

EESTI VABARIIGI TARTU ÜLIKOOLI
TOIMETUSED

ACTA ET COMMENTATIONES
UNIVERSITATIS TARTUENSIS
(DORPATENSIS)

A

MATHEMATICA, PHYSICA, MEDICA

XXI

TARTU 1981

EESTI VABARIIGI TARTU ÜLIKOOLI
TOIMETUSED

ACTA ET COMMENTATIONES
UNIVERSITATIS TARTUENSIS
(DORPATENSIS)

A

MATHEMATICA, PHYSICA, MEDICA

XXI

TARTU 1931

K. Mattiesen trükikoda o/ü., Tartus, 1931.

Sisukord. — Contenta.

1. **N. Kwaschnin-Ssamarin.** Studien über die Herkunft des osteuropäischen Pferdes.
 2. **U. Karell.** Beitrag zur Ätiologie der arteriellen Thrombosen.
 3. **E. Krahn.** Über Eigenschwingungszahlen freier Platten.
 4. **A. Öpik.** Über einige Karbonatgesteine im Glazialgeschiebe NW-Estlands.
 5. **Arwid Thomson.** Wasserkulturversuche mit organischen Stickstoffverbindungen, angestellt zur Ermittlung der Assimilation ihres Stickstoffs von seiten der höheren grünen Pflanze.
-

STUDIEN ÜBER DIE HERKUNFT DES OSTEUPÄISCHEN PFERDES

**HAUPTSÄCHLICH AUF GRUND DES BALTISCHEN
MATERIALS**

VON

DR. N. KWASCHNIN-SSAMARIN
(M. KVAŠNINAS-SAMARINAS)

MIT 30 ABBILDUNGEN IM TEXT UND 4 TAFELN

DORPAT 1930

*HERRN PROF. DR. E. NONEVIČIUS
GEWIDMET.*

Die diluvialen und die rezenten Pferde.

Das Vorhandensein einer grossen Anzahl von Beschreibungen verschiedener Pferdetypen aus der europäischen Quartärzeit wird wohl in der Unklarheit und mangelnden Differenzierung der Begriffe „Schlag“ und „Spezies“ seine Ursache haben. Fast jeder fossile, ja sogar subfossile Fund eines Schädels oder nur eines Teiles desselben gab bei einer kleinen Abweichung in den Massen schon Veranlassung zu erklären, es handle sich hierbei um eine eigene Spezies. Es sind allein über 30 Typen fossiler Pferde beschrieben und festgestellt worden. Wenn man dazu als besondere Schläge die vorgeschlagenen Hauspferdetypen hinzuzählt, so ergibt sich eine durch nichts begründete Menge und Mannigfaltigkeit der verschiedenen Arten.

Berücksichtigt man, dass in der Solutré-Periode Reste von hunderttausend wilden Pferden sich auf einem relativ kleinen Gebiet ansammelten, so bleibt es vollkommen unerklärt, wie bei einer so dichten Population die wichtigsten Merkmale nicht durch Kreuzung verloren gegangen sind. Die Entdeckung einer derartigen Anzahl von Wildformen ist wohl am ehesten dadurch zu erklären, dass jeder Forscher die von ihm gefundenen Reste als eine besondere Spezies zu betrachten geneigt war. Durch die kranilogischen Variationen und infolge des Mangels an Material wurde die Aufstellung von Theorien über die Herkunft einzelner Schläge von Hauspferden vom entsprechenden fossilen Urahn weitgehendst angeregt. Mit der Bereicherung des kranimetrischen Materials trat immer mehr zutage, dass die Mehrzahl der beschriebenen Typen nichts anderes als das Ergebnis von individuellen Schwankungen darstellen. Es wäre daher zweckmässiger, die in der Literatur beschriebenen mannigfachen Typen auf einige wenige Gruppen zurückzuführen. Die längst festgestellte Einteilung in okzidentalische und orientalische Pferde hat sie in zwei einzelne grosse, aber uneinheitliche Pferderassen zusammengefasst.] Die Mehrzahl der Forscher teilt die diluvialen

Pferde in drei Gruppen ein. Hilzheimer¹⁾ meint: „Trotz der vielen Arten, die beschrieben sind, scheint es mir, als ob wir nur drei Gruppen unterscheiden können: eine grosse schwere, eine mittlere und eine kleine“. In der vor kurzem veröffentlichten Arbeit von Schwarz²⁾, in der die glazialen und postglazialen Pferde eingehend betrachtet werden, finden wir ebenfalls die Zusammenfassung der europäischen Pferde in drei Gruppen, hauptsächlich nach der Grösse eingeteilt. Obwohl in Europa Pferde des amerikanischen Typus, der einen Übergangstypus von den tertiären zu den diluvialen darstellt, nicht vorgefunden worden sind, ist schon im Jahre 1853 in den unteren Diluvialablagerungen ein grosses, schweres Pferd — *Equus caballus robustus* Pomel — festgestellt worden. Zu dieser Gruppe der prä- und frühglazialen Pferde zählt Schwarz folgende Vertreter: *Eq. cab. fossilis* Woldrich, *Eq. Stenonis race major* Boule, *Eq. Süssenbornensis* Wüst, *Eq. Mosbachensis* v. Reichenau, *Eq. Marxi* v. Reichenau, *Eq. Taubachensis forma praecursor* v. Reichenau, *Eq. c. plicidens* Schwarz. Alle diese Arten betrachtet Schwarz als Synonyme und stellt ihre geologische und geographische Verbreitung in West- und Südeuropa und im westlichen Mitteleuropa fest. Es ist interessant, dass Vertreter der Gruppe des *Equus robustus* bisher weder in Norddeutschland noch in Skandinavien vorgefunden worden sind. Stratigraphisch stammen die ältesten Funde aus der Pliozän-Periode. Diese Form ist der Begleiter des *Homo Heidelbergensis*.

Die zweite Gruppe der Pferde, — die mittelgrosse, — ist typisch für die glazialen und interglazialen Schichten, d. h. sie ist die vorherrschende Form der Diluvialperiode. Auf Grund der Priorität bezeichnet Schwarz diese Gruppe der mittelgrossen Pferde als *Eq. plicidens* Owen (1844)³⁾. Als Synonyme gibt Schwarz an: *Eq. Woldrichi* Antonius, *Eq. cab. fossilis minor* Woldrich, *Eq. taubachensis* Freudenberg, *steinheimensis* v. Reichenau, *Eq. cab. robustus* Schwarz und *Eq. cab. Woldrichi* Schwarz. Funde dieser Pferde sind in Mittel- und Süddeutschland, Frankreich, England und Südeuropa festgestellt worden. Schwarz sagt: „die meisten der vorliegenden Reste von *Eq. cab. plicidens* entstammen dem letzten Interglazial, wo es als Begleiter des *Homo Neanderthalensis* auftritt. Das *Eq. plicidens* tritt auch in Zusammenhang mit den Resten der negroiden Menschen von Mentone auf“.

Endlich umfasst die dritte Gruppe, von Schwarz *Eq. caballus caballus* Linnaeus (1858)⁴⁾ genannt, alle kleinwüchsigen

Pferde. Als Synonyme werden von S c h w a r z angegeben: *Eq. adamicus* Schlotheim, *Eq. fossilis* H. von Meyer, *Eq. brevirostris* Kaup, *Eq. spelaeus* Owen, *Eq. parvus* Nehring, *Eq. maculatus* und *guttatus* Piette (aus der Madeleine-Periode), *Eq. caballus* Nehringi Duerst (aus Burg im Spreewald), *Eq. cab. celticus* Ewart (keltisches Pony), *Eq. gracilis* Ewart, Lösspferde, z. B. *Eq. europaeus* Stegmann v. Pritzwald (Bergpferd), *Eq. Abeli* var. *bohémica* Marchlewski; ferner werden hinzugezählt die noch jetzt lebenden Wildpferde — der mongolische und südrussische Tarpan, der unter verschiedenen Bezeichnungen, wie z. B. *Eq. ferus* Boddaert, *Eq. hemionus* Pallas, *Eq. cab. equiferus* Pallas, *Eq. cab. Gmelini* Antonius, auftritt. Zu diesen postglazialen und rezenten Wildpferden kann man alle orientalischen Pferdearten, den Araber mit eingeschlossen, im Sinne von Franck⁵⁾ und Nehring⁶⁾ hinzurechnen. Diese Einteilung der europäischen Pferde [der Quartärperiode in drei Gruppen ist von S c h w a r z, hauptsächlich von den Dimensionen der Extremitätenknochen, des metacarpale und metatarsale III, ausgehend, vorgenommen worden, da sie „leicht vergleichbar und dazu, vermöge ihrer festen Struktur, oft und gut erhalten sind“. Den anderen anatomischen Merkmalen der Einteilung misst S c h w a r z nur eine untergeordnete Bedeutung zu, indem er annimmt, dass sie stark schwanken. Alle Diluvialpferde, sowie die rezenten Wildpferde, werden durch einen im Vergleich zum Körper sehr grossen Kopf charakterisiert. Die in der Literatur beschriebenen Merkmale betrachtend, meint S c h w a r z: „In allem anderen stimmen sie überein. Sie haben alle im Gegensatz zu *stenonis* doppelte Falte am Parastyl und Mesostyl des P_3 und P_4 [Erklär. d. Termin. s. Tafel IV], die etwas fortgeschrittenere, mehr rein halbmondförmige Gestalt des Paraconus und Metaconus der Backenzähne und den etwas eingekerbten Protoconus; ihr Schädel ist im Vergleich zum Körper viel grösser und schwerer als bei irgendeinem Hauspferd, gleichmässig leicht konvex, oder nur ganz wenig konkav im Profil und mit schmaler oder nur mässig breiter Stirn. Alles andere ist variabel: die Länge des Protoconus und seines Vorder- und Hinterlappens, die Fältelung und die Stärke des Schmelzes, selbst die absolute Grösse der Zähne schwankt innerhalb gewisser Grenzen ziemlich beträchtlich“. Ausserdem glaubt S c h w a r z: „Dagegen sind die Abweichungen der wilden von den primitiven, domestizierten Pferden schärfer und häufig ziemlich beträchtlich, sowohl was die Grösse und Form des Schädels wie z. T. auch der Bein-

knochen anlangt“. Bei Beurteilung der Diluvialpferde nach den Abmessungen des metacarpale und metatarsale III (grösste Länge, Kondylarlänge, kleinster Durchmesser, Längen-Breitenindex) geben die von Schwarz errechneten Kurven für das metacarpale ein Bild der Einteilung der verschiedenen Pferderassen, während man auf Grund der Kurven für das metatarsale sich kein ganz klares Bild machen kann. Selbst Schwarz war gezwungen diese Abweichung durch Kreuzungen verschiedener Diluvialpferdetypen zu erklären.

Mir scheint, dass es in früheren Zeiten in Ermangelung von Material unmöglich war, bei Diluvialpferden die individuellen, geschlechtlichen und Altersschwankungen zu unterscheiden. Infolgedessen erwiesen sich die Merkmale, die von einem Forscher als typisch und konstant betrachtet wurden, später als verschiedenen Schwankungen unterworfen. Unter diesen Merkmalen muss man in erster Linie die Grösse und Form des Protokonus*), die Grösse des Vorder- und Hinterhorns, der Vorder- und Hintermarke und des sogenannten Sporns der Hauptfalte hervorheben. Der Sporn ist an einigen Backenzähnen der orientalischen Arten nicht immer vorhanden. Den neuesten odontologischen Forschungen zufolge hat es sich herausgestellt, dass man aus dem Vorhandensein und dem Entwicklungsgrad einiger anderer Falten, auf die schon Rütimeyer hingewiesen hatte⁷⁾, keine Schlüsse ziehen kann. Ausserdem hat es sich herausgestellt, dass die Zähne verschiedener Altersstufen schwer miteinander vergleichbar sind. Hat man sogar einige Zähne derselben Altersstufe vor sich, so kann man nicht sicher sein, dass sie typisch sind, und nicht etwa den entgegengesetzten Polen der Variationskurve angehören. Nur bei einer grösseren Anzahl erhält man vergleichbare Mittelwerte. Aber neben diesen deutlich schwankenden Merkmalen gibt es für Pferderassen auch konstante, typische Merkmale. Schon Franck, Nehring, Wilkens⁸⁾, Abel⁹⁾, Antonius¹⁰⁾ und andere haben ihre Aufmerksamkeit auf die Eigentümlichkeiten der Struktur des Zahnschmelzes gerichtet. Ausserdem haben die späteren Arbeiten von Abel und Antonius nachgewiesen, dass die sogenannten Waldformen der Tertiärpferde (aus den Hippaioniden) sowie der Diluvial-Waldpferde eine kompliziertere Schmelzfältelung haben, als die Steppenformen. Hiernach müsste

*) Erklärung d. Terminologie s. Tafel IV.

die odontologische Methode, die längst in der Paläontologie angewandt wird, eine der besten zur Feststellung der Rassenunterschiede sein. Hinsichtlich der Struktur der Zähne ergeben die Diluvialpferde zwei eigentümliche Typen: einen okzidentalischen (robustus-Gruppe) und einen orientalischen Typus (Eq. Przewalskii und Eq. Gmelini Ant.). Alle anderen Formen der Gruppe plicidens stellen eine dazwischenstehende Art dar, nähern sich jedoch eher den okzidentalischen. Wenn einige Forscher trotzdem behaupten, dass diese Methode nicht genügend zuverlässig sei, so liegt es nicht an den Mängeln der Methode, sondern am Vorhandensein von Mischtypen-Bastarden, woraus sich Kombinationen ergeben, die die typischen Merkmale der Grundformen verwischen. Die Notwendigkeit der Annahme von Kreuzungen der Diluvialpferde wird auch von Schwarz anerkannt. Bei der Einteilung der fossilen Pferde in ihre drei Gruppen stiess er auf Schwierigkeiten in der Frage, wo das Eq. stenonis Cochi unterzubringen wäre. Ausserdem ist es nicht ganz klar ersichtlich, warum ein fossiles Pferd — Eq. cab. transilvanicus — von Schwarz zur Gruppe des Eq. cab. cab. gerechnet wird, während der Autor Teodoreanu¹¹⁾ es als zu den wilden, schweren Schlägen gehörend bezeichnet hat.

Es unterliegt keinem Zweifel, wie es Henseler¹²⁾ und andere bereits hervorgehoben haben, dass in der Diluvialperiode die Voraussetzungen für Kreuzungen der zwei Grundrassen ganz besonders günstig gewesen sind. Ferner muss man Kreuzungen auch im Pliozän annehmen, da schon damals der Eq. robustus, sowie das primitive (orientalische) kleine Pferd verbreitet war. Auch lebte schon im Pliozän der Eq. stenonis, der, nach Ewart, einer der ersten Immigranten in Europa gewesen sein soll. Seine Reste wurden in den Pliozän-Schichten in Grossbritannien, Frankreich, der Schweiz, Italien und Nordafrika gefunden. Ewart glaubt¹³⁾, dass sich gleichzeitig mit dem Eq. stenonis von der orientalischen Rasse Eq. sivalensis und Eq. nomadicus in Südasien verbreitet haben. Später haben sich ihnen nahestehende Formen in Mittelasien und Osteuropa angesiedelt, aber die Arten Eq. sivalensis und Eq. nomadicus sind ausgestorben. Nur Eq. stenonis hinterliess den schweren Schlag, von dem Eq. robustus abstammt, der sich wiederum zu dem europäischen okzidentalischen Hauspferd weiterentwickelt hat. In der Gegenwart gibt es keine Wildpferde der schweren Art mehr — sie sind ausgestorben, aber ihnen entsprechen die Diluvialpferde — Eq. mosbachensis, Eq. suesbornensis, Eq. Abeli und

andere, die Ewart in die Gruppe der Waldformen eingereiht hat. Die erste Vermischung muss, worauf schon mehrere Forscher hingewiesen, während der ersten Vereisung stattgefunden haben. Als der grösste Teil von Nordeuropa mit Eis und Schnee bedeckt war, ist die Fauna zum Teil verschwunden, zum Teil nach dem Süden verzogen. Von dort hat sie sich nach Afrika und Mittelasien verbreitet. Nach der Meinung von Stresemann¹⁴⁾, Augst¹⁵⁾, N. Bobrinski¹⁶⁾ und anderen haben die Eisfelder die Ost- und Westfauna voneinander getrennt. Etwa 300 Kilometer von den Alpen hatten die Eisfelder einen eisfreien Streifen freigelassen, hinter dem nach Süden hin sich die grossen alpinen Eisfelder ausdehnten. Dieser Umstand musste die Heranbildung besonderer Lokalformen im Osten und Westen begünstigen. Wenn man auch die Meinung Stresemann's über die vollständige Trennung dieser Gebiete nicht teilt und annimmt, dass die eisfreie Zone den Verkehr der Tiere ermöglichte und ausserdem die Immigration den südlichen Weg benutzen konnte, so muss man doch mit der Tatsache des Vorhandenseins grosser Hindernisse für den Verkehr rechnen.

Mit dem Eintreten der ersten zwischenglazialen Periode werden diese Hindernisse beseitigt. Die Fauna rückt wieder nach Norden zurück und besiedelt allmählich die alten Gebiete. Dabei konnte eine Kreuzung der lokalen West-, Ost- und Südformen stattfinden. Es verbreiten sich die präglazialen lokalen Formen, die in der frühglazialen Zeit neue Typen ergeben konnten, sowie auch reine, fremde Formen, die von Osten her aus Asien gekommen waren. So kann man das Auftreten der Pferde erklären, die nach Schwarz für die zweite und dritte interglaziale Periode typisch sind und der Gruppe des *Eq. plicidens* entsprechen.

Mit dem Eintreten der abermaligen Vereisung wiederholt sich derselbe Vorgang. Die Fauna verschiebt sich nach Süden, und abermals entstehen günstige Bedingungen zur Heranbildung von Mischformen. Nach dem Zurückweichen des Eises in der zweiten interglazialen Periode fanden die zurückkehrenden Tiere in Mitteleuropa schon ein neues Klima vor. Die Geologen stellen die naturgeschichtlichen Bedingungen wie folgt dar: die ausgedehnten Moor- und Seengebiete, die allmählich austrocknen, bilden Steppen. Mensbir¹⁷⁾ gibt hiervon ein interessantes Bild, das bei der späteren Erörterung dieser Fragen besonders wichtig sein wird. An den vielen Seen entstehen Gebüsche und Waldformationen, und stellenweise auch ganze Waldungen. Zwi-

schen ihnen bilden sich in den tieferen Gegenden Weiden, in den höheren — Steppen. Es entsteht ein Bild, analog dem, das im Gouvernement Ufa am Süd-Ural beobachtet wird. Dort finden sich, ausser der Steppe und der Schwarzerde, grosse Gebiete von Linden-, Eichen-, Birken- und gemischtem Laubwald. Hiernach darf man wohl die Flora der zweiten interglazialen Periode als Waldsteppe bezeichnen.

Dieser klimatische Unterschied erklärt zum Teil das Vorhandensein des schwereren Pferdes, des robustus, in der ersten Periode, während es in der zweiten ausstirbt. Hingegen verbreitet sich hauptsächlich von Osten und Südosten her ein orientalisches Wildpferd vom Typus des Eq. Przewalskii. Das Austrocknen des aralo-kaspischen Beckens begünstigte seine Verbreitung von Osten her, und diese Periode wird tatsächlich durch die Verbreitung jenes Steppentypus charakterisiert. Aber zugleich mit dem asiatischen Typus ist noch Eq. c. plicidens vorhanden. „Damit“, bemerkt Schwarz, „erstreckt sich die zeitliche Verbreitung von Eq. c. plicidens über zwei interglaziale und die dazwischen liegende Eiszeit und geht vermutlich noch bis in den Beginn der letzten Vereisung.“ Doch zweifelt Schwarz, ob diese Form in grösseren Mengen bis in die letzte Eiszeit reicht.

Nach dem endgültigen Schmelzen des Eises*) in der Yoldiazeit trat ein kaltes, fast subarktisches Klima mit charakteristischen Tundrapflanzen und Mooren auf, die erst in der Anzyluszeit erheblich ausgetrocknet sind. Stellenweise entstanden Lösssteppen. Es ist möglich, dass der Boden am Ende der Yoldiazeit eine Ähnlichkeit mit demjenigen im Nordteil von Ostsibirien hatte, wo ich Salzboden mit einer Grasdecke beobachten konnte, in der subarktische Pflanzen dominierten. Bei der Erhöhung der Jahresmitteltemperatur konnte ein derartiger Boden sich eher in die süddeutsche, als in die südrussische Steppe umwandeln. Die fossilen Reste haben erwiesen, dass zumindest in der Steppen-Übergangsperiode das orientalische Pferd, das sich durch nichts vom rezenten mongolischen Tarpan — Eq. Przewalskii — unterschied, ausschliesslich von Osten oder Südosten her gekommen ist.

Aber diese Periode währte nicht lange und machte dem wärmeren und feuchteren Klima der Litorinazeit Platz. Die

*) In einigen Ländern unterscheiden die Geologen noch eine Zwischen-eiszeit (Geikie u. a.), aber dies gibt für uns keine neuen Anhaltspunkte, weswegen ich dabei nicht weiter verweile.

Steppenflora wurde zuerst durch die Waldsteppen, später durch den Laubwald abgelöst. Näher zur Gegenwart finden wir in manchen Gebieten die Laubwälder in Nadelwald umgewandelt, während die klimatischen Bedingungen der Neuzeit eintreten. Deshalb ist auch anzunehmen, dass nur in den Lösssteppen und Waldsteppen die Bedingungen für die Verbreitung des obengenannten Pferdes günstig waren, das vom Menschen aus seiner eigentlichen Heimat, d. h. der wirklichen Steppe, herausgedrängt wurde. Aber auch in der Litorinazeit folgte das Pferd dem Drang nach dem Norden und konnte sich infolge des nur kurzfristigen Aufenthaltes dort nur unvollkommen den Waldfaktoren anpassen. Diesen natürlichen Gang der Entwicklung muss man noch durch den Einfluss des Menschen ergänzen, der den neuesten Forschungen zufolge das Pferd schon im Neolithikum domestiziert hat. Neben den Wildformen muss deshalb, besonders in der Bronzezeit, das domestizierte Pferd existiert haben. Auch dieses Pferd wird wohl demselben orientalischen Typus angehört haben. In der Bronzezeit hat es sich in Osteuropa im Zusammenhang mit der Wanderung der Kelten ganz besonders verbreitet, worüber an anderer Stelle noch eingehend gesprochen werden wird.

