Schulze, E. und N. Castoro*, Findet man in Pflanzensamen und in Keimpflanzen anorganische Phosphate? Hoppe-Seyler's Zeitschr. f. physiol. Chemie XLI. p. 477—484.
- Scissl, J.*, Die Aschenbestandteile des Kartoffellaubes zu verschiedenen Wachstumszeiten und unter verschiedenen Düngungsverhältnissen. Zeitschr. f. Landw. Versuchsw. Österreich 1903. VI. H. 5. p. 537—554. Ref. Bot. Centralbl. 1904. II. Halbj. p. 87—88.
- Sorauer, P.*, Handbuch der Pflanzenkrankheiten. Erster Band: Die nicht parasitären Krankheiten. III. Aufl. Berlin 1909. P. Parey.

- Tunmann, O.*, Über die Bildung des Harzes, den mikrochemischen Nachweis der Harzsäuren und über die Kristalle in *Polyporus officinalis* Fries. Schweiz. Wochenschr. Chem. u. Pharm. 1909. p. 157—164. Ref. Bot. Centralbl. 1910. Bd. 113. Nr. 16. p. 155.
- Ulbricht, R.*, Vegetationsversuche über den Einfluss der Kalkung und Mergelung auf die Erträge von *Serradella* Landw. Versuchsst. Bd. 59. Heft 5/6. 1904. p. 425—432.
- Unger, W.*, Beiträge zur Physiologie des Calciumoxalates. Verh. d. Phys.-Med. Gesellsch. Würzburg. N. F. Bd. XLI. p. 191—214. Vergl. auch die dort zusammengestellte Literatur. p. 213/214.
- Vogel*, Über den Einfluss von kohlenstoffsaurem Kalk auf die Umwandlung von Ammoniakstickstoff und Nitratstickstoff. Mitt. Kaiser-Wilhelms-Instituts Landwirtschaft. Bromberg III. p. 330. 1911. Ref. Bot. Centralbl. 1911. Bd. 117. Nr. 22. p. 575.
- Warthiadi, D.*, Veränderungen der Pflanze unter dem Einfluss von Kalk und Magnesia. Diss. München 1911. F. Gais.
- Wehmer, C.*, Zur Frage nach dem Wert der einzelnen Mineralsalze für Pilze. Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch. 1895. Heft 6. Vergl. hierzu auch Benecke W. Bot. Ztg. 1896. II. Abt. p. 9.
- Die Pflanzenstoffe, bot.-systemat. bearbeitet. Chem. Bestandteile und Zusammensetzung der einzelnen Pflanzenarten, Rohstoffe und Produkte. Jena 1911. G. Fischer.
- Wiesner, I.*, Die Rohstoffe des Pflanzenreiches. 2. Aufl. Leipzig 1903. W. Engelmann.
- Winterstein, E. und L. Stegmann*, Über einen eigenartigen phosphorhaltigen Bestandteil der Blätter von *Ricinus*. Ztschr. f. physiol. Chemie 1909. LVIII. p. 527.
- Zaleski, W. und A. Reinhard*, Die Wirkung der Mineralsalze auf die Atmung keimender Samen. Biochem. Zeitschr. 1909. XXIII. 3/4. p. 193—214.
- Zaleski, W. und W. Israilevsky*, Über die Wirkung der Mineralsalze auf den Eiweissumsatz in den Pflanzen. Biochem. Zeitschr. 1910. XXIV. 1./2. p. 14—21.
- Zaleski, W. und A. Reinhard*, Zur Frage der Wirkung der Salze auf die Atmung der Pflanzen und auf die Atmungsenzyme. Biochem. Zeitschr. 1910. XXVIII. 5./6. p. 450—473.
- Zacharias, E.*, Über den Inhalt der Siebröhren von *Cucurbita Pepo*. Bot. Ztg. 1884. 42. Jhrg. Sp. 65—73.
- De Bary, A.*, Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne. Leipzig 1877. W. Engelmann.
- Jost, L.*, Beobachtungen über den zeitlichen Verlauf des sekundären Dickenwachstums der Bäume. Ber. d. deutsch. bot. Gesellsch. 1892. Bd. X. H. 10. p. 598, 602—604.
- Kraus, G.*, Über Alter und Wachstumsverhältnisse ostgrönländischer Holzgewächse. Bot. Ztg. 1873. 31. Jhrg. Sp. 513.
- Über Dickenwachstum der Palmenstämme in den Tropen. Ann. Jard. bot. Buitenzorg. 1899 und 1911.
- Krüger, Fr.*, Über die Wandverdickungen der Cambiumzellen. Bot. Ztg. 1892. p. 633 ff.

- Kühns, R.*, Die Verdoppelung des Jahresringes durch künstliche Entlaubung. *Bibl. bot.* LXX. 1910. 53 pp.
- Mer, E.*, Sur les causes de variation de la densité des bois. *Bull. de la Soc. bot. de France.* 1892. T. XXXIX.
- Mohl, H. v.*, Beitrag zur Lehre vom Dickenwachstum des Stammes der dikotylen Bäume. *Bot. Ztg.* 1869. Sp. 1—15.
- Nordhausen, M.*, Zur Kenntnis der Wachstumsvorgänge im Verdickungsringe der Dikotylen. *Beiträge zur wiss. Bot. von M. Fünfstück.* II. Bd. Stuttgart 1898.
- Nördlinger,* Der Holzring als Grundlage des Baumkörpers. Stuttgart 1871. J. G. Cotta.
-