Die geographische Verbreitung und die Rassenzugehörigkeit des postglazialen Pferdes wird durch die fossilen Reste festgelegt. Obwohl man fast aus jedem Fund auf eine besondere Spezies schliessen wollte, muss man doch mit Schwarz darin übereinstimmen, dass alle diese Pferde in der Gruppe untergebracht werden können, deren Vertreter der Typus ist, den Linné schon im Jahre 1758 in seinem klassischen Werke „Systema naturae“⁴⁾ *Equus caballus caballus* benannt und den er auf dem lokalen norwegischen Fjordpferd begründet hat. Ihm entsprechen auch, nach Schwarz, die folgenden Typen: *Eq. ferus* Boddaert, begründet auf dem asiatischen *Eq. hemionus* Pallas und dem südrussischen Wildpferd Tarpan Gmelin = *Eq. caballus equiferus* Pallas, den er (Pallas) in Russland beobachtet hat, = *Eq. adamicus* Schlottheim.

Über das Zeitalter und die Gebiete ihrer Verbreitung äussert sich Schwarz folgendermassen: „*Equus cab. cab.* Linnaeus ist in Europa noch in historischer Zeit heimisch gewesen; es reicht, wenn auch nicht reinblütig, als russischer Tarpan bis in den Anfang des 19. Jahrhunderts und lebt noch heute als eine der Komponenten, aus denen unsere Hauspferde aufgebaut sind, fort.

Osteologisch ist es von dem rezenten mongolischen Wildpferd (*E. c. Przewalskii* Poliakoff) nicht zu trennen, sondern nur durch die falbe bis mausgraue Farbe von der hellbraunen asiatischen Form unterschieden. Seine Verbreitung erstreckte sich über Ost-, Mittel- und Westeuropa, wahrscheinlich bis nach Nordspanien, jedoch fehlte es bestimmt in England. Fossil ist es die typische Form des Lösses; ob es in Deutschland mehrere dieser Lösses gibt, wie Soergel annimmt, wage ich nicht zu entscheiden; das Lösspferd erscheint, wenn man von Zuschlägen früherer Relikte absieht, durchaus einheitlich und charakteristisch. Sein geologisches Alter ist entschieden postglazial oder höchstens ganz spätglazial. Es ist der Begleiter des Menschen der Aurignac-, Solutré- und La Madeleine-Periode. Auch die Pferde der jüngeren Schichten in der Grotte du Cavillon von Mentone, die gleichaltrig mit den Resten des Cromagnon-Menschen sind, gehören hierher“.

Jetzt kann nunmehr ein Überblick der Angaben über das Verhältnis der diluvialen zu den rezenten Pferden gegeben werden. Über die erste Gruppe — *Eq. robustus*, die als Ausgangspunkt für die okzidentalischen Schläge die wichtigste ist, gehen die Ansichten stark auseinander. Schon Nehring hat bei Untersuchungen der deutschen Diluvialpferde den Typus des grossen, schweren Pferdes festgestellt, in dem er den Ahnherrn des domestizierten okzidentalischen Pferdes erblickt. Ewart hat die grossen diluvialen Pferde mit den norwegischen in Zusammenhang gebracht. Die Wiener Schule, Adametz¹⁸⁾ und Antonius, glaubt ebenfalls, dass Mittel- und Westeuropa ein lokales kaltblütiges Wildpferd besessen haben, dem nicht nur das nord- und mitteleuropäische Hauspferd, sondern auch das Berberpferd und das nordwestafrikanische Pferd entstammt ist. Über die Domestizierung des *Eq. robustus* sagt O. Antonius u. a. folgendes: „In dem die Wildpferde behandelnden Abschnitt wurde gezeigt, dass in Westeuropa ein solches vom Typus des modernen Kaltblüters mit grosser Wahrscheinlichkeit bis ins jüngste Paläolithikum nachzuweisen ist. Es besteht daher wohl die Möglichkeit, dass diese Form noch in historischer Zeit gelebt hat und z. B. in den Wildpferden zu sehen ist, über die von den Römern aus Spanien berichtet wird“. Ausserdem bemerkt Antonius, dass „der älteste bisher angegebene, aber nicht näher beschriebene Fund von kaltblütigen Hauspferden aus der Hallstattzeit*) Böhmens stammt; er wäre also lange vor

*) Lies: Hallstattzeit.

der Römerzeit zu datieren“. In seiner letzten Arbeit besteht Stegman¹⁹⁾ auch weiter darauf, dass das europäische Waldpferd — *Eq. robustus* — in seinem Typus vielleicht dem heutigen nordischen Pferde zu vergleichen wäre. „Auch von dieser Form des Waldpferdes“, so meint er, „sind eine Reihe von Varietäten bekannt und mit verschiedenen Benennungen (meist nach den Fundorten) versehen worden; doch fasse ich alle diese Formen einstweilen unter dem Namen eines europäischen Waldpferdes zusammen.“ Stegman gibt zu, dass auch das Camarguepferd dieser Form angehört, sondert aber die kleineren nordischen Pferde als eine besondere Gruppe unter der Bezeichnung „Bergpferd“ ab. Ganz anderer Ansicht über das Verhältnis der Diluvialpferde des *robustus*-Typus zu den kaltblütigen Hauspferden ist Hilzheimer. Auf Grund der Tatsache, dass das Hauspferd in den älteren Kulturländern Vorderasiens später als in Europa erscheint, kommt Hilzheimer zu der Annahme, dass das Zentrum der Domestizierung in der Steppenzzone oder in Westeuropa zu suchen ist. Indem er sich auf die Forschungen Nehring's beruft, meint er, dass die Nachkommen des *Eq. robustus* schon längst in dem an die Nordsee angrenzenden Gebiete domestiziert waren, und von dort nach dem Süden über die Alpen sich nicht verbreiten konnten. Hilzheimer sagt: „Das stimmt aber mit Ewarts Befunden zusammen, der in dem norwegischen Pony den Nachkommen der alten nordeuropäischen wilden Waldpferde sehen will. Diese norwegischen Pferde sind nach Ewarts Beschreibung dunkelgraue Falben* mit schwarzem Schweif, sehr starker, nach beiden Seiten herunterfallender schwarzer Mähne und ebenso gefärbten Beinen, Aalstreifen und dichter, zebraartiger Streifung am Körper, Kopf und Beinen. Diese Streifung soll, nach Ewart, auch das alte nordeuropäische wilde Waldpferd besessen haben“. Aus meinen weiteren Ausführungen wird zu ersehen sein, dass alle diese Merkmale auch dem litauischen Pferde eigen sind. Sie werden auch bei den estnischen Kleppern auf den Inseln Dagö und Ösel beobachtet. Aber die Abstammung dieser Pferde hat mit den schweren Pferden von Ewart nichts Gemeinsames, — wovon noch später ausführlich gesprochen werden wird. Infolgedessen muss das nordeuropäische kleine Waldpferd separat behandelt werden. Zunächst wird nur von dem grossen Pferde die Rede sein, das zwischen der Nordseeküste und den Alpen wohnte. Hilzheimer geht in seinen Folgerungen noch weiter als Nehring, Kraemer, Ewart und die anderen. Schon Kraemer²⁰⁾ hat nachgewiesen,

dass erst die Römer schwere Pferde in die Schweiz (Vindonissa) eingeführt haben. Hilzheimer weist darauf hin, dass die alten Römer das schwere Pferd, das sie mit ihren kleinen (orientalischen) kreuzten, wodurch sie ihren Pferdeschlag erhalten haben, aus Nordgallien geholt hatten. Dieses Pferd, mit einem Zusatz okzidentalischen Blutes, ist wohl mit den Römern nach Kleinasien gelangt; aber dies ist wohl erst in späterer Zeit geschehen. Nach der Beschreibung der Reste des römischen Pferdes durch Hilzheimer ist es kein grosses, sondern nur ein mittelgrosses Pferd gewesen. Aber in der vorrömischen Zeit gab es ein grosses Pferd, während in den Kannstätter römischen Ausgrabungen nur eine Mischform festgestellt worden ist. Somit gibt Hilzheimer die Verbreitung der europäischen Nachkommen des *Eq. robustus* einerseits bis nach Südasien und andererseits bis Nordafrika zu. Infolgedessen konnten die Römer durch Berührung mit asiatischen Typen dieses schwere Pferd oder ein Produkt der Kreuzung mit ihm schon aus Asien eingeführt haben. Über diese neue Ansicht Hilzheimers sagt Kronacher²¹⁾: „Es liegt somit der Schluss nahe, dass die Römer diese schweren Pferde etwa aus Asien eingeführt haben, dass sie also auch nicht alle gleichheitlicher Abstammung sind“. Dementsprechend muss das okzidentale Pferd schon etwa zu Ende der Bronzezeit in den alten Kulturländern Asiens bekannt gewesen sein und hat sich dann von dort aus nach Südeuropa verbreitet.

Die Ansichten der obengenannten Forscher zusammenfassend, muss man feststellen, dass die Frage über das Verhältnis des grossen Diluvialpferdes zum domestizierten ungelöst bleibt. Eine besondere Lücke ist im Neolithikum vorhanden. Nach der Ansicht der Paläontologen war das *Eq. robustus* in der Mitte der Glazialperiode infolge der Vereisung von Nordeuropa von dort verdrängt worden und ist in der letzten Interglazialperiode ausgestorben; sollte es aber nicht ausgestorben gewesen sein, so konnte es doch unmöglich schon zu Beginn des Neolithikums auf seinen alten Platz — Nordeuropa — zurückgekehrt sein, da, wie bereits früher ausgeführt, die vom Eis befreiten Gebiete ihm die geeigneten Lebensbedingungen nicht bieten konnten. Und trotzdem tritt die *Eq. robustus*-Form in der Mitte des Neolithikums in der Gestalt des wilden nordeuropäischen Waldpferdes plötzlich wieder auf. Aber die Hauptlücke ist das Fehlen irgendwelcher zuverlässigen Angaben über die Zeit und den Ort seiner Domestikation, wodurch

das Problem noch komplizierter wird. Diese, sowie auch andere Erwägungen, wie z. B. das Fehlen von fossilen Resten im Neolithikum, haben zu einem weiteren interessanten Versuch einer Auflösung dieser Widersprüche geführt. Wilser²²⁾ hat als einer der ersten die Aufmerksamkeit der Forscher darauf gelenkt, dass bereits im Neolithikum die Nordeuropäer schon Getreide in kultivierter Form besaßen, das früher, noch im Wildzustande, mit der gesamten Flora von der letzten Vergletscherung vernichtet worden war. Und ganz unerwartet treten in der postglazialen Zeit nicht nur das kultivierte Getreide, sondern auch zugleich damit das okzidentalische Pferd auf. Wilser stellt folgende Vermutung auf: „Wir dürfen, wie ich glaube, annehmen, dass derartige Gräser, aus deren Züchtung und Veredelung zweifellos die für Sesshaftmachung und Gesittung des Menschen so bedeutungsvollen Halmfrüchte entstanden sind, ursprünglich viel weiter nach Norden in unserem Erdteile gediehen und auch durch die Eiszeit nicht völlig vernichtet wurden, sondern da und dort, besonders an den durch den Golfstrom erwärmten Meeresküsten ausdauerten“.

Es ist auch andererseits bekannt, dass als erstes Südschweden von den Emigranten vom Kontinent (*Homo europaeus fossilis*) bevölkert wurde, wahrscheinlich infolge der wärmenden Wirkung des Golfstroms. Und da die Flora zum Teil geblieben ist, so kann man doch auch vermuten, dass sich dort auch die Nachkommen der *Eq. robustus*-Gruppe gerettet haben. Aber das sind ja eben nur Vermutungen, die durch keine Funde bekräftigt werden.

Infolgedessen glauben noch jetzt einige Paläontologen, dass die Gruppe des *Eq. robustus* ganz ausgestorben sei, ohne Nachkommen hinterlassen zu haben. Schwarz äussert sich ganz entschieden, wie folgt: „dass die grossen Hauspferde verhältnismässig jungen Datums und in der Hand des Menschen entstanden sind, und dass das grosse prä- und frühdiluviale Pferd mit den Hauspferden überhaupt nichts zu tun hat“.

Allem Anschein nach war der Einfluss der okzidentalischen Rasse in Osteuropa in der vorgeschichtlichen und frühgeschichtlichen Zeit nur sehr gering. Es gibt hierfür auch keine Leitfossilien. Meinen Forschungen in den baltischen Ländern zufolge, beginnt dort die Verbreitung des okzidentalischen Pferdes erst nach dem 12. Jahrhundert. Seine ersten Reste stammen aus Litauen, und zwar aus dem 14. Jahrhundert. Nach Rünger²³⁾ war in Ostpreussen vor der Ritterzeit nur das kleine Pferd vorhanden

gewesen. Nach Mördert²⁴⁾ und Ssimonow²⁵⁾ war in Russland bis zum Mittelalter nur das orientalische Pferd verbreitet. In Polen beginnt das schwere Pferd sich scheinbar auch erst mit dem Rittertum einzufinden. In Westgalizien und Siebenbürgen sind angeblich ältere Spuren des schweren Pferdes zu finden, die bis in die Bronzezeit zurückgehen, was noch ausführlicher in dem Abschnitt über die odontologischen Forschungen besprochen werden wird.

Die zweite Gruppe der Diluvialpferde, die der mittelgrossen, die in der interglazialen Zeit vorherrschte, ist noch weniger als die vorhergehende erforscht. Es steht überhaupt gar nicht fest, ob von ihr bis ins Neolithikum Nachkommen zurückgeblieben sind, die domestiziert werden konnten. Sollte man aber zugeben, dass solche Nachkommen sich irgendwo fanden, die auch zu den domestizierten Pferden in irgendwelchem Verhältnis stehen, so hätte dies nur ein geringes Interesse, da es schliesslich doch auf die Erforschung des Einflusses der Ausgangstypen, des *Eq. robustus* und des *Eq. cab. cab.* oder *orientalis* hinausliefe, aus denen die Mittelform, *Eq. plicidens*, entstanden sein kann.

Die dritte Gruppe, die kleinen Pferde, die deutlich durch die ganze diluviale und postdiluviale Zeit hindurchgeht und sich über fast ganz Eurasien verbreitet, hat einen entscheidenden Einfluss auf die Entstehung vieler Schläge von Hauspferden. In der postglazialen Zeit, im Neolithikum und besonders gegen dessen Ende, erreichen die Vertreter der orientalischen Rasse Nordeuropa. Eine besonders starke Verbreitung des orientalischen Pferdetypus musste in der Bronzezeit vor sich gegangen sein, obwohl nur relativ wenig fossile Reste aus dieser Periode gefunden worden sind. Aber aus den verschiedenen auf Kunstdenkmälern der Bronzezeit erhaltenen Abbildungen ist zu ersehen, dass dieser Pferdetypus in vielen Gegenden vorgeherrscht hat.

Der zweite, noch stärkere Zustrom des domestizierten asiatischen Pferdes findet in den Jahrhunderten vor und nach Chr. Geb. statt. Mit der grossen Völkerwanderung von Osten nach Westen haben sich die Vertreter der asiatischen Steppenpferde fast in allen Gebieten Europas verbreitet. Sie haben sich zunächst mit den indoeuropäischen Völkern, besonders den Kelten, dann später mit den Slaven und in Nordrussland mit den finnischen Stämmen verbreitet. Vor dem Erscheinen der Slaven mussten die Pferde Osteuropas sich ausschliesslich unter dem

Einfluss der Steppenformen herausbilden. Wenn auch über das Schema der Verbreitung, hauptsächlich von Osten und Südosten her, abgesehen vom nordeuropäischen kleinen „Waldpferde“, im allgemeinen Einstimmigkeit herrscht, so sind doch hinsichtlich der Frage des Prototypus des orientalischen Pferdes verschiedene wissenschaftliche Strömungen und eine umfangreiche Literatur entstanden. Und die Annahme von auch nur zwei Prototypen hat ja selbstverständlich zur Vermutung einer Bildung von Mischformen geführt. Ihr Zusammenhang mit dem Entstehen diverser lokaler Hauspferde hat zu einer stattlichen Reihe verschiedener Ansichten Anlass gegeben. Ich werde eingehend, und zwar nach Prüfung des mir zur Verfügung stehenden Materials, die verschiedenen Meinungen über die Herkunft der Hauspferde und ihre Klassifizierung analysieren, — zunächst möchte ich nur erwähnen, dass alle Ansichten sich bloss auf drei Grundformen beziehen: den mongolischen Tarpan — Eq. Przewalskii, den europäischen Tarpan — Eq. Gmelini Antonius, und ein „mysteriöses“ mittelalterliches kleines, wildes „Waldpferd“.

Am kompliziertesten ist vom wissenschaftlichen Standpunkt aus das Waldpferd, von dem einige Autoren das ostpreussische, litauische, polnische und einige andere Pferde ableiten.

Das schottische Pony, dessen Erforschung Ewart und seine Schule sich zur Aufgabe gemacht haben, ist schon nicht mehr so rätselhaft, obgleich die Frage seines Ursprunges noch immer strittig bleibt. Nicht alle phylogenetischen Stufen zwischen den domestizierten und den kleinen Diluvialpferden sind genügend erforscht. Nicht alles ist durch paläontologische Funde begründet, und eine besonders grosse Lücke ist im Neolithikum fühlbar.

Und in Wirklichkeit müssen Forschungen in dieser Richtung gerade in Osteuropa, als dem einen frühhistorischen Zentrum der Pferdezucht und dem Übergangsgebiete, das Westeuropa mit Asien verbindet, unternommen werden. Die hochentwickelte Tierzucht im Westen hat die primitiven lokalen Formen der Pferde vernichtet und neue Kulturformen durch Kreuzung und Selektion geschaffen, und infolgedessen kann deren Studium für die hier behandelte Frage nur von geringer Bedeutung sein. In Osteuropa sind von den verbliebenen Lokalformen in bezug auf Reinheit die litauischen, die estnischen von den Inseln Dagö und Ösel, einige mestizierte polnische und galizische sowie die Pferde der Balkanhalbinsel an erster Stelle zu nennen. In kranilogischer Hinsicht sind die lokalen russischen

Schläge noch ganz unerforscht, mit Ausnahme der kalmückischen und kirgisischen Pferde, über die einige, wenn auch ungenügende, Angaben vorhanden sind. Die Notwendigkeit eines eingehenden Studiums speziell des litauischen Pferdes wurde von den Gelehrten mehrmals hervorgehoben, da gerade das Gebiet seiner Verbreitung im Mittelalter ziemlich bedeutend war und sich bis nach Mitteleuropa erstreckte. Krämer betont, dass „schon das 12. Jahrhundert reich [war] an aller Art Wild, darunter auch wilden Ochsen und Pferden; (Herbordi vita Ottonis bei Pertz XX, S. 735: bubalorum et equulorum agrestium . . . copia rebundat omnis provincia). Der Urtext ist uns hier deshalb sehr interessant, weil er nicht schreibt „equorum“ sondern „equulorum“, so dass auf eine auffallend kleine Rasse von Wildpferden geschlossen werden muss, vermutlich die des masurisch-litauischen Kleppers“. Zu diesem richtigen Schluss kann man noch hinzufügen, dass es im Zitat „omnis provincia“ heisst, also war wohl der Klepper-Typus in mehreren Gebieten verbreitet. Sich auf Schwarznecker²⁶⁾ berufend, schreibt Krämer ferner, „dass das Pferd der heidnischen Litauer und Preussen ein kleines, zähes Geschöpf gewesen sei, graugelb oder mausgrau mit Aalstrich und, gezähmt, ein ganz fleissiges Ackerpferd. Über seinen Ursprung etwas Genaueres zu ermitteln, sei freilich nicht möglich. Zum Teil stimmt das heute noch, teilweise aber nicht mehr. Mit ziemlicher Sicherheit führen die kleinen litauischen Klepper, die „equuli“, auf die Ponygestalten zurück, die schon Nehring für die prähistorischen Zeiten gefunden hat. In dieselbe Gruppe gehören dann wohl auch die kleinen Pferde Norwegens mit ihrer mausgrauen bis gelbbraunen Farbe und dem charakteristischen Aalstrich, sowie die heute noch lebenden Ponys von Island und Schottland. Insofern sehen wir heute klarer, als es noch Schwarznecker möglich war. Woher aber schliesslich diese grosse Gruppe von zierlichen Pferdchen gekommen ist, wissen wir einstweilen noch nicht“.

Meine kranilogischen Untersuchungen des litauischen und estnischen Pferdes haben bewiesen, dass sie zur Steppenform gehören. Infolgedessen kann es kaum mit dem norwegischen, das, laut Ewart, eine Beimischung von okzidentalischem Blut hat, identifiziert werden. Die Herkunft der schottischen und isländischen Pferde ist komplizierter: ein grosser Teil von ihnen soll, wie wir aus den Arbeiten amerikanischer und englischer Autoren, Loomis²⁷⁾, Ridgway²⁸⁾ u. a., erfahren, das Produkt mehrerer

Schläge von Hauspferden sein. Die Gruppe der skandinavischen Pferde müsste eigentlich einer gründlichen Revision unterworfen und die „Produkte sekundärer Herkunft“ abgesondert werden.

Noch weiter geht Hilzheimer, der die Gruppe der litauischen, Dachauer, Moospferde (Feldmochinger), Schlettstädter Pferde und der Araber mit den Pferden der Nordkelten (Ostkelten) verbindet. Die letzteren besaßen ein feingliedriges, ponyartiges, jedenfalls aber nur mittelgrosses Pferd, dessen Reste vielleicht die oben aufgezählten Pferdegruppen sind. Ewart hat auch den englischen Pony mit den keltischen Pferden in Zusammenhang gebracht, aber es haben sich von diesen Ponys, wie die weiteren Arbeiten erwiesen haben, nur sehr wenige in reiner Form erhalten. Man wird auf diese Frage noch zurückkommen müssen, da die Entstehung des osteuropäischen domestizierten Pferdes in enger Verbindung mit den Nord- und Südkelten steht.

Antonius, der seinen Standpunkt über die Herkunft eines Teiles der Hausformen vom Eq. Gmelini Ant. entwickelt, lässt die im Mittelalter in Litauen, Weissrussland, Polen, Ostpreussen und den angrenzenden Gebieten stark verbreiteten Wildpferde nicht unerwähnt. Er schreibt: „dagegen scheint es, als ob man die bis in die Neuzeit hinein vorgekommenen litauischen und preussischen Wildpferde ihm zuzurechnen hätte, doch sind die Beschreibungen auch hier zu dürftig, um dies mit Sicherheit behaupten zu können. Im allgemeinen möchte ich annehmen, dass der Tarpan an geeigneten Orten während der jüngeren Quartärzeit mehr inselartig im Verbreitungsgebiet des Formenkreises von Eq. ferus aufgetreten ist, vielleicht als Rest einer alteuropäischen Pferdebevölkerung. Er würde dann inmitten der späteren Einwanderer Gegenden bewohnt haben, die von diesen aus irgendeinem Grunde gemieden wurden, ähnlich wie noch heute in Süd- und Südwestafrika Eq. zebra mit seinen Lokalrassen inselartig im Gebiete der südlichen Quaggaformen auftritt, ohne sich aber infolge der ganz verschiedenen Standorte je mit diesen mischen zu können“.

Aber das nordeuropäische Wildpferd, unter dem Namen „Waldpferd“ bekannt, das in den Grenzgebieten zwischen Deutschland und Russland lebte, ist noch ganz unerforscht geblieben. Antonius gibt scheinbar die Möglichkeit zu, dass die lokalen litauischen Pferde aus der südrussischen Form des Tarpans entstanden sein können. Auf die Ähnlichkeit des litauischen Pferdes mit dem südrussischen Tarpan, in kraniologischer wie auch in ana-

tomischer Hinsicht, hat schon Nehring aufmerksam gemacht; dies wurde später auch von Tscherski bestätigt. Jedoch muss der Theorie von Antonius zufolge der Typus des Waldpferdes sich entschieden von dem des Steppenpferdes unterscheiden: die ersteren weisen eine komplizierte Schmelzfältelung der Zähne auf, während für die Steppenpferde gerade die einfache Schmelzfältelung charakteristisch ist. Es entsteht hierdurch ein Widerspruch, der nur dann, wenn das „Waldpferd“ erforscht sein wird, behoben werden kann. Nicht nur die Wildpferde, sondern auch die rezenten lokalen Hauspferde Ostrusslands sind noch nicht genügend erforscht.

Diese Lage der Dinge hat mich, auf Anraten der Herrn Prof. Dr. E. Nonewicz und Prof. Dr. J. Mägi, dazu bewogen, Forschungen in dieser Richtung zu unternehmen, um nach Möglichkeit das fehlende Material zu ergänzen. Ich bin dabei wie folgt vorgegangen: zuerst habe ich im Baltikum, das an altertümlichen Formen besonders reich ist, die jetzt dort lebenden Pferde studiert; es hat sich dabei die Möglichkeit herausgestellt, meine Ergebnisse mit denjenigen polnischer, estnischer und einiger anderer Forscher zu parallelisieren. Nach dem Studium der rezenten Pferde, soweit das verfügbare Material es ermöglichte, bin ich zum subfossilen Pferde übergegangen, das ich bis zur Zeit von Chr. Geb. verfolgt habe. Aus Mangel an Funden aus der Bronzezeit, die übrigens im Baltikum nur sehr schwach belegt und dabei mit grosser Verspätung eingetreten ist, ist es mir nicht gelungen, mich in diese Periode zu vertiefen. Es war nur möglich, den Vergleich der Funde aus der Eisen- mit denjenigen aus der Bronzezeit, unter Ausnutzung des Materials der benachbarten Gebiete, hauptsächlich Mitteleuropas, durchzuführen. Dieses war deshalb möglich, weil das Bronzezeitpferd in einigen Gebieten Europas sich mit den fossilen Resten in einigen baltischen Ländern als identisch erwies.

Dieser Mangel an fossilem Material hat mich auch gezwungen, vom Neolithikum an mich auf archäologische, sprachliche und andere Daten zu stützen. Nur nach entsprechenden neolithischen Funden von Pferderesten wird es möglich werden, das Verhältnis zu den Diluvialpferden genau zu ergründen.

Biometrische Daten.

In Osteuropa haben sich bis zu unserer Zeit Reste der heimischen Spezies der orientalischen Pferde erhalten. Schon Tschapski²⁹⁾ und Wrangel³⁰⁾ haben die Eigentümlichkeiten des Schlages des Huzulenpferdes, das noch heute in den Gebirgsgegenden der Süd-Bukowina und Südost-Galiziens (jetzt Südostpolen) existiert, hervorgehoben. In bezug auf Exterieur und Abstammung hat Osowizki³¹⁾ das Huzulenpferd besonders eingehend untersucht. Er schreibt dem Huzulenpferd eine besondere, selbständige Stellung in der Rassenkunde zu. Es soll vom orientalischen Pferde durch niedrigen Widerrist, hohe Kruppe, abfallendes Kreuz und eine Länge, die die Höhe bedeutend übertrifft, abweichen. Alle anderen Masse des Huzulenpferdes stimmen jedoch mit denjenigen des litauisch-schamaitischen (schmudischen) überein.

Aber auch laut den Angaben Osowizki's überragt nicht bei allen Huzulenpferden die Kruppe den Widerrist, da auch Pferde mit umgekehrter Relation von ihm angeführt werden. Die kleine Anzahl der gemessenen Pferde gibt noch kein Recht zu der unbedingten Feststellung, dass die grössere Kruppenhöhe ein konstantes Merkmal bildet. Osowizki führt die grössere Entwicklung der Kruppe auf die Gebirgsgegend, sowie auf den Umstand, dass das Huzulenpferd hauptsächlich als Lasttier Verwendung fand, zurück. Durch dieselben Umstände erklärt er das Vorhandensein eines kleinen, harten, eleganten Hufes. Das shamaitische Pferd jedoch lebt von der historischen Zeit an in feuchter, sumpfiger Gegend mit überwiegendem diluvialem, schwerem oder leichtem Lehm Boden, und trotzdem haben diese ungünstigen klimatischen und Bodenfaktoren die Herausbildung eines rohen und grösseren Hufes nicht bewirkt. Der Huf des heimischen litauischen Pferdes steht in bezug auf Härte und Festigkeit dem des arabischen in nichts nach. Deswegen sind meiner Meinung nach die harten Hufe des Huzulen- und des shamaitischen Pferdes durch deren Steppenherkunft zu erklären.

Es ist möglich, dass das Huzulenpferd ein Rest des Schläges ist, der schon im Mittelalter in Ungarn verbreitet war.

Polen und Litauen bilden ebenfalls ein Gebiet der Verbreitung von lokalen Pferdeformen. In Polen ist das heimische Pferd im Polesje von Jaworski³²⁾ und das Bilgoraj-Pferd (im Gouvernement Lublin) von Vetulani³³⁾ untersucht worden. Das eine wie das andere Pferd erwies sich nach meinen Untersuchungen³⁴⁾ in kranilogischer Hinsicht als mit dem litauischen Pferde, das sich in ziemlich unverändertem Zustande in Nordlitauen erhalten hat, identisch.

Dem litauischen Pferde haben ihre Aufmerksamkeit noch Mördler, Nehring, Tschapski, Wrangel u. a. westeuropäische Forscher gewidmet. Ausführliche biometrische Messungen haben Urussoff³⁵⁾ und Moratschewski³⁶⁾ vorgenommen.

Urussoff hat auch das estnische Pferd — den Klepper — untersucht, das sich in primitivem Zustande nur auf den Inseln Dagö und Ösel erhalten hat.

Ostlich von diesem Gebiete finden wir ein ähnliches Pferd in der Gestalt des finnischen, nordrussischen (Ingermanland), obwinischen, kasanschen und des Pferdes aus den Gouvernements Wjatka, Perm u. s. w. Ein Pferd desselben Typus, nur mit grösseren Abweichungen, traf ich am Altai, in Turkestan, in einigen Gebieten der Mongolei und sogar in der Mandschurei an.

Aber die russischen und asiatischen Schläge sind noch nicht genügend untersucht. In den an Westeuropa angrenzenden Gebieten sind die rezenten Spezies der orientalischen Pferde mehr oder weniger eingehend in biometrischer Hinsicht untersucht worden, allerdings auf Grund einer nur geringen Anzahl von Exemplaren. Diese Untersuchungen sind zu verschiedenen Zwecken unternommen worden. Im Anschluss an die Arbeiten von Nathusius³⁷⁾, Holdefleiss u. a., die den biometrischen Unterschied zwischen den morgen- und abendländischen Pferden eingehend festgestellt haben, haben andere Forscher es unternommen, die verschiedenen Schläge des orientalischen, osteuropäischen Pferdes an der Hand von Messungen am lebenden Körper festzustellen. Andere Forscher sind noch weiter gegangen und haben diese Daten mit der Frage nach der Herkunft der betreffenden Spezies verknüpfen wollen.

In der umstehenden Tabelle der absoluten und relativen

T a b e l l e 1.
Messungen am lebenden Körper. Litauer (55 Pferde).

	von bis	Mittel (absol. — oben, relat. — unten)	Stuten	Hengste	Wallache
1. Widerristhöhe . . .	128.5—145	<u>137.5</u> 100	<u>135.5</u> 100	<u>139</u> 100	<u>138</u> 100
2. Rückenhöhe	122.5—137	<u>131.2</u> 95.4%	<u>129.2</u> 95.4%	<u>133.6</u> 96.1%	<u>130.7</u> 94.6%
3. Kruppenhöhe	128.5—145	<u>135.7</u> 98.7	<u>134.6</u> 99.4	<u>136.4</u> 98.1	<u>136.2</u> 98.6
4. Schwanzansatzhöhe .	119—135	<u>126.4</u> 91.9	<u>126.3</u> 93.2	<u>126.4</u> 91	<u>126.5</u> 91.5
5. Rumpflänge schr. . .	125—150	<u>140.8</u> 102.4	<u>138.7</u> 102.4	—	<u>142.8</u> 103.4
6. „ hor. . . .	127—156	<u>144.2</u> 104.8	<u>141.5</u> 104.5	<u>146</u> 105	<u>145.1</u> 105.1
7. Rumpfumfang . . .	146—175	<u>163.4</u> 118.8	<u>161.5</u> 119.2	<u>163.2</u> 117.3	<u>165.6</u> 119.9
8. Brusttiefe	54—69.5	<u>63.9</u> 46.5	<u>63.6</u> 46.9	<u>62.5</u> 45	<u>65.7</u> 47.6
9. Brustbreite	31—41	<u>36.4</u> 26.5	<u>35.4</u> 26.1	<u>37.8</u> 27.2	<u>36</u> 26.1
10. Brustbreite (thoracis latitudo costalis) . .	30—44	<u>37.3</u> 27.1	<u>36.1</u> 26.6	<u>39.3</u> 28.3	<u>36.5</u> 26.4
11. Beckenbreite (pelvis latitudo coxalis) . .	41—59.5	<u>47.9</u> 34.8	<u>48.7</u> 35.9	<u>48.2</u> 34.7	<u>47.1</u> 34.8
12. Beckenbreite (pelvis latitudo articularis) .	40—48	<u>49.5</u> 35.9	<u>58.4</u> 43.1	<u>45</u> 32.4	<u>45</u> 32.6
13. Beckenbreite (pelvis latitudo ischiadica) .	19.5—24	<u>21.5</u> 15.6	<u>21.2</u> 15.6	—	<u>21.8</u> 15.8
14. Vorbeinlänge	58.5—81	<u>73.6</u> 53.5	<u>71.8</u> 52.9	<u>76.4</u> 52.9	<u>72.8</u> 52.7
15. Vorbeinumfang (carpi)	22—31	<u>28.4</u> 20.6	<u>27.2</u> 20	<u>29.2</u> 21	<u>28.7</u> 20.8
16. Vorbeinumfang (metacarpi)	16—21	<u>18.5</u> 13.2	<u>17.6</u> 12.9	<u>18.2</u> 13.1	<u>18.7</u> 13.5
17. Vorbeinumfang (phal. I)	16—22	<u>18.2</u> 13.3	<u>17.7</u> 13.1	<u>18.3</u> 13.1	<u>18.7</u> 13.6
18. Hinterbeinumfang (tarsi)	26.5—36	<u>31.6</u> 22.9	<u>30.2</u> 21.5	<u>32.5</u> 23.4	<u>32.2</u> 23.3
19. Hinterbeinumfang (metatarsi)	17.5—24	<u>20.2</u> 14.6	<u>19.5</u> 14.4	<u>20.3</u> 14.5	<u>20.6</u> 14.8

	von bis	Mittel (absol. — oben, relat. — unten)	Stuten	Hengste	Wallache
20. Hinterbeinumfang (phal. I)	17.5—23	<u>19.8</u> 14.3	<u>19.4</u> 14.3	<u>20.6</u> 14.0	<u>19.5</u> 14.8
21. Kopflänge	47—57	<u>53.8</u> 39.1	<u>53.6</u> 39.6	<u>52.5</u> 37.7	<u>55.3</u> 40.0
22. Stirnbreite	19.5—23	<u>21.2</u> 15.4	<u>21.3</u> 15.7	<u>20.9</u> 15	<u>21.5</u> 15.6
23. Zwischenaugenbreite	14—17	<u>15.5</u> 11.3	<u>15</u> 11.1	<u>15.6</u> 11.4	<u>15.7</u> 11.2
24. Gesichtsbreite . . .	16—19	<u>17.2</u> 12.5	<u>16.7</u> 12.4	<u>17.3</u> 12.5	<u>17.7</u> 12.8
25. Ganaschenbreite . .	24—28	<u>26.6</u> 19.4	<u>26.2</u> 19.4	<u>26.5</u> 19.0	<u>27.1</u> 19.6
26. Ohrlänge	12.5—16	<u>13.9</u> 10.1	<u>14.2</u> 10.5	—	<u>13.7</u> 9.9
27. Ohrumfang	12—15	<u>13.5</u> 9.8	<u>13.5</u> 9.9	—	<u>13.5</u> 9.8
28. Zwischenohrenbreite	10.5—13	<u>12.5</u> 9.1	<u>12.5</u> 9.2	—	<u>12.5</u> 9.0

biometrischen Werte befinden sich die absoluten über dem Strich; diese Werte sind zum Teil entnommen, zum Teil errechnet aus den neuesten Arbeiten von Grünwald³⁸⁾ und Tagerpera³⁹⁾ für das estnische Pferd, von mir und Mozkus⁴⁰⁾ für das litauische Pferd, von Grabowski und Schuch⁴¹⁾ für das polnische, von Osowizki für das Huzulenpferd, von Starzewski⁴²⁾ für dasselbe Pferd, spätere Nachmessungen, von Lukomski⁴³⁾ und Skarkowski⁴⁴⁾ für den in Polen gezüchteten Araber und von Kuffner⁴⁵⁾ für den Araber in Ungarn. Bei den Messungen der litauischen Pferde sind nicht nur die autochthonen, sondern auch die Gestütpferde untersucht worden. Die Widerristhöhe beträgt im Mittel 137,5 cm. Für die Hengste ist eine Höhe von 139,0, für die Stuten 135,45 und für die Wallache 138,1 cm festgestellt worden. Es war mir möglich, diese Messungen mit denjenigen, die im Jahre 1899 von Urussoff⁴⁶⁾ und 1912 von Moratschewski durchgeführt worden sind, zu vergleichen, wobei es sich ergab, dass die biometrischen Werte während der betreffenden 25 Jahre sich nicht geändert haben: also hat die

Tabelle 2.
(Oben absolute, unten relative Zahlen.)

	Litauisches Pferd. Kwaschnin u. Mozkus.	Estnisches Pferd. Grünwald.	Estnisch. Pferd. Tagepera.	Polnisches Pferd. Grabowski u. Schuch.	Huzulen- pferd. Osovizki.	Huzulen- pferd. Starzewski.	Araber, Polen. Skarkowski.	Araber, Babolina- Zucht. Kuffner.
1. Widerristhöhe	137.5 100	138 100	131 100	133.7 100	131.2 100	125—137.5 100	148—150 100	149.3 100
2. Rückenlänge	131.2 95.4%	129 93.5%	—	127.3 95.2%	127.5 97.2%	120—129 95.5—93%	120—129 95.5—93%	142.3 95.3%
3. Kruppenhöhe	135.7 98.7	135 97.7	131.8 100.6	133 99.5	132.4 100.9	121—137 101.5—100	147.3—149.7 99.5—99.3	150.3 100.7
4. Schwanzansatzhöhe	126.4 91.9	—	—	123.1 92.1	123.5 94.1	117—127.5 93—92	—	144.8 96.8
5. Rumpflänge, schr.	140.8 102.4	135 97.7	137.6 105	140.6 105.2	142.2 108.4	127—141.5 101.5—107.5	143.7—147 97 98	148.2 99.2
6. Rumpflänge, horiz.	144.2 104.9	—	—	—	—	129—144.5 103—104	146—148.7 98.6—99.1	150 100.4
7. Rumpfumfang	163.4 118.8	161 116.6	163 124.5	161 120.6	156—177 115—124	147—165.5 117—120	169.9—171.4 114.3—114.8	174.1 115.2
8. Brusttiefe	63.9 46.5	62 44.9	63.6 48.5	—	59—72 45.5—49	53—60 42.4—43.6	63.7—64.9 43—43.3	69 46.2
9. Brustbreite	36.4 26.5	50 (?) 36.2	35 25.7	—	34—42 25—27.4	31—38.5 23—28	39.5—41.3 26.6—27.5	40.3 27
10. Beckenbreite (pelvis la- tudo coxalis)	47.9 34.9	48 34.7	—	—	43—51 33—34.7	38—45 29.5—32.5	46.7—47.9 31.1—32.3	50.1 33.5
11. Beckenbreite (pelvis la- tudo articularis)	49.5 35.9	—	—	—	—	—	—	—

12. Beckenbreite (pelvis latitudo ischiadica) . . .	21.5 15.6 73.6	22 15.9	—	—	—	—
13. Vorbeinlänge	53.5 28.4	—	—	71.5—80 56—58 25.5—29	—	87.1 58.3 30.3
14. Vorbeinumfang (carpi) .	20.6 18.2	25.5—29 20—21	—	—	84—86.4 56.7—57.6 28.9—30.8	20.3 20.1 13.4
15. „ (metacarpi)	13.2 18.2	—	16.7	16—18	19.5—20.5 17.9—18.7	20.3 20.1
16. „ (phal. I) . .	13.2	—	12.7	12—13	12.1—12.5 37.6—39.0 25.4—26.6	13.4
17. Hinterbeinumfang (tarsi)	31.6 22.9	—	—	—	—	—
18. „ (metatarsi)	20.1 14.6	—	—	17.5—20 14.5—15	—	21.5 14.4
19. „ (phal. I) .	19.8 14.4	—	—	—	—	—
20. Kopflänge	53.8 39.1	54 39.2	56.3—58.2	50—56 38—42 20—22	57 38.5 21.7—21.8	57 38.1 22.5
21. Stirnbreite	21.2 15.4 15.5	—	21—24	15.5—17	—	15.1
22. Zwischenaugenbreite . .	11.3 17.2	—	—	—	—	—
23. Gesichtsbreite	12.5 26.6	—	—	—	—	—
24. Ganaschenbreite	19.4 13.9	—	24—28	—	—	27.8
25. Ohrumfang	10.1 12.5	—	—	—	—	—
26. Zwischenohrenbreite . .	9.1	—	—	—	—	—

Spezies konstante Merkmale behalten. Die für das estnische Pferd angeführten Werte von Grünwald sind auf Grund von nur 20 Insel- und Kontinentpferden ermittelt worden. Deswegen sind die Masse, die uns von Herrn Dozent K. Tagepera lebenswürdigerweise zur Verfügung gestellt wurden, typischer, da sie auf Grund von etwa 80 Exemplaren, hauptsächlich von der Insel Dagö, den estnischen Klepper genau charakterisieren. Nach Grünwald beträgt die mittlere Widerristhöhe des Kleppers 138 cm, nach Tagepera bloss 131 cm, wobei nach Tagepera die Widerristhöhe zwischen 126 und 159 cm schwankt. Die Masse des litauischen Pferdes schwanken in engeren Grenzen. Wenn man indessen nur die autochthonen schamaitischen Pferde, die noch jetzt im Raseinier und Telschier Kreise (Nordlitauen) getroffen werden, berücksichtigt, so entspricht die Widerristhöhe der des estnischen — 131 cm, des huzulischen — 131,2 und des polnischen Pferdes — 133,7 cm.

In die Gruppe der polnischen Pferde sind auch die verbesserten, bastardierten aufgenommen worden, und schliesst man diese aus, so würde sich ein Mittelwert für die Widerristhöhe ergeben, der demjenigen des litauischen und estnischen Pferdes gleich wäre. Was das Huzulenpferd anbetrifft, so ist noch zu bemerken, dass es ziemlich einheitlich ist, da seine Widerristhöhe zwischen 125 und 137,5 cm schwankt.

Vergleicht man alle obenerwähnten Schläge mit dem Araber, der in Polen und Ungarn gezüchtet wird, so stellt man an der Hand der Tabelle 2 fest, dass die Widerristhöhe für den Araber bedeutend grösser ist und im Mittel 148—150 cm ergibt. Die Werte für die Kruppenhöhe, Schwanzansatzhöhe und Rumpflänge sind für alle Gruppen gleich, allerdings beim Araber etwas grösser. Ein etwas anderes Bild ergibt sich für die Brusttiefe und die Brustbreite. Ungeachtet des grösseren Wuchses des Arabers in Polen beträgt seine Brusttiefe nur 63,7—64,9 cm, während das kleinere schamaitische Pferd eine Brusttiefe von 63,95 cm, das estnische eine von 63,6 und das huzulische eine von 59—72 cm aufweist.

In % der Widerristhöhe beträgt die Brusttiefe:

Litauisches Pferd	46,5 %
Estnisches (Tagepera)	48,5
Huzulenpferd (Osowizki)	45,5—49
Araber (Polen)	43—43,3

Ähnlich liegen die Verhältnisse auch für die Brustbreite:

	absolut	relativ
Litauisches Pferd	36,39	26,46 %
Estnisches Pferd (Tagepera)	35,0	26,7
Huzulenpferd (Starzewski)	31—38,5	23—28
Araber (Polen)	39,5—41	26,6—27,5

Somit übertrifft der Araber ganz unbedeutend das litauische und estnische Pferd, die sich durch eine gutentwickelte, breite und tiefe Brust kennzeichnen.

Die Beckenbreite ist für alle Gruppen gleich und nur beim Araber der relative Wert kleiner — 32,3% (Ungarn — Babolna-Zucht), 31,1—34,5% (polnische Zucht), während für das litauische und estnische Pferd 34,9 und 34,7% Widerristhöhe gelten.

Bei etwas grösserer Länge der Vorderbeine des Arabers, sind Vorder- und Hinterbeinumfang für alle Gruppen gleich.

Bei Feststellung der Unterscheidungsmerkmale ist der Form des Kopfes eine grosse Bedeutung beizumessen. Die Kopflänge, in absoluten und relativen Werten ausgedrückt, ergibt:

	absolut	Mittel	relativ
Litauisches Pferd	von 47 bis 57	53,8	39,13
Estnisches Pferd	—	54	39,2
Huzulenpferd (Starzewski)	50—56	—	38—42
„ (Osowizki)	56,3—58,2	—	—
Araber (Skarkowski)	53—62	57	38,5

Während das litauische und estnische Pferd etwa dieselbe Kopflänge aufweisen, ist diese beim Huzulenpferd und beim Araber etwas grösser: aber auch dieses Bild verschiebt sich, wenn man eine Korrektur auf Grund des Geschlechtes vornimmt, d. h. nicht die Mittelwerte, sondern separat die Werte für Hengste, Stuten und Wallache in Betracht zieht. Dieser Unterschied tritt in der folgenden Tabelle klar zutage:

	Hengste	Wallache	Stuten
Litauisches Pferd	52,5	55,3	53,63
	37,7 %	40,04 %	39,59 %
Huzulenpferd	52,6	—	53
	39,6	—	40,6
Araber (Antoniny-Zucht, Skarkowski)	56,8	—	56,9
	38,1	—	38,9
Araber (Gumniska-Zucht)	58	—	57,6
	37,4	—	38,3

Beim litauischen und Huzulenpferd haben die Stuten einen längeren, die Hengste einen kürzeren, aber breiteren Kopf, und die Wallache weisen Mittelmasse auf. Laut Skarkowski sind diese Unterschiede beim polnischen Araber nicht vorhanden: aber meines Erachtens dürfen hierüber keine endgültigen Schlüsse gezogen werden, da Skarkowski seine biometrischen Untersuchungen an relativ geringem Material durchgeführt hat.

Die Stirnbreiten des litauischen, estnischen und Huzulenpferdes verhalten sich wie:

Litauer	$\frac{21,23}{15,43 \%}$
Huzulenpferd	20—22
Araber	$\frac{21.7—22.5}{15 \%}$

Diese, sowie die anderen Kopfmasse des osteuropäischen autochthonen Pferdes und des Arabers entsprechen dem Tarpan-typus im Sinne von Antonius. Die Messungen am lebenden Körper stellen die nahe Verwandtschaft insbesondere der litauischen, estnischen und polnischen Pferde miteinander fest, geben aber keinen genügenden Aufschluss in der Frage der Herkunft. Von diesem Standpunkt aus betrachtet, bleibt die Ansicht von Starzewski, der ausschliesslich die biometrischen Daten zugrunde gelegt hat, dass „man behaupten könne, indem man sich auf obige Beweise stützt, das Huzulenpferd stamme vom Tarpan, mit wenig Blut des Pferdes Przewalski; und später sei es durch arabisches Blut veredelt worden“, vollkommen unbewiesen: dies um so mehr, als keine Exterieurvergleiche mit dem mongolischen Pferde und dem Tarpan vorhanden sind. Die Behauptung Starzewski's ist schon früher von Vetulani und Jaworski aufgestellt worden, allerdings nur in bezug auf das polnische Pferd und nur an der Hand von kraniologischen und nicht biometrischen Untersuchungen. Ausserdem haben sie ihr Material mit den Schädeln des Tarpan und des mongolischen Pferdes verglichen. Nur vermittelt der historisch-statistischen Methode und auf Grund eines umfangreicheren Materials kann man die Merkmale der einzelnen Spezies bestimmen, aber keinesfalls die Frage der Herkunft lösen.

Ohne mich in das biometrische Material zu vertiefen, das in den Fragen der Herkunft nur eine geringe Hilfe leisten kann, da es bloss das Bild der äusseren Form der Tiere, die unter

dem Einfluss von historischen und insbesondere Ernährungs- und Pflegebedingungen leichter und schneller als die kraniologischen Faktoren variiert, zeigt, gehe ich zu den Ergebnissen der kraniologischen Forschungen über. Die letzteren könnten ein noch wertvolleres Material ergeben, wenn sie mehr charakteristische, konstant-zoologische, nur der betreffenden Spezies eigene Merkmale lieferten.

Kraniologische Ergebnisse nebst einigen osteologischen Daten.

In der allerletzten Zeit sind einige osteuropäische Schläge der Warmblüter einer eingehenden Untersuchung in kraniologischer Hinsicht unterworfen worden, und zwar auf Grund einer grösseren Anzahl von Schädeln. Die vielen sich widersprechenden Ansichten über die Abstammung des litauischen, estnischen und anderer verwandter Schläge lassen sich durch den Mangel an kraniologischem Material und die unvollkommene Untersuchungsmethode erklären. Schon Nehring und nachher Tscherski haben auf Grund der Untersuchung eines einzelnen Schädels und durch Vergleich mit einer geringen Anzahl von Schädeln eines anderen Schläges schwerwiegende allgemeine Schlüsse gezogen. Tscherski sagt⁴⁷⁾: „Das Litthauische Pferd (♂, 28 Jahre alt, Nr. 3351 des Katalogs der Landwirtschaftlichen Hochschule in Berlin) gehört nach der Länge der Schädelbasis (450 mm) bereits zur Gruppe der kleinwüchsigen Rassen (unter 460 mm) und nach dem Stirnindex (= 234,4) zu den mittelstirnigen Pferden, mit einem etwas schmälern Schädel, als der krimische Tarpan (231,8). Dieser Schädel unterscheidet sich von dem des Tarpan nur durch den beträchtlicheren Augenindex (= 189 und nicht 181—182,2), den ein wenig höher aufsteigenden Ast des Unterkiefers (= 47,1 und nicht 45,4—45,7) und zum Teil grössere Höhe des Schädels mit dem Unterkiefer (= 62,2 und nicht 55,7—59,8). Aus den schriftlichen Mitteilungen Prof. Nehrings aber ist ersichtlich, dass die Stirn dieses Pferdes „flach, ein wenig konkav“, der Scheitelpunkt stark vortretend ist (folglich, wie bei den Tarpans); die Nasenbeine hinter den For. infraorbitalia sind „wulstig aufgetrieben“; das Nasengewölbe ist in der Nähe der genannten Öffnungen schmal (= 11,4), ziemlich hoch oben, abgeplattet, mit starken, aber nicht senkrechten Seitenwänden versehen, und vielleicht nur ein wenig stärker konvex in querer Richtung (155,3),

als beim krimschen Tarpan, bei welchem diese Konvexität = 15,0 (? Bem. v. Kwaschnin) ist. An der Basis des Gewölbes finden sich Längsvertiefungen, während die Grübchen über der Maxillarcrista fehlen. Was aber das Profil des Schädels anbetrifft, so ist auch dieses, nach der Wiedergabe desselben im Briefe des Herrn Prof. Nehring zu urteilen, sehr ähnlich dem Profil des krimschen Tarpan mit einer beträchtlichen Konkavität an der Nasenwurzel und einer Auftreibung an der Grenze des hinteren und mittleren Drittels der Länge der Nasenbeine, wobei auch eine unbedeutende Konkavität vor dieser Auftreibung sich beobachten lässt. Wenn wir noch daran erinnern, dass dieses Pferd . . . zugleich mit dem Tarpan zu der, durch sehr kurze Metakarpalien und Metatarsalien, sowie durch lange hintere Extremitäten charakterisierten Gruppe gehört, so wird die Ähnlichkeit des Pferdes Litthauischer Rasse mit dem Typus der Tarpane noch erhöht“.

Ausserdem gibt Tscherski eine Tabelle für den Extremitäten-Index (Metakarpale 100, ausgedrückt in der grössten Schädellänge), in der er die Angaben von Kiesewalter⁴⁸⁾ und die eigenen verwendet hat. Diese Tabelle ergibt für den Araber — 214 und für das litauische Pferd — 268,3, sie entspricht daher der kleinsten Dimension.

Meine kraniologischen Untersuchungen an 13 Schädeln litauischer Pferde haben ein ganz anderes Bild, als diejenigen von Nehring-Tscherski, ergeben. Es hat sich herausgestellt, dass die Mehrzahl der Indices von starken Schwankungen begleitet werden, weswegen Angaben nach 1—2 Schädeln den Schlag nicht charakterisieren können. So wird z. B. der Stirn-

index nach Nehring $\left(\frac{\text{Basilarlänge}}{\text{Gr. Stirnbreite}} \cdot 100 \right)$ für das litauische

Pferd mit 234,4 festgestellt, wonach dieser Schlag zu den mittelstirnigen Pferden zu rechnen ist; de facto ergibt der Mittelwert für 13 Schädel eine grössere Zahl, und zwar 237,7, d. h. die Stirn erweist sich als weniger breit. Wenn man den Stirnindex der einzelnen Pferde betrachtet, so stösst man auf den Index 224, typisch für breitstirnige Pferde, die eine noch breitere Stirn als die von Tscherski untersuchten Tarpane besitzen, deren Stirnindex 228,1 bzw. 231,8 beträgt; anderseits findet man eine ganze Anzahl von Schädeln mit dem Stirnindex 244, typisch schmalstirnig, dem Eq. Przewalskii entsprechend. Somit kann

man unter den autochthonen litauischen Pferden auf Grund des Index von Nehring verschiedene Variationen feststellen.

Es ist schwer, die Bedeutung von Nehrings Augenindex III $\left(\begin{array}{l} \text{vordere Augenlinie} \\ \text{hintere Augenlinie} \end{array} \cdot 100 \right)$ voll anzuerkennen. Laut diesem Index hat Nehring für das litauische Pferd die Zahl 189 errechnet, während der Index in Wirklichkeit 190,5 im Mittel ausmacht, allerdings bei grossen Schwankungen von 178,8 bis 200,5. Für 2 Tarpane hat Tscherski 181 und 182,2 und Salenski für Eq. Przewalskii von 190 bis 197,3 errechnet. Mit anderen Worten: die Variationen des Augenindex des litauischen Pferdes schliessen den Tarpantypus und den Eq. Przewalskii in sich ein. Ich werde noch Gelegenheit haben auf diese interessante Tatsache im Kapitel über den Tarpan zurückzukommen; mit den obigen Beispielen wollte ich nur meiner Auffassung über die Anfechtbarkeit der bloss auf einige wenige Exemplare basierten Schlüsse von Tscherski einen Rückhalt geben. Wie es scheint, empfand Tscherski selbst die Unzulänglichkeit des ihm zur Verfügung stehenden Materials für weitgehende Schlussfolgerungen, da er sagt: „Die Tarpans dagegen, wie oben gesagt, und vielleicht auch das Litthauische Pferd lassen sich innerhalb der Grenzen der Schwankungen des schottländischen Typus (Eq. c. hibernicus Sans.) einreihen, obgleich das natürlich noch nicht zu irgend welchen Verallgemeinerungen und Schlussfolgerungen berechtigt, da eine möglichst sichere Feststellung der diagnostischen Eigentümlichkeiten aller dieser Typen noch ein sorgfältiges Studium eines bedeutend reichhaltigeren Materials erfordert, als dasjenige, dessen sich bisher die mit dieser Frage sich Beschäftigenden bedienen konnten“.

Ich kann auch der anderen These von Tscherski, die auf anatomischen Untersuchungen basiert, dass das litauische Pferd das kurzbeinigste aller Pferde ist, nicht beitreten. Diese These stützt Tscherski durch Angaben aus Kiesewalter, die er durch eigene Untersuchungen ergänzt; und zwar gibt er folgende Tabelle:

	Metakarpale = 100 *)
	Grösste Schädellänge:
Englisches Vollblutpferd (Kiesewalter Nr. 8)	210
Arabisches Pferd Nr. 10	214

*) Am Kopfe der Tabelle ist irrtümlich Metatarsale angegeben, während es Metakarpale heissen soll.

Metakarpale = 100
Grösste Schädellänge:

Arabisches Pferd Nehring Nr. 3314	226
Pferd vom kalmückischen Typus (Tscherski Nr. 115) . .	229
Polnisches Pferd, Kiesewalter Nr. 22	231
Persisches Nr. 21	232
Turkestanisches Pferd, Kiesewalter Nr. 23 (? m. s. 20) .	247
„Russisches Steppenpferd“, Kiesewalter Nr. 23	252
„Russisches Pony“ Nr. 29	253,7
Krimsker Tarpan, Tscherski Nr. 521	260
Pony, Kiesewalter Nr. 26	260,6
Englisches Pony, Kiesewalter Nr. 27	263
Zebra, Tscherski Nr. 111	268
Litauisches Pferd, Nehring Nr. 25	268,3

Wahrscheinlich nur dank den verschiedenen individuellen Variationen ist das litauische Pferd an die letzte Stelle, sogar hinter das kleinwüchsige Zebra gelangt.

Zur Nachprüfung dieses Indexes habe ich das Metakarpale und Metatarsale der 4 kleinsten Skelette gemessen. Die Widersthöhe eines dieser Pferde wurde noch bei Lebzeiten gemessen und betrug 130 cm.

Die folgenden Tabellen enthalten die grössere und kleinere Länge und den Durchmesser dieser Knochen:

	Ossa Metacarpalia			III	
Skelett:	I	II	III	IV	Mittel
Kondylarlänge . .	202,5	209,0	205,0	219,0	208,8
Grösste Länge . .	214,7	214,0	217,0	225,0	217,6
Durchmesser (diaphysis)	30,6	29,0	32,0	31,8	30,8

	Ossa Metatarsalia			III	
Skelett:	I	II	III	IV	Mittel
Kondylarlänge . .	240	250	250	255	246,2
Grösste Länge . .	245	250	253	264	253
Durchmesser . .	30	28,3	28,5	27,7	28,6

Bei der Kondylarlänge des Metakarpale von 208,8 mm = 100 und Scheitellänge 517,9 mm, ergibt sich für das litauische Pferd

ein Index von 248. Wenn man ihn im Verhältnis zur grössten Länge des Metakarpale berechnet, erhält man 238. Der eine sowie der andere Index sind bedeutend kleiner als der von Kiese walter festgestellte (268,3): also ist das litauische Pferd keinesfalls kurzbeinig und muss in der Tabelle einen Platz an der Seite des turkestanischen Pferdes einnehmen. Dasselbe kann man auch in bezug auf das Metatarsale feststellen.

Der Liebenswürdigkeit des Herrn Professor Dr. Hans Richter verdanke ich die Möglichkeit, Messungen des Metakarpale eines estnischen Kleppers vorzunehmen. Es ergab sich eine Kondylarlänge von 193 mm und eine grösste Länge von 200 mm, die entsprechenden Indexwerte betrugen 269 und 260; also ist dieses Pferd kurzbeiniger als das von mir untersuchte litauische Pferd und entspricht dem litauischen Pferde Nehrings. Aber es ist selbstverständlich unmöglich daraus den Schluss zu ziehen, dass das estnische Pferd Extremitäten besitze, die es dem Zebra annähernten. Es ist auch möglich, dass bei der Untersuchung eines grösseren Materials die Variationskurve des estnischen Pferdes mit der des litauischen zusammenfällt.

Für das arabische Pferd Nr. 10 gibt Kiese walter einen Index von 214 an; aber da er für das Metakarpale 250 mm und für die grösste Scheitellänge 545 mm angibt, so ist der Index

tatsächlich $\frac{545 \times 100}{250} = 218$ und nicht 214. Wenn man das

Mittel für einige Araber verschiedener Höhe, deren Masse bei Kiese walter angegeben sind, berechnet, so erhält man einen Index von 230,2. Letzterer kommt dem Index von Nehring (228) näher und grenzt an die Werte für das litauische Pferd.

Für das polnische Pferd ist bei Kiese walter die Zahl 231 angegeben. In der Arbeit von Vetulani über das polnische Pferd sind genaue Messungen eines Skelettes angeführt. Da nach Vetulani die Mittelgrösse der Scheitellänge 515 mm und die Kondylarbreite 200 mm ausmacht, so wird der Index durch die Zahl 257,5 ausgedrückt; bei der grössten Breite von 209 mm ist der Index 241,6; d. h. es ergeben sich Werte, die mit denjenigen des litauisch-estnischen Pferdes zusammenfallen.

Der Mittelwert des Metakarpalien-Indexes für das litauische, estnische und polnische Pferd wird durch die Zahl 250—260 ausgedrückt.

Wenn man die oben wiedergegebene Tabelle von Tscherski dementsprechend korrigiert, so erhält man folgendes:

	Metakarpale = 100 Schädellänge:
Englisches Vollblut, Kiesewalter	210
Pferd vom kalmückischen Typus, Tscherski Nr. 15 . . .	229
Araber — Mittel	230,2
Persisches Nr. 21	232
Turkestanisches Pferd, Kiesewalter Nr. 20 (aber nicht Nr. 23, Bem. v. Kwaschn.)	247
Litauisches Pferd — Mittel	248
Russisches Steppenpferd, Kiesewalter Nr. 22	252
Russisches Pony Nr. 29	253,7
Polnisches Pferd	257,5
Krimsker Tarpan, Tscherski Nr. 521	260
Pony, Kiesewalter Nr. 26	260,6
Englisches Pony, Kiesewalter Nr. 27	263
Zebra, Tscherski Nr. 111	268

Wenn man hier die individuellen Variationen in Betracht zieht und den einzelnen Vertretern keine besondere Bedeutung beimisst, so werden die Unterschiede zwischen den einzelnen Schlägen sich noch mehr verwischen. Jedenfalls sind das arabische, persische und turkestanische Pferd sehr nahe verwandte Formen und werden durch längere Metakarpalien charakterisiert. Die Gruppe der litauischen, estnischen, polnischen und südrussischen Pferde wird dagegen durch kürzere Metakarpalien gekennzeichnet.

Tscherski bringt noch eine andere Tabelle (II) von Kiesewalter, die von diesem für die relative Länge der hinteren Extremitäten nach einer anderen Methode zusammengestellt worden ist: und diese Tabelle ergibt, wie es nicht anders zu erwarten ist, genau das entgegengesetzte Bild, so dass Tscherski selbst gezwungen ist zu betonen, dass „diese beiden Verhältnisse so weit voneinander unabhängig sind, dass z. B. das englische Vollblutspferd, welches dort an der ersten Stelle steht, hier den letzten Platz einnimmt — das persische sogar ein wenig längere Extremitäten hat, als das litauische u. s. w.“

In seiner Arbeit über das polnische Landpferd gibt Vetulani ebenfalls eingehende anatomische Vergleiche, aber trotz

des unbestrittenen Wertes seiner Angaben kann ich mich zu deren Verwertung doch nicht entschliessen, weil sie nur auf Grund eines einzigen Skelettes des polnischen Pferdes ermittelt worden sind.

Ausser den obenerwähnten Indexen werden noch die Verhältniszahlen der Länge der Metakarpalien und Metatarsalien

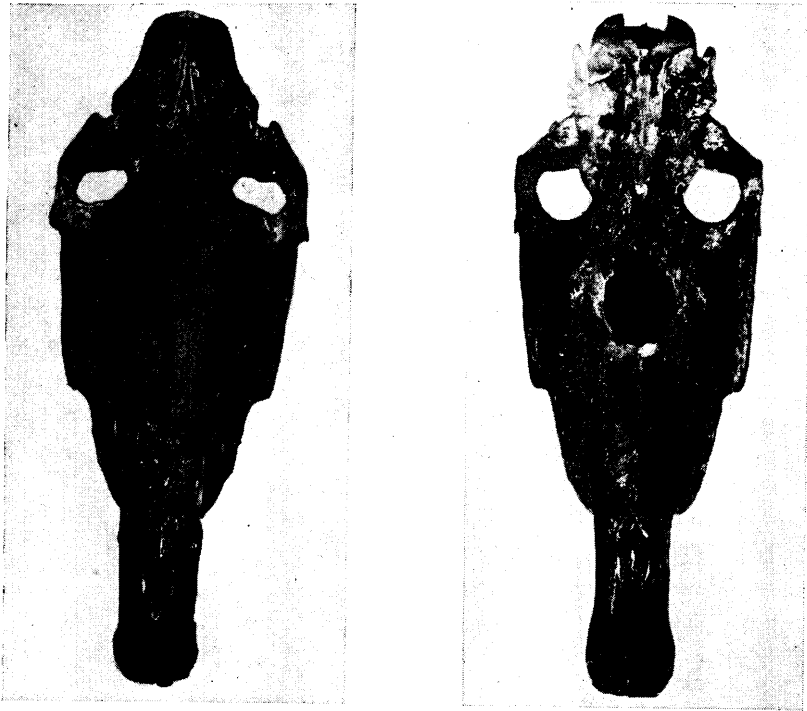


Abb. 1, 2. Schädel des {estnischen Kleppers.
(Zootomikum d. Univ. Tartu-Dorpat.)

zu ihrer Breite = Längen - Breiten - Index nach der Formel

$$\frac{\text{grösste Länge}}{\text{kleinste Breite}}$$
 berücksichtigt. Da dieser (Nehring's Index I) von Schwarz für eine relativ grosse Zahl von fossilen Pferden aus der Gruppe *Eq. caballus caballus*, wo auch das litauische, estnische und polnische Pferd unterzubringen sind, errechnet wurde, so ist es interessant seinen Index mit dem des litauischen Pferdes zu vergleichen.

Für 4 Skelette von litauischen Pferden ergibt sich auf Grund der in der vorhergehenden Tabelle (S. 30) angeführten Zahlen ein Längen-Breiten-Index von 7,06, und nach den Untersuchungen von Schwarz für die fossilen Pferde schwankt der Index von 5,4 bis 7,1, im Mittel etwa 6. Aber auch diese Angaben genügen für Rassenunterscheidungen nicht, da nach Schwarz der

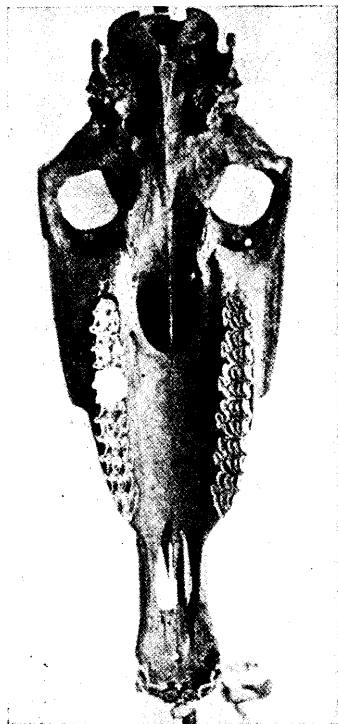


Abb. 3 u. 4. Schädel des litauischen Kleppers.

Längen-Breiten-Index etwa desselben Wertes (5,9—8) auch bei den schweren Pferden der Gruppe des *eq. robustus* vorkommt. Zusammenfassend können wir sagen, dass der Vergleich der einzelnen Typen und auch Gruppen nach den oben geschilderten Methoden kein wertvolles Material liefert.

Beim Vergleich meiner kranilogischen Untersuchungen* [des litauischen Pferdes mit den Angaben von Jaworski über 8 Schädel lokaler polnischer Pferde aus Polesje und von Vetulani über 10 Schädel von Bilgoraj (Gouvernement Lublin, Polen)] kam ich zum Ergebnis, dass zwischen ihnen kein wesentlicher

Unterschied besteht. Demzufolge sind die litauischen und polnischen Pferde in eine und dieselbe Spezies einzureihen.

Leider sind in kraniologischer Hinsicht das Huzulenpferd und der estnische Klepper ununtersucht geblieben. Allerdings führt Grünwald für ein junges und ein erwachsenes estnisches Pferd 5 Massangaben an. Da der junge Schädel nicht berücksichtigt werden darf und man sich unmöglich allein auf einzelne Massangaben des zweiten Schädels stützen kann, und da

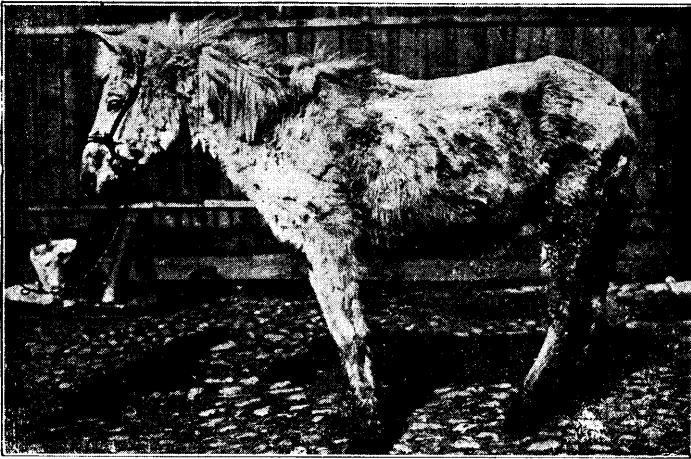


Abb. 5. Das litauische rezente Landpferd, im Alter von etwa 35 Jahren. War in jungen Jahren falb und wurde im Alter grau. Widerristhöhe 130 cm.

ferner diese Messungen zur Errechnung von Indices ungenügend sind, so können hieraus ebenfalls auch keine Schlüsse gezogen werden.

Um diese Lücke auszufüllen, habe ich mich an Herrn Professor Dr. H. Richter, Tartu-Dorpat, um Beistand gewandt; zufälligerweise hatte Prof. Richter ein altes, echtes estnisches Pferd zur Skelettierung erworben, dessen Schädel (Abb. 1 und 2) mir zwecks Vornahme von Messungen zur Verfügung gestellt wurde. Die Ergebnisse dieser Messungen mit den Massen anderer Schädel im Dorpater zootomischen Institute vergleichend, habe ich dort noch einen Schädel genau derselben Spezies entdeckt. Da 2 Schädel zur Berechnung von Mittelwerten durchaus ungenügend sind, so habe ich die Messungen für jeden Schädel getrennt angeführt. Die Werte für die beiden estnischen Pferdeschädel liegen immer

noch innerhalb der Maximal- und Minimalwerte der Schädel der litauisch-polnischen Pferdegruppe.

In derselben Tabelle (3) werden hinter dem litauischen, estnischen, polnischen (aus Bilgoraj und Polesje) und Huzulenpferde die Angaben über den Araber (Kuffner und Skorkowski), die Tarpane (Tscherski) und endlich für den Eq. Przewalskii (Salenski und andere) gebracht.

Da die Ergebnisse der kraniologischen Messungen der litauischen Pferde (Abb. 3, 4, 5 u. 6) und deren Vergleich mit den

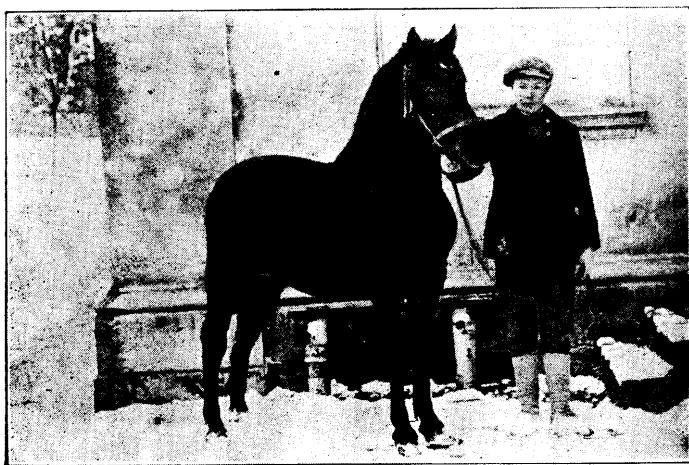


Abb. 6. Der schamatische (schmudische) Hengst, 4 Jahre alt. Widerristhöhe 140 cm. Staatsgestüt in Plunge.

verwandten Spezies von mir bereits in meinen vorangegangenen Arbeiten detailliert besprochen worden sind, so will ich nunmehr unterstreichen, dass alle untersuchten Gruppen osteuropäischer Pferde in kraniologischer und anatomischer Hinsicht einander sehr nahe stehen. Was speziell das estnische Pferd anbetrifft, so ist es hinsichtlich seiner Kopflänge dem Polesje-Pferd am ähnlichsten. Aber da die Basilarlänge z. Zt. nur für 3 estnische Pferde festgestellt ist, so muss man von endgültigen Schlüssen Abstand nehmen. Das in der Tabelle gebrachte Material über das estnische Pferd beweist indessen, dass dessen Werte innerhalb der Grenzen liegen, die für das litauische und polnische Pferd festgestellt worden sind.

T a b e l

Oberkiefer:	I	II	III
	Litauer (Kwaschnin)	P o l e n : Bilgorajpferd (Vetulani)	Polesjepferd (Jaworski)
1. Basilarlänge	$\frac{469.15}{100\%}$	$\frac{469.35}{100\%}$	$\frac{490.6}{100\%}$
2. Scheitellänge (Zirkelmass) .	$\frac{517.9}{110.39}$	$\frac{508.8}{109}$	$\frac{531.6}{108.5}$
3. „ (Bogenmass) .	$\frac{565.2}{120.47}$	$\frac{561.9}{120.3}$	—
4. Grösste Cerebralbreite (in der Naht)	$\frac{102.5}{21.8}$	$\frac{97.1}{20.7}$	$\frac{99.1}{20.2}$
5. Kleinste Cerebralbreite (hin- ter den Orbiten)	$\frac{77.7}{16.5}$	$\frac{79.4}{16.9}$	$\frac{78.4}{16}$
6. Breite an den äusseren Gehörgangsöffnungen	$\frac{104.7}{22.3}$	$\frac{—}{23}$	—
7. Breite bei den tub. artic. .	$\frac{191.3}{40.7}$	$\frac{—}{39.7}$	—
8. Breite an der pars mastoi- dea	$\frac{110.7}{23.6}$	$\frac{109.3}{23.2}$	$\frac{120.4}{24.5}$
9. Grosse Stirnbreite (Zirkel- mass)	$\frac{197.4}{42.07}$	$\frac{198.4}{42.3}$	$\frac{—}{42.9}$
10. Grosse Stirnbreite (Band- mass)	$\frac{240.6}{51.3}$	$\frac{240.1}{51.2}$	—
11. Kleine Stirnbreite (Zirkel- mass)	$\frac{141.6}{30.2}$	$\frac{147.4}{31.4}$	$\frac{—}{30.3}$
12. Kleine Stirnbreite (Band- mass)	$\frac{153.3}{32.6}$	$\frac{153.9}{32.8}$	—
13. Nehrings Index I — $\left(\frac{\text{Basilarlänge} \times 100}{\text{gr. Stirnbreite}} \right)$. . .	237.7	236.8	233.7
14. Nehrings Index II — $\left(\frac{\text{Scheitellänge} \times 100}{\text{gr. Stirnbreite}} \right)$. . .	262.1 (von 246.1—277.8)	256.4	258.1
15. Nehrings Index III — $\left(\frac{\text{vord. Augenlinie} \times 100}{\text{hintere Augenlinie}} \right)$.	190.5 (178—203.2)	198.4 (184.9—213.1)	189.4 (185.5—200)
16. Vertikale Orbitendurch- messer	53.6 (50—60)	54.8 (54—61)	58.5 (55—61)

l e 3.

IV Estnisches Pferd (Kwaschnin)	V Araber (Kuffner)	VI Tarpane (Tscherski)	VII Equus Prz. (Salenski)	VIII Equus Prz. 300 km SW von Kabdo
480—470	489	470.5—470	470—440	476—484
100%	100%	100 100%	100 100%	100 100%
520—520	536.5 *	520—512	— 488	536—537
108.3—110.6	108.1	110.5—108	— 110.9	112.6—110.9
557—560	—	—	—	—
116—119	—	—	—	—
102—105	108	105—101.5	— 105	111—110
21.2—22.3	22.1	22.3—21.6	22.3 23.9	23.1—23.1
	(zw. 22.7 u. 27)			
74—81	82	75—80	— 89.5	91 —
15.4—17.2	16.8	15.9—17	18.6 20.3	18.8 —
	(15.9—18.9)			
110	115	110.5—109	— 113	115 —
22.9	23.5	23.4—23.2	24 —	— —
	(22.2—25.2)			
195	198.6	—	—	—
40.6	40.7	36.6—39.9	—	—
114	120.4	112.3—112	— 108.5	—
23.7	24.3	23.9—23.8	— 24.7	—
200—197	208.2	203—206	— 187.5	196—216
41.7—41.9	42.6	43.1—43.6	— 42.6	41.2—44.6
240—235	—	—	—	—
50—50	—	—	—	—
141—148	148	141—145	—	—
29.4—31.5	30.2	29.9—30.8	—	—
151—150	171.4	150—152	—	—
31.5—31.9	35.1	—	—	—
244.5—238.6	234.7	228—231.1	232—244.9	234.7
260—263.9	258.7	248.5—256.1	255.7—270	—
182.8—189.7	187.5	181—183.2	190—197.5	—
	(von 177—201)			
55—59	58.9	54—58	—	58
	(55—69)			

T a b e l

Oberkiefer:	I	II	III
	Litauer (Kwaschnin)	P o l e n : Bilgorajpferd (Vetulani)	Polesjepferd (Jaworski)
17. Horizontale Orbitendurchmesser	61 (55—66)	64.4 (60—67)	63.6 (58—68)
18. Vertik. Orbitendurchmesser in % der Basilarlänge . .	11.4	11.7	11.8
19. Orbitenindex (horiz. Durchm. in % d. vert.)	113.8	117.6	108.9
20. Salenskis Faciallänge . . .	298.8 63.7	— 62.3	— 63.8
21. Tscherskis Faciallänge . .	303.8 64.7	— 65	— 65.5
22. Ewarts Faciallänge	364.6 77.7	— 77.6	— 77
23. Gesichtslänge nach Adametz	303.8 64.7	— 64.4	— 64.5
24. Salenskis Index IV A — ($\frac{\text{Scheitellänge} \times 100}{\text{Lg. d. Gesichtsregion}}$) . .	173.3	175.5	172.7
25. Breite zw. den foramina infra-orbitalia	77.07 16.4	77.5 16.1	82.1 16.6
26. Schnauzenbreite im Oberkiefer (hinter den Schneidezähnen)	64.3 13.7	63.3 13.5	63.8 13
27. Breite des Diastema an der engsten Stelle	39.9 8.5	41.2 8.8	42.8 8.7
28. Breite zw. den Hinterrändern von M ₃	104.5 22.2	106.1 22.6	104.7 21.3
29. Breite zw. den Hinterrändern von P ₃	64.9 13.8	68.1 14.6	66.7 13.7
30. Entfernungen auf d. Nasenbeine nach Adametz:			
Länge 2	58.8	62.7	67
" 3	86.7	84.3	89.6
" 4	119	111.1	117
" 5	233.9	221	239
Breite bei Länge 2	50	61.1	63
" " " 3	46.2	53.9	57
" " " 4	43.5	49.6	55.6
31. Diastemalänge	98.7 21.03	94.7 20.2	103.8 21.1

l e 3 (Fortsetzung).

IV Estnisches Pferd (Kwaschnin)	V Araber (Kuffner)	VI Tarpene (Tscherski)	VII Equus Prz. (Salenski)	VIII Equus Prz. 300 km SW von Kabdo
57.5—61	63.1 (60—67)	60—61.5	—	60
11.5—12.5	12.1	11.5—12.3	11.5	11.4
104.5—103.4	108	106—111.1	112.5	103.5
288—288	—	—	—	—
60—61.3	—	—	—	—
300—300	—	303—308	287	—
62.5—63.8	65	60.4—63.3	65.2	—
350—365	—	—	—	385—372
72.9—77.6	—	—	—	80.9—80
306—300	—	—	—	—
62.7—63.8	—	—	—	—
180.5—180.5	175	180	174—179.9	—
79—75	81.4	—	—	—
16.4—15.9	16.6	—	—	—
65—64	65.3	67—73	— —61.5	65.3
13.5—13.6	13.3	14.2—15.5	15.4—14	—
42.7—42.2	43.8	43.5—47	50	—
8.9—8.9	9	9.2—10	11.4	—
107.2—108	118.5	—	—	—
22.3—22.9	24.2	—	—	—
66—69	77.6	58—66	68	—
13.7—14.6	15.8	12.3—14	15.4	—
59	—	—	—	—
87	—	—	—	—
120.6	—	—	—	—
224.5	—	—	—	—
66.8	—	—	—	—
57.8	—	—	—	—
54.9	—	—	—	—
98—98	108.3	85.5—96	85— —	—
20.4—20.8	21.9	18.2—20.4	9.3—17.5	—

T a b e l l e

Oberkiefer:	I	II	III
	Litauer (Kwaschnin)	P o l e n : Bilgorajpferd (Vetulani)	Polesjepferd (Jaworski)
32. Länge d. Zahnreihe im Oberkiefer	166.6 35.5	169.1 36.1	178 36.2
33. Breite der crista occipitalis	64.2 13.6	64.7 13.8	68.2 13.9
34. Kondylenbreite	78.1 16.6	79.7 17	88.6 18
35. Entfernung zw. den processus jugularis styloidei . .	104.3 22.2	103.4 22	112.6 22.9
36. Grosse Hinterhaupthöhe . .	87 18.6	86.4 18.5	99.1 20.2
37. Kleine Hinterhaupthöhe . .	54.2 11.5	—	—
38. Länge der 3 Praemolaren .	89	89	—
39. Länge der 3 Molaren . . .	77.3	81	—
40. Verhältnis — Praemol. = 100	86.8	91.3	—
41. Foramen magnum — Vomer- ausschnitt	122.9 26.2	120.9 25.8	132.7 27
42. Vomer- ausschnitt — Choanen- rand	104.3 22.2	101 21.5	102.1 20.8
43. Choanenrand — mittl. Inz. .	248.9 53.05	250.9 53.5	265.2 54
44. Crista max. — mittl. Inz. .	219.9 46.8	225.8 48.1	234.6 47.8
45. Foramen magnum — Vorder- rand der crista maxillaris	267.9 57.1	267.4 57	284.1 57.9
46. Hintere Augenlinie (Nehring)	190.6 40.6	185.1 39.6	203.3 41.4
47. Vordere Augenlinie (Nehring)	363.2 77.4	368 78.4	385 78.4
48. Crista occip. — vorderer Augenrand Tangente . . .	218.3 46.5	223.8 47.9	243 49.5
49. Vorderer Augenrand Tangente — mittl. Inz.	303.8 64.7	302.4 64.4	316.7 64.5
50. Tangente Stirnnasennaht — mittl. Inz.	321.8 68.5	322.1 68.6	340.5 69.2

e 3 (Fortsetzung).

IV Estnisches Pferd (Kwaschnin)	V Araber (Kuffner)	VI Tarpane (Tscherski)	VII Equus Prz. (Salenski)	VIII Equus Prz. 300 km SW von Kabdo
165—155	164.3	150—172	—	171—169
34.5—33	33.6	31.9—36.5	37.1	
70.1	69.3	—	—	—
14.6	14.2	—	—	—
89—781	88	—	—	83
18.5—16.6	17.9	—	—	—
105.7	112.9	100.5—101.5	95 —	109
22	23.1	21.6	— —	—
89.9—95	—	88.5—85	— 93	78
22—20.2	22.9	18.8—18.1	22—21.1	—
59—60	—	53—51	59	—
12.2—12.8	—	—	—	—
85	87	—	—	—
72	74	—	—	—
84.7	87.1	—	—	—
118—129	127.6	—	—	—
24.6—27.5	26.1	—	—	—
108—100	101.4	—	—	—
22.5—21.3	20.7	—	—	—
258—250	262.5	—	—	—
53.7—53.2	53.7	—	—	—
235—215	245.6	224—239.5	—	—
48.9—45.7	50.2	46.9—47.6	—	—
275—278	—	270—268	—	—
57.2—59.1	—	57.4—57	—	—
198—195	201.2	200—197	180	189—207
41.2—41.5	41.1	42—41.9	40.9	—
362—370	378.8	362—361	349	391—376
75.4—78.7	77.5	77—76.8	79.3	82.1—77.7
220—227	—	—	—	—
45.8—48.3	—	47.6	—	—
303—310	—	—	—	—
63.1—65.3	—	—	—	—
310—316	—	—	—	—
64.6—67.2	—	—	—	—

T a b e

Oberkiefer:	I	II	III
	Litauer (Kwaschnin)	Polen: Bilgorajpferd (Vetulani)	Polesjepferd (Jaworski)
51. Crista occip.— entea Jug Stirnnasennaht	209.1 44.6	203.5 43.6	223.5 45.5
52. Länge der Gehirnregion (Ewart)	167.5 35.7	162.9 34.9	—
53. Kraniallänge nach Salenski	235.8 50.3	229.5 49.15	250 50.4
54. Nasenbeinlänge a) von der Stirnbeinspitze	223 47.5	210.8 45.1	225 45.8
55. Nasenbeinlänge b) von der Nasen-Stirnbein-Naht . . .	245.2 52.2	238.5 50.8	246.7 51.3
56. Breite zw. den cristae max. an der Naht)	173.9 37.1	175.6 36.8	182 37
57. Breite zw. d. vorderen Enden der cristae max.	151.9 32.4	150.6 32.1	152 30.9
58. Breitendurchmesser der proc. zyg. des Stirnbeins .	23.1 4.9	22.7 4.8	22.8 4.6
U n t e r k i e f e r :			
59. Horizontale Länge	388.9 82.9	386.4 82.5	399.2 81.4
60. Schräge (grösste) Länge . .	417.6 89	414 88.3	428 87.2
61. Länge der Backzahnreihe (alv.)	162.7 34.7	163.6 34.9	171.7 34.9
62. Diastemalänge a) seitlich	92 19.6	94.7 20.2	93.2 19
63. Diastemalänge b) bis z. mittl. Inz.	106.4 22.7	110.5 23.6	113.5 23.1
64. Schnauzenbreite (hinter den Schneidezähnen)	58.7 12.5	58.6 12.5	57.3 11.6
65. Gelenksbreite (äussere Rän- der)	188.3 40.1	184.4 39.3	194 40.7
66. Grosse Höhe des Unterkie- fers	255.4 54.4	249.4 53.2	256.4 52.2
67. Kleine Höhe des Unterkie- fers	212.7 45.3	211 45.1	222.3 47.3

e 3 (Fortsetzung).

IV Estnisches Pferd (Kwaschnin)	V Araber (Kuffner)	VI Tarpane (Tscherski)	VII Equus Prz. (Salenski)	VIII Equus Prz. 300 km SW von Kabdo
218—210 <u>45.4—44.7</u>	—	—	—	—
171.8—162 <u>35.7—34.5</u>	—	—	—	<u>171—182</u>
235—249 <u>48.9—52.9</u>	244 49.9	—	—	—
210—210 <u>43.7—44.7</u>	217.4 44.4	—	—	—
231—239 <u>48.1—50.8</u>	240.8 49.3	—	—	—
179.5—165 <u>37.4—35.1</u>	—	<u>176—181</u> 37.4—38.5	<u>193.5</u> 43.9	<u>179—188</u> —
157—140 <u>32.7—29.8</u>	—	—	—	—
24.8—24.2 <u>5.1—5.15</u>	26.4 5.4	<u>27—29</u> 5.7—6.2	<u>21</u> 4.8	—
390—391 <u>81.2—83.1</u>	—	—	—	—
420—419 <u>81.3—89.1</u>	438.7 89.8	<u>422—414</u> 89.8—88.1	<u>423</u> 96.1	<u>434</u> —
155—169 <u>32.3—35.9</u>	166.7 34.1	—	—	<u>188—173</u> —
99—90 <u>20.6—19.1</u>	100.4 20.5	—	—	—
106—110 <u>22.1—23.4</u>	—	—	—	—
63—63.5 <u>13.1—13.5</u>	57.9 11.9	—	—	<u>70—69.3</u> —
194—205 <u>40.4—43.6</u>	197.9 40.4	<u>188—186</u> 39.9—39.6	<u>184</u> 41.8	—
258—271 <u>53.7—57.6</u>	235 48.1	—	—	—
221—220 <u>46.1—46.8</u>	—	<u>214—222</u> 45.4—45.7	<u>224</u> 50.9	—

Wenn man die kraniologischen Angaben über das litauische, polnische und estnische Pferd mit den Angaben über die 2 Tarpane von Tscherski, denen bei der Beurteilung der Herkunft des litauischen und polnischen Pferdes von einigen Forschern eine besondere Bedeutung beigemessen wird, vergleicht, kommt man zu einer hochinteressanten Feststellung: ausnahmslos werden alle Massangaben über die Tarpane bei den heimischen osteuropäischen Pferden angetroffen; mit anderen Worten, da der Tarpan sich durch nichts vom Hauspferd unterscheidet, so sind die Zweifel berechtigt, ob er auch wirklich eine Wildform darstellt. Im Gegensatz zum Tarpan, ruft der Eq. Przewalskii-Typus keine derartigen Zweifel hervor, da er sich durch einige Merkmale vom Hauspferd unterscheidet und gleichzeitig mit ihm viel Gemeinsames hat.

Über die Bedeutung des Eq. Przewalskii für die Abstammung des osteuropäischen Hauspferdes werde ich noch im letzten Kapitel zu sprechen haben.

Odontologische Untersuchungen nebst einigen osteologischen Bemerkungen.

Zur Klassifikation der Säugetiere benutzt man in der Zoologie und insbesondere in der Paläontologie die Struktur der Zähne. Es war möglich, die tertiären und quartären amerikanischen Pferde nicht nur auf Grund des Baues der Phalanx, die in mehreren Fällen kaum bemerkbare Variationen zeigt, einzuteilen, sondern hauptsächlich nach der Schmelzfältelung der Backenzähne. Die tertiären Pferde aus der Familie der Hipparioniden sind nach Abel-Antonius auf Grund der Schmelzfältelung in Wald- und Steppeformen eingeteilt worden. Entsprechend der Wichtigkeit der odontologischen Angaben, habe ich mein besonderes Augenmerk auf den Zahnbau der litauischen und estnischen Pferde gerichtet. Zugleich mit den autochthonen Pferden ist auch das Arbeitspferd, das ein Produkt der Kreuzung von lokalen mit verschiedenen okzidentalern Schlägen ist, von mir studiert worden. Um ein möglichst grosses Material zu erforschen, sind die Zähne nicht nur an toten, sondern auch an lebenden Tieren untersucht worden. Die Kaufläche der Backenzähne der lebenden Tiere habe ich nach folgendem Verfahren untersucht: durch Zugabe von Öl zu Paraffin stellte ich eine möglichst weiche Wachsmasse her und erwärmte sie vor dem Gebrauch in heissem Wasser. In den Mund des Pferdes wurde ein Maulgatter eingeführt, und die Zunge auf die Seite gezogen; dann wurde ein glatt geschnittenes Stück Wachs mit Talk überschüttet, damit es nicht an den Zähnen kleben bleibe; die Zähne des Pferdes mussten gewaschen und die Kaufläche mit einer Bürste gereinigt werden, worauf das Stück Wachs auf der Innenfläche der Hand in den Mund eingeführt und fest an die Kaufläche des Zahnes, dessen Abdruck man erhalten wollte, gepresst wurde. Das Herunternehmen des Wachses ist mit Vorsicht vorzunehmen: von den oberen Zähnen durch Ziehen nach unten und nicht seitwärts, um das Wachsstück nicht zu verschieben und das Bild nicht zu verderben. Dann ist es leicht,

auf Grund des Wachsabdruckes ein Modell von Gips zu machen. Nach diesem Verfahren ist allerdings die Untersuchung des M_2 und M_3 sehr erschwert (vielleicht wäre es zweckmässig, einen speziellen Apparat zur Einführung des Wachses zu konstruieren). Die Abdrücke der Prämolaren sind ohne Schwierigkeiten zu erlangen. Prof. Dr. Richter und Prof. Dr. Saral haben mir bei der Demonstrierung meines Verfahrens in der Universität von Tartu-Dorpat den freundlichen Rat erteilt, statt des Wachses Plastilin zu benutzen. Es bleibt nicht an den Zähnen kleben und hat den Vorteil einer grösseren Elastizität. Aber es ergab sich, dass gerade infolge der grossen Elastizität des Plastilins Schwierigkeiten entstehen, da das Pferd, das dauernd die Zungenwurzel bewegt, der Hand Stösse versetzt, die leicht zu Ungenauigkeiten des Abdruckes führen können, weswegen oft eine Wiederholung der Abdrücke notwendig wird. Ein festeres Plastilin wäre für diese Zwecke sicher das beste Material.

Das beste Material zur Untersuchung liefern die Zähne erwachsener Pferde im Alter von 5—18 Jahre. Der Schmelzbau der Zähne der ganz jungen Pferde, worüber weiter unten Näheres mitgeteilt werden wird, unterscheidet sich stark von dem der erwachsenen Tiere. Die Zähne der alten Pferde sind zu Untersuchungszwecken unbrauchbar, da durch Abreiben der Zähne bis zur Wurzel das typische Bild der Schmelzmarken und der Fältelung verwischt wird.

Die Form der Backenzähne P_3 und M_3 unterscheidet sich stark von P_1 , P_2 , M_1 , M_2 , weswegen es sich empfiehlt, zu Untersuchungen die leichter erreichbaren P_1 und P_2 zu benutzen. Nur nach Berücksichtigung aller Faktoren, die den Zahnbau beeinflussen, sowie auch der Variationsschwankungen und sogar der pathologischen Erscheinungen, die am ehesten durch abnorme Formen und Einklemmungen zum Ausdruck kommen, kann man zwecks Feststellung der typischen Merkmale zum nachstehenden Vergleich mit anderen Schlägen übergehen.

Die Untersuchung der Zähne der litauischen Pferde ergab, dass hinsichtlich der Form, die durch die Länge und Breite des Zahnes einerseits und der Schmelzfältelung andererseits charakterisiert wird, die litauischen Pferde der Steppengruppe nahe stehen.

Die Länge der Zahnreihe des Oberkiefers schwankt zwischen 158 und 182 mm, im Mittel 166,6 mm. Die Länge der Molaren schwankt zwischen 71,5 und 85 mm, im Mittel 77,3 mm. Die

Länge der Prämolaren ist grösser und ergibt bei Schwankungen von 82 bis 100 mm im Mittel 89 mm.

Die Länge der Backenzahnreihe des Unterkiefers ist etwas kleiner als die des Oberkiefers und beträgt 162,7 mm (von 152 bis 172 mm). Bei Schwankungen von 72 bis 85 mm für die Molaren ergibt sich ein Mittel von 79,7 mm, während für die Prämolaren die Schwankungen 75 bis 86 mm und der Mittelwert 82,2 mm ausmachen.

Die Länge der Backenzahnreihe der bastardierten Pferde Litauens ist im Mittel grösser, entspricht jedoch oft den grösseren Werten der autochthonen litauischen Pferde; es ist also nicht immer möglich nur dieses Merkmal zu verwerten.

Nach Franck⁴⁹⁾ kommt eine viel grössere Bedeutung der Länge und der Breite des einzelnen Zahnes zu. Bei den okzidentalischen Pferden ist die Kaufläche der Backenzähne des Oberkiefers mehr lang als breit, bei dem orientalischen breiter oder ebenso breit wie lang. Gegen diese These von Franck hat Nehring den Einwand erhoben, dass P_3 und M_3 stets mehr lang als breit sind und deswegen ausgeschaltet werden müssten; ausserdem müsste nach Nehring eine Korrektur in bezug auf das Alter des Tieres vorgenommen werden. Unabhängig davon ergab die Untersuchung der Backenzähne der kaltblütigen Pferde, dass bei ihnen im höheren Alter an einigen Zähnen quadratische oder fast quadratische Kauflächen beobachtet werden, z. B. finden wir dieses beim orientalischen Pferde am P_2 und beim okzidentalischen am M_1 , weshalb die quadratische Form als Rassenmerkmal nicht gelten kann. Und doch tritt sie bei der orientalischen Rasse am häufigsten am P_2 und seltener am P_1 auf. Nach meinen Untersuchungen am litauischen Pferde haben P_1 und P_2 eine fast quadratische Form, wie dies aus der Tabelle 4 hervorgeht. So z. B. ergibt die Länge des P_2 im Mittel — 25,7 mm (25—27 mm) und die Breite — 25,4 mm (24,5—26,5 mm). Eine noch vollkommener quadratische Form weist der P_1 auf, und zwar beträgt die Länge im Mittel — 25,2 mm (23—26,5 mm) und die Breite im Mittel — 25,3 mm (24,3—27,2 mm). Bei den litauischen Arbeitspferden wird diese fast quadratische Form am P_1 und P_2 nicht beobachtet. Mit der Vermischung des okzidentalischen Blutes mit dem lokalen werden die Zähne grösser und P_1 und P_2 verlieren ihre quadratische Form; sie kann jedoch an den Mittelmolaren — M_1 — beobachtet werden. Bei dem einheimischen litauischen Pferde beträgt die

Länge der M_1 im Mittel 22,3 mm und die Breite 24,3 mm, d. h. es ergibt sich das von Franck für den Araber festgestellte Verhältnis.

In den zweiten Spalten der Tabelle 4 sind Angaben für 9 polnische Landpferde aus der Bilgorajer Gegend des Gouvernements Lublin angeführt. Die Form der Kaufläche des P_2 ist ähnlich derjenigen des Litauers und steht der quadratischen Form sehr nahe: Länge 25,7 mm — Breite 25,2 mm. Dieser Unterschied von 0,5 mm würde wahrscheinlich ganz verschwinden, wenn man aus dem Material von Vetulani die alten Pferde von 20—24 Jahren und die Bastarde ausschaltete. Die estnischen Klepper sind in odontologischer Hinsicht bis jetzt unerforscht geblieben. Ich habe die Backenzähne eines alten Kleppers im Zootomikum der Universität Tartu-Dorpat gemessen. Dieses alte Pferd, über das die Zahlen in der Spalte 3, Tabelle 4, gegeben sind, hat infolge des Alters die quadratische Form, die sonst dem P_1 und P_2 eigen ist, verloren. Die Werte der Länge und Breite aller Zähne überschreiten nicht die Grenzen des litauischen und polnischen Pferdes. Mit der liebenswürdigen Genehmigung des Herrn Professor Saral und mit seiner Hilfe, für die ich ihm an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank ausspreche, habe ich den Abdruck des P_1 eines lokalen Bauern-Kleppers im mittleren Alter und eines jungen, der dem Herrn Professor gehörte, erhalten. Die Kaufläche des Zahnes ist auf der Tafel IV, Abb. 35, abgebildet. Seine Länge beträgt 25,1 mm, die Breite 25,5 mm. Der P_1 des älteren Kleppers ist etwas grösser und hat eine fast quadratische Kaufläche; somit sind die Zahnmasse am toten und am lebenden Pferde denjenigen der litauischen Pferde gleich.

Wie sind nun diese Masse bei dem Tarpan, einer sogenannten Wildform? Tscherski gibt die genauen Dimensionen der Backenzähne für 2 Tarpanschädel — einen chersonschen und einen krimischen — an. Diese Angaben sind in der Tabelle 4 angeführt. Der krimische Tarpan (Nr. 521), 8 Jahre alt, überschreitet in bezug auf die Grösse und Breite der Backenzähne nicht die Grenzen, die für die litauischen, polnischen und estnischen Pferde gelten. Fast quadratische Form der Kauflächen weist der P_1 auf. Der chersonsche Tarpan jedoch hat infolge seines höheren Alters die quadratische Form des P_1 eingebüsst; die Breite und die Länge der Backenzähne aber, die sehr stark abgenutzt und deswegen viel kleiner sind, entsprechen den Minimalwerten der Gruppe der

T a b e l l e 4.

Oberkiefer:	Litauisches Landpferd (11 Schädel) Kwaschnin			Polnisches Landpferd (9 Schädel) Vetulani			Estnisches Landp. ungef. 28-jähr. Kwaschnin	Tarpian 8-jähr. Tscherski	Tarpian über 20 Jahre Tscherski	Equus Pr. Salsenski	Altai-Höhle. Brandt	A r a b e r (12 Schädel) Kuffner		
	Min.	Max.	Mitt.	Min.	Max.	Mitt.						Min.	Max.	Mitt.
1. Länge d. Backzahnreihe	159	183	166.6	159	183	169.1	165	172	150(?)	163	—	151	170	160.4
2. " " 3 Prämolaren .	82	100	89	81.5	98	89	85	—	—	—	—	82	96	88.3
3. " " 3 Molaren . .	71.5	85	77.3	74.5	87.5	81.1	72	—	—	—	—	70	78	74.2
4. Länge d. P ₃	32	38.9	34.9	30	40	35.1	38.3	37	32	34	—	32	39	35.9
5. Breite " "	20.9	23.2	22.1	20	26	22.6	20	22.5	21	24	—	19	28	23.4
6. Länge d. P ₂	25	27	25.7	23	28	25.7	24.8	29	24.5	27	27.5	24	31	27
7. Breite " "	24.5	26.5	25.4	24	27	25.2	22.8	27	25	27.4	27.5	24	28	26.6
8. Länge d. P ₁	23	26.5	25.2	23	27	24.9	22.7	26.3	24	27	27	24	27	25.6
9. Breite " "	24.3	27.2	25.3	25	27.5	26.2	23.5	26.3	25	28.5	29	26	29	27.1
10. Länge d. M ₁	21.6	23.3	22.3	19	26	22.3	20.7	23	19	24.7	23.7	21	29	23.4
11. Breite " "	22.1	26.4	24.3	23	26	24.7	24.7	24.5	22.5	26.3	27.5	24	29	26
12. Länge d. M ₂	21.5	23.5	22.5	18	25	22.6	23	23.3	18	25	25	22	31	24.5
13. Breite " "	21.8	24.5	22.9	23	25.5	24.1	23.1	24	21	25	27	24	27	25.4
14. Länge d. M ₃	24.1	32	28.4	24	37	29.3	28	29	34.5	—	—	25	30	28
15. Breite " "	20.2	23.1	21.4	19	24	21.8	21.6	22	22	—	—	22	25	23.7

litauischen Pferde. Somit ist der Tarpan nicht nur in kranilogischer, sondern auch in odontologischer Hinsicht den uns interessierenden einheimischen osteuropäischen Pferden ähnlich.

Um das Bild zu vervollständigen, habe ich noch die Angaben von Kuffner über das arabische Pferd, das zum Tarpan-typus gehört, angeführt. Aus ihnen folgt, dass der Araber dem litauischen Pferde sehr ähnlich ist. Bezüglich der Länge und Breite der Kaufläche hebt Kuffner hervor: „Bei P_2 in einigen Fällen ist die Länge grösser als die Breite, in manchen haben wir gleiche Verhältnisse, und schliesslich treffen wir auch hier eine grössere Breite als Länge an. Tscherski hat eine Reihe von Zähnen gemessen und fand bei P_2 auch beim chersonschen Tarpan eine grössere Breite als Länge, beim krim-schen allerdings ein umgekehrtes Verhältnis, während sein Araber gleiche Verhältnisse aufweist“. Meiner Ansicht nach ist das Verhältnis beim chersonschen Tarpan infolge seines Alters nicht typisch. Wenn man das Mittel für die 12 Araberschädel von Kuffner, wie ich es in der Tabelle 4 getan habe, berechnet, so wird man für P_2 die Länge von 27 mm, die Breite von 26,6 mm erhalten; für P_1 — Länge 25,6 mm, Breite 27,1 mm; bei M_1 und M_2 übertrifft die Breite die Länge, was genau dem litauischen, estnischen und polnischen Pferde entspricht.

Wenn man die gesamte Gruppe der osteuropäischen Pferde mit dem primitiven Eq. Przewalskii vergleicht, so kann man der Vergleichstabelle (4) entnehmen, dass seine Werte denen der litauischen, estnischen und insbesondere polnischen Pferde sehr nahe stehen. Bei P_1 , P_2 und M_1 des Eq. Przewalskii übertrifft die Breite die Länge, während für M_2 die Länge und Breite gleich sind, und zwar 25 mm, was den Massen des von mir in Tartu gemessenen Kleppers — 23 mm und 23,1 mm — genau entspricht. Endlich sind in die obenerwähnte Tabelle die Angaben des Akademikers Brandt⁵⁰⁾ über ein fossiles Pferd aus der Altai-Höhle mit aufgenommen. Schon früher habe ich erwähnt, dass im Altai-Gebirge noch Pferde*) vorhanden sind, die mit manchen Schlägen der osteuropäischen Pferde Ähnlichkeit haben. Die Länge und die Breite bei P_2 , P_1 , M_1 , M_2 ergeben Zahlen, die die Grenzen der Schwankungen der litauischen und polnischen Pferde

*) Von mir selbst beobachtet.

nicht überschreiten, wobei die quadratische Form der Kaufläche am P_1 vorhanden ist.

Es ist nicht uninteressant, die Form der Zähne der osteuropäischen einheimischen Pferde mit denen der europäischen fossilen Pferde zu vergleichen, um einen Zusammenhang mit den diluvialen Gruppen festzustellen. Schwarz gibt die Länge der Backenzahnreihe und der Backenzähne des Oberkiefers für die drei Hauptgruppen der diluvialen Pferde — *Eq. robustus*, *Eq. plicidens* und *Eq. cab. caballus* — an. Beim Vergleich mit den Angaben für das litauische und estnische Pferd erhalten wir (Tabelle 5): die Länge der Backenzahnreihe im Mittel — für den schweren ro-

Tabelle 5.

Länge der Backzahnreihen und der Backzähne des Oberkiefers.

	Equus robustus (Schwarz)			Eq. plicidens (Schwarz)			Eq. c. caballus (Schwarz)			Litauer (Kwaschnin)			Polnisches Pferd (Vetulani)		
	Min.	Max.	Mitt.	Min.	Max.	Mitt.	Min.	Max.	Mitt.	Min.	Max.	Mitt.	Min.	Max.	Mitt.
P_3-M_3	188	194	191	183	200	189	159	177	169	159	183	167	159	183	169.1
P_3	41.6	46.5	44.2	34.5	38.2	36.4	35	40.9	38.6	32	38.9	34.9	30	40	35.1
P_2	30.7	35.4	33.7	29.4	33.1	31.0	25.4	31.7	29.3	25	27	25.7	23	28	25.7
P_1	29.8	37.2	33.1	27.4	34	31.4	24.8	31.2	28.5	23	26.5	24.9	23	27	24.9
M_1	25	32.2	30.8	27.8	31.1	29.7	22.8	30.5	25.9	21.6	23.3	22.3	19	26	22.3
M_2	27.6	32.2	30.1	29.8	33.6	31.6	23.8	33.2	27.9	21.5	23.5	22.5	18	25	22.6
M_3	29	36.1	32.5	36.6	36.8	36.7	24.5	32.7	27.5	24.1	32	28.4	24	37	29.3

bustus — 191 mm, für plicidens — 189 mm, während der Mittelwert für cab. caballus — 169 mm — in auffallender Weise mit dem des polnischen Pferdes, 169,1 mm, zusammenfällt. Was die Länge der einzelnen Zähne anbetrifft, so haben die mittleren Backenzähne im Vergleich zu den rezenten Pferden grössere Dimensionen. Trotzdem ist es infolge Mangels an grösserem Material noch nicht völlig sicher, dass die Zähne der rezenten (orientalischen) gegenüber denjenigen der diluvialen Pferde kleiner geworden sind. Die neolithischen Zahnfunde aus Russland ergeben keine so grossen Differenzen. Es ist möglich, dass von Schwarz eine so grosse Länge festgestellt wurde, weil seine Gruppe verschiedenartige Spezies enthält. Zugleich mit dem Tarpan hat Schwarz noch aufgenommen: *Eq. caballus*

fossilis var. germanica, Eq. adamaticus Schlotheim, Eq. caballus Nehringi, verschiedene Lösspferde etc. Es ist aus der Arbeit von Schwarz nicht ersichtlich, welche Spezies er gemessen hat und welche Werte er bei der Zusammenstellung seiner Tabelle benutzte. Aber man muss jedenfalls zugeben, dass bei den kleinen diluvialen Pferden die Kaufläche der Backenzähne länger gewesen ist, was schon beim Hipparion ziemlich stark hervortritt. Angaben über die Breite der einzelnen Zähne wurden von Schwarz nicht veröffentlicht, daher ist ein weiterer Vergleich mit seiner Gruppe unmöglich. Dieses Merkmal (d. h. das Verhältnis der Länge zur Breite) ist bei der Feststellung der Rasse und des Schlages nur dann zu verwerten, wenn zugleich auch andere, nicht minder wichtige Merkmale des Zahnbaus in Betracht gezogen werden.

Ich gehe nunmehr zur Untersuchung der Grösse des Zahnes und seiner Schmelzfältelung über.

Auf Tafel I sind in natürlicher Grösse die Kauflächen der mittleren Backenzähne dargestellt, um die Fältelung des Schmelzes zu zeigen. Aus denselben Zeichnungen kann man die Änderungen der Form und der Grösse der Zähne, entsprechend der Beimischung des okzidentalischen Blutes zu den orientalischen Schlägen, erkennen. Auf Abb. 1 (Tafel I) ist der M_1 des autochthonen litauischen Pferdes zu sehen; seine Länge beträgt 24 mm, seine Breite 24,2 mm. Abb. 2 bringt den M_2 eines bastardierten litauischen Pferdes. Er ist viel grösser, und seine Länge und Breite sind gleich. Sehr interessant sind die Zähne des englischen Vollblutpferdes in bezug auf die Feststellung des Schlages. Seine Zähne P_1 und M_1 sind nach Wilkens auf Abb. 6 und 7 dargestellt. Die Grösse dieser Zähne entspricht dem litauischen Bastard, wobei M_1 fast quadratisch ist, während bei P_1 die Länge die Breite stark übertrifft. Bei den orientalischen Pferden ist das Verhältnis gerade umgekehrt, — die Breite ist entweder der Länge gleich, oder übertrifft sie. Aus der Geschichte des englischen Pferdes ist bekannt, dass es sich unter dem Einfluss der orientalischen, sowie der okzidentalischen Rasse herangebildet hat. Wilkens hat hierauf als erster die Aufmerksamkeit der Forscher gelenkt: „eine Mittelstellung zwischen der morgen- und abendländischen Pferderasse nimmt das Backenzahngebiss des englischen Rennpferdes ein. Dieses Pferd ist nachweislich durch Kreuzung abendländischer Stuten mit morgenländischen (arabi-

schen, berberischen und türkischen) Hengsten entstanden“. Weiter unten, Abb. 8 und 9, sind nach Wilkens die gleichnamigen Zähne des reinen Arabers abgebildet. Es ist leicht ersichtlich, dass sie überhaupt kleiner sind und dass, im Gegensatz zum litauischen Bastard und zum Vollblut, die Breite des M_1 viel grösser als seine Länge ist, während beim P_1 die Breite nur ganz wenig die Länge übertrifft. Nach Kuffner sind Ausnahmen vorhanden, wo beim P_2 des Arabers die Breite kleiner als die Länge ist. Die Abb. 3, 4 und 5 bringen die Zähne eines stark durch okzidentalisiertes Blut verunreinigten litauischen Pferdes, das einem nicht reinblütigen Ardenner sehr ähnlich war. Infolgedessen haben sich zugleich mit der Vermehrung der okzidentalischen Genen auch die Dimensionen der Zähne vergrössert. Aber trotzdem übertrifft die Breite des M_1 und M_2 ein wenig ihre Länge. Aus denselben Abbildungen ist zu ersehen, dass die Schmelzfältelung dieser Schläge sehr kompliziert ist. In der Annahme, dass die Form und die Grösse der Zähne, die häufigen Variationen unterworfen sind, nur leitende Richtlinien zur Feststellung des Schlages bieten, ist die Aufmerksamkeit der Untersuchung anderen Merkmalen des Schmelzbaues zuzuwenden; diese letzteren sind m. E. sehr wichtig, und nur nach diesen lässt sich dann der Schlag bestimmen.

Die Untersuchung der Struktur der Zähne der litauischen und estnischen Pferde hat erwiesen, dass diese Struktur einfach ist und derjenigen des Arabers am nächsten steht. Auf Tafel I, Abb. 1, ist der typische Backenzahn M_1 des Litauers und auf Tafel IV, Abb. 35, P_1 des estnischen Kleppers gebracht. Wie ich schon an anderer Stelle geschrieben habe³⁴⁾, lässt sich der Zahnbau folgendermassen charakterisieren: Die inneren Wände der Vorder- und Hintermarke haben nie einen so wellenartigen, zickzackförmigen Verlauf, wie bei den okzidentalischen und bei den Waldformen. Die Vorder- und die Hintermarke zeichnen sich durch ihre grosse Einfachheit aus: ihre Hörner (Erklärung der Terminologie siehe Tafel IV) sind nur schwach entwickelt. Jedoch ist es leicht feststellbar, dass das Vorderhorn der Hintermarke länger ist als das Hinterhorn derselben Marke. Das Hinterhorn der Vordermarke ist dagegen meist ebenso gross oder aber eine Spur grösser als das Vorderhorn derselben Marke. Die Hauptfalten der Vorder- und Hintermarke treten in ihrem vorderen sowie hinteren Teil deutlich hervor. Der schön ausgebildete

Protokonus oder Innenpfeiler hängt beim litauischen Pferde Zahn mit der übrigen Masse des Schmelzes durch einen gut entwickelten Hals zusammen. Der Querschnitt des Protokonus ist rund bis oval-länglich und variiert meist bei verschiedenen Zähnen desselben Schädels. Die Form des Protokonus spielt für die Rassenunterscheidung keine Rolle, da auch bei den okzidentalischen Pferden dieselben Masse zu finden sind.

Meist hat die Mittelfalte (Mesostyl) der Aussenwand aller Zähne keine Einbuchtung aufzuweisen. Die subfossilen und fossilen Pferde im Baltikum haben diese Falte viel häufiger, während sie bei den rezenten litauischen und polnischen Pferden nur sehr selten beobachtet wird. Überhaupt fehlen bei den rezenten osteuropäischen Pferden die Einbuchtungen am Mesostyl und Parastyl, während sie bei den fossilen Pferden oft vorhanden sind — s. Tafel III, Abb. 23 und 25 (fossile aus Litauen), Tafel IV, Abb. 34 (subfossile, Kremon, Livland) und andere. Der sogenannte Sporn der inneren Mittelbucht ist bei den Molaren meistens vorhanden, fehlt jedoch bei den Prämolaren, während er bei den okzidentalischen Pferden an allen Zähnen gut entwickelt ist, wobei oft neben ihm noch eine kleine sekundäre Falte beobachtet wird (Tafel I, Abb. 4).

Diejenige Stelle von Franck, wo auf die Unterschiede des Zahnbaus der morgenländischen und abendländischen Pferde hingewiesen wird, zitierend, sagt Wilkens: „Die Schmelzeinfassung der Kunden (Marken) der Vorderkieferbackenzähne ist wenig gefaltet, der Innenpfeiler des Vorjoches steht fast genau in der Mitte des Medialrandes der Reibfläche, die Zweilappung desselben ist undeutlich. Namentlich an P_2 , M_2 nähert er sich mehr der runden Form. Bei der abendländischen Rasse, insbesondere beim norischen Pferd, sind nach Franck die Backenzähne des Vorderkiefers mehr in die Länge gezogen, daher ist die Tiefe der Reibfläche (von vorne nach rückwärts gemessen) grösser als der Breitendurchmesser. Die Schmelzfältelung um die Kunden der Backenzähne des Vorderkiefers ist komplizierter als beim orientalischen Pferd, der Innenpfeiler des Vorderjoches ist deutlich in zwei Hörner auseinandergezogen und plattgedrückt. Der Sporn in der Hinterbucht ist deutlich. In bezug auf die Grössenverhältnisse — das Überwiegen des Breitendurchmessers beim arabischen Pferde und des Längendurchmessers der Reibfläche beim norischen Pferde, ebenso bezüglich der stärkeren Schmelzkräuselung beim letzteren — stimme ich mit Franck überein,

dagegen bestreite ich auf Grund meiner Untersuchungen die von Franck behauptete Mittelstellung des Innenpfeilers vom Vorjoche beim arabischen Pferde. Wenn dieser Pfeiler an den Oberkieferbackenzähnen des letzteren auch rundlicher erscheint als beim norischen Pferde, so ist die Zweilappung desselben doch auch beim arabischen Pferde deutlich zu erkennen. Auch der Sporn in der Hinterbucht ist an den Oberkieferbackenzähnen des arabischen Pferdes meistens wahrnehmbar. Doch ist er viel schwächer entwickelt als beim norischen Pferde. Die wesentlichen Rassenunterschiede an den Backenzähnen des Oberkiefers bei den in Rede stehenden Pferdeformen bestehen — abgesehen von den nur geringen Verschiedenheiten in den Längen- und Breitendurchmessern der Reibflächen [A. Nehring, nach Wilkens, kann dieses Merkmal nach seinem Materiale nicht unbedingt bestätigen] — in der stärkeren Schmelzkräuselung bei den abendländischen Pferdeschlägen und in dem ungleichen Verhalten der Eck- und Mittelfalte der Aussenwand. Die stärkere Schmelzkräuselung der Marken beim norischen, beziehungsweise abendländischen Pferde hat zur Folge, dass bei diesen das Vorderhorn der Hintermarke das Hinterhorn der Vordermarke weiter überragt, selbst an den Molaren, an denen sie beim arabischen Pferde nahezu gleich stehen. Ebenso bewirkt die Stärke der Fältelung der Schmelzränder an der Innenwand beim norischen Pferde die auffallende Zweilappung des Pfeilers und die kräftigere Entwicklung des Spornes in der Hinterbucht; dieser Sporn fehlt manchen Oberkieferbackenzähnen des arabischen, beziehungsweise morgenländischen Pferdes ganz“.

Kuffner, der die Araber in Ungarn untersucht hat, hat sämtliche Angaben von Wilkens auch an seinem Material bestätigen können.

An der Hand der Angaben von Franck und Wilkens (Tafel I, Abb. 8, 9 und Kuffners Abb. der Zahnreihe des Oberkiefers) neige ich der Ansicht zu, dass die Schmelzfältelung der Zähne des Arabers etwas einfacher ist als die der Zähne der litauischen und estnischen Pferde.

An den Backenzähnen des Unterkiefers sind die Rassenmerkmale nicht so deutlich ausgeprägt. Nur bei den fossilen Pferden müssen, da die Zähne des Oberkiefers oft nicht bekannt sind, notgedrungen die Zähne des Unterkiefers allein in Betracht gezogen werden. Die Länge der Backenzahnreihe des Unterkiefers des litauischen Pferdes ist im Mittel 162,7 mm, die Länge

der Prämolaren schwankt von 75 bis 86 mm, im Mittel 82,2 mm, und die der Molaren von 75 bis 85 mm, im Mittel 79,7 mm. Gegenüber den Backenzähnen des Oberkiefers ist die Länge sämtlicher Zähne des Oberkiefers grösser als ihre Breite. Die absoluten Werte der Länge und Breite der einzelnen Zähne sind in der Tabelle 6 gegeben.

Tabelle 6.

Die Länge und die Breite der Prämolaren und Molaren im Unterkiefer (Litauer).

Schädel:	I	II	III	IV	V	VI	Mittel:
Masse:							
Länge der P_3	28.2	30.6	29.2	30.1	30.8	30.1	29.8
Breite „ „	12.3	15.8	14.8	17.5	14.3	15.1	14.9
Länge der P_2	24.1	25	26.1	24.8	25.8	24	24.9
Breite „ „	13.5	18	17.5	20.6	16.8	17	17.1
Länge der P_1	25	25	24.6	24.3	25.7	25.5	24.8
Breite „ „	14	18.1	18	17.8	16.7	16	16.8
Länge der M_1	23.1	24	21.8	21.9	23.1	25	22.9
Breite „ „	13.7	17	15.1	16	15.2	13	15.1
Länge der M_2	21.5	25.2	23.5	21.8	24.9	22	23.15
Breite „ „	13.7	15	14.8	15.2	14.5	12.8	14.3
Länge der M_3	29	30.3	29.6	31.8	32	32.1	30.8
Breite „ „	12.4	13.2	13.2	13.6	12.7	12	12.8

Diese Angaben werde ich nicht mit den Werten für die Diluvialpferde vergleichen, da dann dasselbe Bild, wie beim Oberkiefer, entstehen würde. Entsprechend vergrössern sich bei der Kreuzung mit okzidentalischen Schlägen die Backenzähne des Unterkiefers. Die Tafel II bringt die M_1 der Litauer (Abb. 10), der Bastarde (Abb. 12) und der okzidentalischen Pferde (Abb. 14), sowie die entsprechenden Werte für den P_1 (Abb. 11, 13, 15). Berücksichtigt man das Verhältnis der Länge zur Breite sämtlicher Zähne der Litauer, der Bastarde und der abendländischen Pferde, so wird ersichtlich, dass bei den Bastarden die Breite gegenüber der Länge bedeutend überwiegt, während bei den Abendländern die Breite fast der Länge gleich kommt, also eine quadratische Form sich ergibt, bei den Litauern dagegen bei relativ bedeutender Länge die kleinste Breite angetroffen wird. Wenn man die Zahnlänge

mit 100 bezeichnet, so erhält man für die Breite von P_1 und M_1 laut Abb. 10, 12, 14, 11, 13, 15 der Tafel II folgendes:

P_1	Litauer	— 52	Bastarde	— 70,9	Abendländer	— 71,9
M_1	„	— 52,7	„	— 66,6	„	— 68,3

Bei ein und derselben Länge steigt die Breite der Zähne vom morgenländischen zum abendländischen Typus an. Was die Schmelzfältelung und den Zahnbau anbetrifft, so sind sie von mir an anderer Stelle folgendermassen charakterisiert worden:

„Was die Struktur der Schmelzfalten der Backenzähne im Unterkiefer anbetrifft, so zeigen sie keine Besonderheiten oder Abweichungen und sprechen dafür, dass das litauische Pferd zu den Steppentypen gehört. Die mehr oder weniger veränderliche Form der drei Schlingen des Schmelzes, die sich an der Innenseite der Zähne befinden, scheint nur vom Alter des Pferdes abzuhängen. In der Jugend ist die vordere Schlinge stets grösser als die mittlere. Im vorgerückteren Alter dagegen wird die vordere Schlinge runder und die mittlere schlanker und länger. Zwischen den beiden Schlingen befindet sich eine deutliche Einbuchtung. Am tiefsten ist die letztere beim M_1 . An sämtlichen Schädeln kann man ausserdem beobachten, dass die hintere Schlinge selbst eine kleine Einbuchtung bildet. An der äusseren Seite aller Backenzähne ist in der mittleren Bucht stets ein Sporn deutlich entwickelt. Ausserdem befindet sich an den Zähnen des Unterkiefers stets eine Besonderheit, auf die schon Wilkens aufmerksam gemacht hat. Es ist dies die Grösse des Vorderhorns der Vordermarke. Beim litauischen Pferde erstreckt sich dieses Vorderhorn weiter nach vorne als das Hinterhorn“³⁴).

Alle diese Angaben entsprechen genau den Feststellungen von Franck, Nehring und Wilkens.

Schon Rüttimeyer hat auf Grund der odontologischen Untersuchungen den Unterschied zwischen den fossilen und den rezenten Pferden festgestellt. Franck hat seine Forschungen in der Richtung der Feststellung des Unterschiedes zwischen der orientalischen und der okzidentalischen Rasse auf Grund des Zahnbaus erweitert. Indem Wilkens die Angaben von Franck bestätigt, kommt er zu dem Schluss, dass die Zahnform des orientalischen Typus als die ältere zu gelten habe: „Ich betrachte also das Hipparion und das fossile Pferd Persiens als Stammform der morgenländischen Pferderasse und das pikermische, bzw. euro-

päische Hipparion und dessen fossile Equus-Nachkommen (Eq. fossilis Rüttimeyer's, Eq. Stenonis Cocchi u. a.) als Stammform der abendländischen, bezw. norischen Pferderasse“.

Ferner hat Wilkens vorgeschlagen, zur Unterscheidung der fossilen orientalischen und okzidentalischen Formen die Vorderfläche der Schneidezähne zu benutzen. Bald darauf hat Tscherski in seiner bekannten Arbeit über die sibirischen Säugetiere und den südrussischen Tarpan folgenden Einwand dagegen erhoben: die Formen der Schneidezähne, oben breit, unten schmal oder fast gleich breit unten und oben, kommen in den Grenzen ein und derselben Rasse vor.

Endlich ist noch die Tatsache erwähnenswert, dass Wilkens als erster auf die Merkmale des Zahnbaus des englischen Vollblutpferdes hingewiesen und es deswegen als eine Zwischenform, die an der Grenze der abendländischen und der morgenländischen Pferde steht, bezeichnet hat.

Die Untersuchungen von Nehring, Tscherski, Salenski⁵¹⁾, Adametz und einigen Zoologen sowie insbesondere Paläontologen gehen darauf aus, die typischen odontologischen Merkmale einer jeden Rasse festzustellen. Diese Untersuchungen haben ergeben, dass diese Merkmale mit dem Alter, zuweilen auch individuell, schwanken. Es sind ferner Merkmale festgestellt worden, die früher als typisch für die morgenländische Rasse galten und später auch bei den Abendländern vorgefunden worden sind. Die Untersuchungen wurden besonders durch das Fehlen von Material abendländischer Schläge erschwert. Adametz, der sich über den Mangel eines solchen Materials beklagt, hat bei der Untersuchung der Zähne des Kladrubers festgestellt, dass: „die Schmelzumrandung äusserst kompliziert gefältelt ist. Der Vorderrand der Hintermarke und der Hinterrand der Vordermarke erscheinen geradezu fein gezähnt“.

Antonius hat auf Grund einer ganzen Reihe von Untersuchungen vorgeschlagen, die Pferde der Schmelzfältelung nach in drei Hauptgruppen einzuteilen:

- 1) Pferde der Wüstensteppe: Schmelzfältelung sehr einfach, Körperbau hochbeinig und flüchtig. Hierher gehören die Halbesel (Eq. hemionus Pall.) und die echten Pferde vom Tarpantypus (Eq. gmelini Ant., Eq. agilis Ewart und die fossilen Pferde aus Schussenquelle).

- 2) Steppenpferde: Schmelzfältelung mittelstark entwickelt, Körperbau bedeutend schwerer. Zu dieser Gruppe gehören vor

allem die rezenten mongolischen Wildpferde (*Eq. ferus* Pall.) und die fossilen Pferde von Solutré, Mentone u. a.

3) Waldweidepferde: Schmelzfältelung sehr stark. Körperbau noch schwerer, vom Typus unserer primitiveren Kaltblutschläge.

Im wesentlichen besteht der Unterschied zwischen den Klassifikationen von Franck und Antonius darin, dass dieser die okzidentalische Gruppe Waldtypus nennt, und die orientalische Gruppe in einen Tarpan- und einen mongolischen Typus einteilt. Nach dieser Klassifikation gehört der Araber zur Wüstensteppengruppe und der Litauer, als kurzbeiniges Pferd mit einer etwas komplizierteren Schmelzfältelung, zur Steppengruppe. Wenn man jedoch berücksichtigt, dass der Litauer in kranilogischer Hinsicht sich in nichts vom Tarpan unterscheidet, so muss er einer Übergangsgruppe zwischen den beiden obengenannten angehören. Nach dem Schema von Antonius müsste man die von uns besprochenen Pferde nach Massgabe des Anwachsens ihrer Schmelzkräuselung wie folgt einteilen:

Araber — Wüstensteppentypus;

Litauer, estnischer Klepper, polnisches Landpferd — Übergang zu dem Steppenpferde;

Mongolische Wildpferde — Steppentypus;

Litauische Bastarde — Übergang zum Waldpferde;

Englisches Vollblut — Übergang zum Waldpferde;

Primitive Kaltblutschläge — Waldtypus.

In dieser Aufstellung habe ich das englische Vollblutpferd hinter den litauischen Bastard gestellt, weil die Schmelzkräuselung, insbesondere im Bezirk der Hinterbucht der Innenwand mit gutentwickeltem Sporn, deutlicher hervortritt, als bei den litauischen Bastarden. Die okzidentalischen Merkmale sind bei englischen Vollblütern viel ausgeprägter. Dieses Schema ist von mir nicht im Zusammenhang mit der Frage der Herkunft des osteuropäischen Pferdes, sondern aus rein praktischen Erwägungen — zur Ermöglichung der Feststellung der Rasse auf Grund der Zähne — aufgestellt worden. Es ist manchmal für den Züchter sehr wichtig zu wissen, inwiefern die Kreuzung verschiedener Schläge das Entstehen der lokalen Art beeinflussen kann. Bei der Auswahl des lokalen Zuchtmaterials stösst man auf grosse Schwierigkeiten: nicht immer kann man nach dem Phänotypus die Reinrassigkeit des lokalen Schlages beurteilen. Die autochthonen schamaiti-

schen (schmudischen) Pferde und estnischen Klepper unterscheiden sich äusserlich so wenig von den kleinen Arbeitspferden, dass auch der erfahrenste Züchter sich leicht irren kann; selbstverständlich macht sich der Einfluss des okzidentalischen Blutes am Skelett und besonders an den kraniologischen Merkmalen bemerkbar. Beim Bastard, wenn er auch dem Äusseren nach den lokalen Formen ähnlich sein sollte, wird das Skelett doch stärker sein.

Tabelle 7.
Die Rippenbreite.

Paar:	I	II	III	IV	V	VI
1) Litauisches Pferd (Mittel für 4 Skelette)	17.6	18.7	20.7	24.1	27.1	29.05
2) Estnisches Pferd (1 Skelett)	21	21	22.5	26	30	30.3
3) Bastard (1 Skelett)	21.7	17.8	24.8	28.7	31.8	32.7
Paar:	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1) Litauisches Pferd (Mittel für 4 Skelette)	26.7	26	19.9	18.2	15.4	15.3
2) Estnisches Pferd (1 Skelett)	30	24	21.3	21	21	17
3) Bastard (1 Skelett)	30.5	26.2	21.4	20.2	18.5	16.9
Paar:	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII
1) Litauisches Pferd (Mittel für 4 Skelette)	14.2	13.4	13.8	14.5	14.2	13.4
2) Estnisches Pferd (1 Skelett)	15.5	13	12	13.5	14.5	14.0
3) Bastard (1 Skelett)	15.9	15.1	16.7	16.3	17.1	15.3

Dieses kann am Skelett schon an den Rippen festgestellt werden, wie es der beigelegten Tabelle 7 entnommen werden kann. Die Breite der Rippen ist in ihrer Mitte gemessen worden, und es ist das Mittel für die gleichnamige linke und rechte Rippe für sich errechnet worden, da links und rechts oft verschieden ist. Die Zahlen der ersten Zeile beziehen sich auf das Mittel für 4 Skelette des schamaitischen Pferdes, die der zweiten — auf den estnischen Klepper, die der dritten — auf ein Skelett des litauischen Bastards.

Die Breite der Rippen des Bastards ist somit grösser, als bei dem reinen litauischen und estnischen Pferde. Selbstverständlich

können diese Angaben am lebenden Körper unmöglich nachgeprüft werden. Dürst misst eine besondere Bedeutung dem Winkel zwischen der Rippe und der Horizontalen bei und hat einen speziellen Winkelmesser mit Wasserwage vorgeschlagen; Untersuchungen der lokalen Pferde nach diesem Verfahren sind indessen noch nicht mit Erfolg vorgenommen worden. Alle diese anatomischen Merkmale sind jedoch am lebenden Körper sehr schwer festzustellen. Nur die durch nichts bedeckten Zähne des Pferdes sind relativ leicht einer Untersuchung zugänglich. Berücksichtigt man, dass sie die Unterscheidungsmerkmale der Rasse liefern, so müsste man ihnen mehr Aufmerksamkeit zuwenden und sie weitgehendst zur Feststellung des Schlages benutzen. Bisher sind besonders die Länge und Breite der Zähne berücksichtigt worden und relativ wenig die Schmelzkräuslung. Ich konnte an den litauischen, estnischen und auch an den subfossilen Pferden beobachten, dass die Schmelzfältelung im Zusammenhang nicht nur mit der Rasse, sondern auch mit dem Schlage steht. Ich habe beobachtet, dass man auch die Haupt- und sekundären Falten des Schmelzes systematisch verwerten kann. Die Hauptfalten sind schon längst von Rüttimeyer beschrieben worden, die Nebenfalten der domestizierten Pferde sind jedoch bis jetzt nur wenig untersucht worden. In dem einfachsten Fall, beim Araber an der Vordermarke und Hintermarke des P_1 (Tafel I, Abb. 9), sind 2 Hauptfalten — eine an der Hinter-, die andere an der Vorderseite — vorhanden. Am M_1 ist je eine Falte an der Vorder- und der Hinterseite der Hintermarke und nur eine an der Vordermarke zu sehen. Beim litauischen Pferd sind am M_1 (Abb. 1) an der Hintermarke 2 und an der Vordermarke 3 Falten, von denen die eine viel tiefer als die 2 anderen ist, sichtbar. Beim altlitauischen Pferde (Taf. III, Abb. 25, fossil) sind 2 Falten an der Hintermarke (die eine grösser als die andere) und 2 gleiche Falten an der Vordermarke vorhanden. Die nicht ganz bogenartige Linie des Schmelzes an dem Vordertheil der Vordermarke, die von mir nur bei den subfossilen und fossilen litauischen Pferden beobachtet wurde, wird einstweilen von mir noch nicht in Betracht gezogen. Zur Feststellung des Schlages nach den Zähnen kann man die Zahl der Falten zwischen den Halbmonden, die Hinterteile der Vordermarke und die Vordertheile der Hintermarke benutzen. Auf der Tafel IV, Abb. 34, ist ein Zahn des subfossilen Pferdes aus Kremon abgebildet (Archäologisches Kabinett Tartu-Dorpat); an jedem Halbmond sind

dort 2 Falten vorhanden, und das ist eben der einfachste Fall. Denselben Zahnbau kann man auch beim rezenten estnischen Pferde finden (Abb. 35, Zahnabdruck vom Pferde des Professors Dr. Saral von der Universität Tartu-Dorpat). Die oben angeführten Beispiele genügen für die Schlussfolgerung, dass die verschiedenen Schläge der orientalischen Rasse an den Innenseiten der Halbmond-Vorderteile der Hintermarke und der Hinterteile der Vordermarke eine bestimmte Anzahl gutentwickelter Falten besitzen, und zwar 2 oder selten 3.

Bei Züchtung neuer Schläge durch Kreuzung von Morgenländern mit Abendländern steigt die Zahl der sekundären Falten. Wenn der Bastard eine genügende Anzahl von okzidentalischen Zahnmerkmalen geerbt hat, so entstehen 4 Falten — Tafel I, Abb. 2, von denen drei deutlich und die vierte schwächer oder gar zickzackartig hervortritt. In anderen Fällen kommen drei Falten, aber niemals weniger, vor. Ob nur 3 oder 4 Falten vorhanden sind, ist unabhängig von der Lage des Zahnes: sowohl an den Molaren als auch an den Prämolaren kann die 4-te beobachtet werden. Dieser Umstand und der, dass bei Bastarden gleichfalls nur 3 Falten vorkommen können, was sie den osteuropäischen lokalen Pferden näherbringt, zwingt in derartigen Fällen noch das Verhältnis der Länge und Breite des Zahnes mit zu berücksichtigen, was schon oben erwähnt wurde. Nur bei Berücksichtigung dieser beiden Merkmale können Schlüsse gezogen werden. Manchmal kann auch die Entwicklung des Sporns und der Talwandschmelzlinie in der Hinterbucht der Innenwand wertvolle Angaben liefern. So ist auf Tafel III, Abb. 21 ein typischer, starkentwickelter Sporn am Zahn (Ausgrabungen Litauen, Kurort Birschtany-Birštonas) dargestellt. Obwohl dieser Zahn nur 3 Hauptfalten hat, muss er doch wegen dieses grossen Spornes und seiner allgemeinen Dimensionen als Zahn eines Bastards bezeichnet werden.

Bei noch stärkerer Verdrängung des orientalischen Blutes treten an den Zähnen die Merkmale der okzidentalischen Rasse noch deutlicher hervor. Es erhöht sich die Anzahl der Nebenfalten, die so charakteristisch zickzackartig sind, und nach dem Ausdruck von Adametz wird die Schmelzumrandung äusserst kompliziert gefältelt und der Vorderrand der Hintermarke und der Hinterrand der Vordermarke erscheinen geradezu fein gezähnt. Dies ist am Zahn (Tafel I, Abb. 3, 4 und 5) klar er-

sichtlich, obwohl der Abendländer, dessen Zähne dort abgebildet wurden, nicht ganz reinblütig war.

Ich glaube, dass man odontologische Feststellungen zwecks Bestimmung des Schlages in der Tierzucht verwenden kann. Hierzu muss ein Schema der Zähne sämtlicher Pferdeschläge, die an dem Aufbau der Spezies beteiligt sein konnten, aufgestellt werden. Ich gehe vom Material Litauens aus, wo das lokale Pferd mit Ardennern, Brabançonern, Trakehnern und einigen anderen Schlägen gekreuzt worden ist. Es ist indessen anzunehmen, dass in anderen Gegenden, wo die Verbesserung des lokalen Schlages mit Hilfe des englischen Vollblutpferdes vor sich gegangen ist, auch der Zahnbau der Bastarde abweichen muss. Es ist deswegen notwendig, einige Vertreter (besonders ist dabei das Schädelmaterial wichtig) auszuwählen und die P_2 , P_1 , M_1 , M_2 zu untersuchen. Dann muss man die Untersuchungen auf lebende Pferde ausdehnen, unter besonderer Berücksichtigung der zugänglichsten Zähne, also P_2 und P_1 . Nach Feststellung der individuellen Variationen und der Konstruktion eines Schemas wird es nicht schwer fallen, auf Grund eines Vergleichs den Grad der Reinblütigkeit zu beurteilen.

Ich gehe jetzt zur Beschreibung der Zahnfältelung an den Zähnen des Unterkiefers über. Obwohl der Unterkiefer kein so klares Bild ergibt, wie der Oberkiefer, so lässt sich ein Komplizierterwerden der Schmelzfältelung entsprechend dem Grade der Mischung mit okzidentalischen Schlägen doch beobachten. Früher hat man zwecks Unterscheidung der Rassen der Form der Vorder-, Mittel- und der Hinterschlinge eine besondere Bedeutung zuerkannt. Die neuesten Untersuchungen ergaben jedoch, dass die Form der Schlingen (länglich, rund) nur vom Alter abhängig ist. Deswegen kann man diese Formen bei den Abendländern genau so, wie bei den Morgenländern, antreffen. Ohne die Schlingenform selbst zu berücksichtigen, kann man den Abb. 10—15 der Tafel II doch entnehmen, dass an den P_1 und M_1 die Schmelzfältelung der Vorder- und Hintermarke beim okzidentalischen Pferde stärker als beim Bastard, und beim Bastard wiederum stärker als beim Litauer ist. Es sind auch Unterschiede im Sporn der gut entwickelten Mittelfalte der Aussenwand vorhanden, die bei orientalischen Schlägen nicht immer zu finden sind, z. B. am M_2 der Taf. IV, Abb. 36. Wenn man noch die Veränderungen des Verhältnisses der Länge zur Breite, wie es schon oben

erwähnt wurde, berücksichtigt, so kann man auch an der Hand der Zähne des Unterkiefers den Schlag und den Grad der Bastardierung beurteilen. Diese Methode habe ich in den nächsten Kapiteln bei der Beschreibung der Reste der subfossilen und fossilen Pferde, die meist nur durch einzelne Zähne des Unterkiefers vertreten sind, angewandt.

Die odontologische Methode kann mit Vorteil auch bei der Beurteilung der Zähne der fossilen Arten benutzt werden. Zur grösseren Deutlichkeit soll das folgende Beispiel angeführt werden. Im Jahre 1926 hat Teodoreanu seinen Fund einer neuen Spezies des wilden fossilen Pferdes in Siebenbürgen aus der Quartärzeit veröffentlicht. Er hat es *Eq. transilvanicus* Teod. benannt und zur okzidental Rasse gerechnet. Die kranilogischen Masse entsprechen auch wirklich der okzidental Rasse, aber der Zahnbau des P_1 , Taf. II, Abb. 18, weist eine einfache, nicht komplizierte Schmelzfältelung auf. Teodoreanu misst dem gut entwickelten Protokonius und den tiefen Hauptfalten eine gewisse Bedeutung bei. Aber, wie oben gesagt, variiert die Grösse des Protokonius stark. Der Gesamtanblick der Schmelzfältelung spricht eher für die orientalische Rasse, da der Zahn nur 3 Falten — eine am Vorderrand der Hintermarke und 2 am Hinterrand der Vordermarke — hat. Die Form der Hörner der beiden Marken zeigt nichts besonderes; die Länge und die Breite des Zahnes sprechen für die okzidentalische Rasse. Alle diese Widersprüche werden leicht erklärlich, wenn man annimmt, dass dieser Zahn eher einem Bastard gehört hat. Seine Dimensionen entsprechen auch dem litauischen Bastard Taf. I, Abb. 5, oder Taf. III, Abb. 21. Aus der Beschreibung von Teodoreanu, sowie seiner Abbildung der Zahnreihe des Oberkiefers geht hervor, dass am P_2 ausser den Hauptfalten noch sekundäre Falten und zickzackartige Linien vorhanden sind. Meine Vermutung wird zum Teil durch die Ansicht von Schwarz bestätigt. Obwohl von anderen Betrachtungen ausgehend, hat der letztere bei der Klassifizierung der fossilen und rezenten Pferde in Europa den *Eq. transilvanicus* Teod. zu den domestizierten Pferden der Bronzezeit gerechnet. Die Anwesenheit eines Bastards in der Bronzezeit im Grenzgebiet zwischen Ost- und Westeuropa deutet darauf hin, dass in der Bronzezeit im domestizierten Zustande die beiden Grundrassen — Steppenform und schwere Waldform — bereits vorhanden waren.

Zu Beginn dieses Kapitels habe ich darauf hingewiesen, dass bei odontologischen Untersuchungen das Alter des Pferdes in Betracht zu ziehen ist. Bei Füllen übertrifft die Länge der Kaufläche der einzelnen Zähne die Breite bedeutend. Die Schmelzfalten treten beim Fötus und beim Füllen besonders gut hervor. Die Schmelzfalten sind am besten bei dem noch nicht durchgebrochenen Backenzahn zu beobachten — siehe Taf. II, Abb. 16, wo der M_1 eines etwa 6 Monate alten litauischen Füllens dargestellt ist. Die feingezähnte Schmelzfältelung tritt klar zutage. Mit dem Alter glätten der Zement und das Zahnbein die Schmelzfalten, weswegen als Endergebnis eine einfachere Schmelzkräuselung entsteht. In der Abb. 17 derselben Tabelle ist der M_1 eines fossilen Füllens (Riga, Dommuseum, jüngere Eisenzeit) dargestellt, an dem ein grosser Sporn an der Mittelbucht, eine deutliche hintere Einbuchtung und tiefe Hauptfalten an den Marken, die an die okzidentalischen Zähne erinnern, hervortreten. Beim erwachsenen Pferde wird die Zahnfältelung einfacher und erhält das für die orientalische Rasse typische Aussehen. Beim Vergleichen dieses Zahnes mit dem eines litauischen Füllens trat eine deutliche Ähnlichkeit hervor, weshalb ich ihn für einen Zahn einer Steppenform hielt. Somit haben die jungen Zähne ein anderes Verhältnis der Länge zur Breite und eine kompliziertere Schmelzfältelung. Demzufolge muss bei jungen Tieren das Alter stets berücksichtigt werden.

Im Gegensatz zu den jungen Tieren, verringert sich die Kaufläche bei den alten und die Schmelzfältelung vereinfacht sich. Später verschwinden nicht nur die sekundären, sondern auch die Hauptfalten an den Marken und der Sporn in der inneren Mittelbucht; dasselbe wird auch an den Backenzähnen des Unterkiefers beobachtet. Taf. III, Abb. 22 ist der P_1 des subfossilen Schädels aus dem Dommuseum zu Riga abgebildet, bei dem der Sporn an der Mittelbucht kaum mehr bemerkbar ist. Der Hals des Protokonus ist fast zweimal breiter, als er hätte sein müssen. Einige Hauptfalten der Marken sind kaum bemerkbar. Entsprechend der Abreibung verschwindet die Zeichnung der Schmelzmarken allmählich. Die Schmelzfältelung der alten Zähne stellt sich gegenüber der des mittleren Alters einfacher dar, was auch bei der Untersuchung zu berücksichtigen ist.

Figurenerläuterung.

- Tafel I, Abb. 1. Der M_1 des litauischen Pferdes.
 2. Der M_2 eines litauischen Bastards.
 3, 4 u. 5. M_1 , M_2 und P_1 des okzidentalischen Pferdes.
 6 u. 7. M_1 und P_1 des englischen Vollblüters (nach Wilkens).
 8 u. 9. M_1 und P_1 des Arabers (nach Wilkens).
- Tafel II, Abb. 10. Der M_1 des litauischen Landpferdes.
 11. Der P_1 des verbesserten schamaitischen Pferdes.
 12 u. 13. M_1 und P_1 eines litauischen Bastards.
 14 u. 15. M_1 und P_1 eines okzidentalischen Pferdes.
 16. Nicht zum Durchbruch gekommener M_1 eines Füllens.
 17. Der M_1 eines subfossilen Füllens, Eisenzeit, Riga, Dommuseum.
 18. Der P_1 des *Equus transilvanicus* Teodoreanu von 10 Jahren aus Siebenbürgen.
 19. *Equus stenonis* Cocchi.
- Tafel III, Abb. 20. Der Zahn eines Bastards aus dem Kurort Birschtany (Birštonas), Litauen, XVI. Jahrhundert.
 21. Der Zahn eines Bastards aus dem Kurort Birschtany, Litauen, XVI. Jahrhundert.
 22. Der P_1 des Schädels aus Kurland, Eisenzeit.
 23 und 24. Fossile Backenzähne, Schaki (Šakiai), Litauen.
 25. Fossiler Backenzahn, Litauen.
 26 und 27. Reste halbverbrannter Zähne. Fundort — Mündung der Swenta in die Wilija (Neris).
 28. Backenzahn des Unterkiefers aus Naruischiai, Kreis Raseiniai, IV. Jahrh. nach Chr. G.
 29. Fossiler Backenzahn des Unterkiefers, Litauen.
 30. " " " " "
 31. Fossiler Zahn, Moorschichten, Litauen.
- Tafel IV, Abb. 32. Subfossiler P_3 aus Pernau, Tartu-Dorpat.
 33. Subfossiler Backenzahn eines Bastards aus Pernau, Tartu-Dorpat.
 34. Subfossiler P_1 aus Kremon, Wikingerzeit, Tartu-Dorpat.
 35. Der P_1 des estnischen Kleppers.
 36. Fossiler Backenzahn aus Nishnij-Nowgorod, Geologisches Kabinett der Universität Tartu-Dorpat.
 37. Fossiler Backenzahn aus Moskau, Geologisches Kabinett der Universität Tartu-Dorpat.

Die subfossilen und fossilen Pferdereste im Baltikum.

Die oft angewandte Methode der Feststellung der Herkunft des einen oder des anderen domestizierten Schlages auf Grund eines Vergleiches mit einem identischen fossilen Schädel erweist sich nicht immer als richtig; die individuellen Variationen können bei den fossilen Pferden nicht berücksichtigt werden. Ich halte es für unmöglich zu behaupten, dass das altpreussische, litauische und polnische Pferd vom *Eq. cab. Gmelini subspecies silvatica* abstamme, da Vetulani als Beweis hierfür das Skelett nur eines einzigen polnischen Pferdes (siehe weiter unten) gemessen und mit einzelnen Knochen des Tarpans und des Waldpferdes verglichen hat. Der Typus aber des Waldpferdes ist weder in kraniologischer, noch in anatomischer Hinsicht bis heute genau beschrieben worden. Die englische Schule und Antonius rechnen zum Waldtypus nur die okzidentalische Form und ihre Kreuzungsprodukte (Nord- und Inselpony); die anderen Forscher dehnen den Begriff des Waldtypus noch auf das mitteleuropäische kleine, wilde Waldpferd aus. Der letztere Typus gehört, wie wir weiter unten sehen werden, zur orientalischen Rasse.

Gleichfalls ist es schwer sich der Ansicht anzuschließen, wonach man das rezente Pferd mit der Geschichte des Volkes, dem es jetzt gehört, eng verknüpfen will. Adametz und Stegmann haben an Rindern, Augst an Ziegen bewiesen, dass die Tiere den Volksstamm sehr oft überleben, dem sie einmal angehört haben: ein Volk kann verschwinden oder abwandern, und dabei kann doch ein Teil der ihm gehörenden domestizierten Tiere an der alten Stelle bleiben. Später kann dasselbe Territorium von einem neuen Volke besetzt werden, das seine Haustiere mitbringt, die mit den vorgefundenen Tieren neue Mischformen ergeben. Die Völkerwanderungen haben schon im Neolithikum angefangen und dauerten in Europa bis zur Neuzeit. Diese Um-

stände erschweren die Untersuchung der Herkunft der domestizierten Schläge.

Für Osteuropa sind im Neolithikum sowie in der Bronzezeit die Wanderungen der asiatischen Stämme von besonderer Bedeutung gewesen. Für die Verbreitung des Pferdes war in Ost- und Nordeuropa die Bewegung der finnisch-ugrischen Stämme und im übrigen Europa die der keltischen massgebend. In der Eisenzeit und in der Neuzeit hat eine Welle von Wanderungen durch die südrussischen Steppen nach Westen stattgefunden. In diesen Wanderungen drängen slavische Stämme vom Balkan aus in der Richtung nach Nordosten und Nordwesten. Die Polen und andere verwandte Stämme siedeln sich bald in den Grenzen ihrer jetzigen Gebiete an. Sie verdrängen wiederum andere Stämme aus ihren Wohnsitzen. In die Nordgebiete der baltisch-finnischen Stämme dringen im V. bis VI. Jh. baltische (litauisch-lettische und andere) Völker hinein und rücken später bis zu den Ufern der Ostsee vor. Ein Teil von ihnen siedelt sich an und erhält sich auch bis in unsere Zeit, ein anderer Teil verschwindet, z. B. die Preussen, die Kuren, Sudauer, Schalauer (Jadwiger), Karsowier u. and. Als Vorhut der Westfinnen verbleiben Liven und Esten. Die östlichen Zweige der slavischen Völker breiten sich immer mehr nach dem Nordosten und fernen Osten in das Gebiet der mongolischen Stämme aus, und dieser Drang hat noch heute nicht aufgehört. Die Züge der Sachsen (nach Stegmann), der Normannen (Waräger), und dann des deutschen Ordens mit seinem Ritterpferd können zur selben Erscheinung gerechnet werden. Ebenso die Züge der Tataren, deren Pferd sogar in Ostpreussen nachgewiesen werden kann. Erwähnenswert ist, dass der Kumys (die Stutenmilch) ein Lieblingsgetränk der Edlen in Litauen und Ostpreussen war. Diese wiederholten Wanderungen der Völker im Laufe der Jahrtausende mussten unweigerlich die Bildung der verschiedensten neuen Schläge von Haustieren begünstigen, allerdings nur in dem Falle, wenn der neu angekommene Schlag wesentliche Unterschiede von den lokalen Schlägen aufzuweisen hatte. Man muss ausserdem auf demselben Territorium das Vorhandensein des wilden Waldpferdes, das nach der Meinung einiger Gelehrten ebenfalls an der Heranbildung der lokalen Formen beteiligt gewesen ist, berücksichtigen. Nach Stegmann hatten die finnischen Stämme ein ponyartiges Pferd. Bei den Sachsen hat sich die Pferdezucht

schon früh entwickelt, und von ihnen haben die Finnen das Pferd übernommen, wobei dieses Pferd einen Einfluss auf die Herausbildung des litauischen lokalen Pferdes ausgeübt haben soll. Eine besondere Bedeutung für das baltische Pferd misst Stegmann dem europäischen Bergpferde bei, das mit den germanischen Wanderungen nach dem Osten sich verbreitet hat. Dabei stellt er den unbestimmten Typus des Bergpferdes dem keltischen Pferde gegenüber. Das letztere war bei den Westkelten von schwerem Schlage, bei den Ostkelten von orientalischem Typus. Aber Stegmann meint, dass nicht die Kelten dieses Wildpferd domestiziert hätten: „Hieraus ist zu entnehmen, dass nicht die Kelten ursprünglich das Wildpferd domestizierten, sondern dass sie von anderen Völkern, nämlich den Germanen (? Kw.-Ss.), die Kenntnis von der Nutzbarkeit des Pferdes erhielten und dann eben jenen Wildtypus domestizierten, welcher gerade in ihrem Siedlungsgebiet lebte“.

Ich möchte hierzu bemerken, dass Stegmann nur eine Vermutung ausspricht. Somit lebte auf dem uns interessierenden Territorium das osteuropäische Bergpferd, das ponyartige finnische Steppenpferd und später im Mittelalter ausserdem noch das okzidentalische Pferd. Da diese Annahmen durch keine fossilen Reste bestätigt worden sind, so wäre es von besonderem Wert, dieselben an der Hand von fossilen bzw. subfossilen Funden zu bekräftigen. Wenn wir über Reste aus dem Neolithikum bis zu unseren Tagen auch nur eines Gebietes von Nordosteuropa verfügten, so wäre es vielleicht möglich, diese Frage zu klären. Deswegen habe ich auch mein besonderes Augenmerk auf das Sammeln des entsprechenden Materials gerichtet. Ich habe mich in erster Linie dem Gebiete Litauens deshalb zugewandt, weil mehrere Forscher die rezenten litauischen Pferde zur Begründung ihrer Theorie der Abstammung des Pferdes benutzt haben. Kraemer erblickt in ihnen die Nachkommen der europäischen Abart des *Eq. Przewalskii*, Antonius neigt dazu, das litauische Pferd vom *Eq. gmelini* abzuleiten, Stegmann betrachtet es als Produkt des *Eq. europaeus*, der von den Germanen domestiziert worden sei und erst später von den Litauern resp. deren Vorgängern einen „Beimisch“ des Tarpantypus erhalten habe. Dass diese Theorie Stegmann selbst recht verwickelt vorkam, beweisen seine Worte: „auch die Slaven übernahmen dieses skythische Pferd und verbreiteten es nach dem Norden

und besonders nach Nordwesten, so dass der Urstamm des heutigen litauischen Pferdes auf den Tarpan zurückgehen mag . . . Auch das orientalische Pferd soll dabei mitbeteiligt gewesen sein (*Eq. cab. orientalis*). Später zugeführte orientalische Pferde haben ihren Typus mehr oder weniger verändert, so dass er sich heute wohl nur noch im rumänischen, ungarischen und polnisch-litauischen Landpferde mehr oder weniger erhalten hat“. Es ist interessant, dass Stegmann das ihm genau bekannte estnische Pferd in diese Gruppe nicht einschliesst, obwohl, wie ich schon früher auseinandergesetzt habe, dieses Pferd keine Unterschiede von den obengenannten aufweist.

Eine derart komplizierte Züchtung des litauischen Pferdes konnte selbstverständlich nur etappenweise geschehen, und nur Funde von Resten seiner Ahnen können Unterschiede nachweisen, die die von Stegmann vorgenommene Abgrenzung der Schläge rechtfertigen. Auch in seiner neuesten Arbeit führt Stegmann keine kranilogischen, odontologischen oder zoologischen Beweise an. Bis jetzt haben die Archäologen den Tierresten viel zu wenig Aufmerksamkeit gewidmet. Sogar die deutschen Gelehrten beklagen sich über den Mangel an entsprechendem Material in den archäologischen Museen. Auch in den baltischen Museen herrscht dieselbe Knappheit an Tierresten. Es schien mir sogar zuerst, dass das gesetzte Ziel infolge des Mangels an verfügbarem Material gar nicht zu erreichen wäre. Aber dank dem aussergewöhnlichen Interesse, dass Professor Dr. E. Nonewicz dieser Angelegenheit entgegengebracht hat, und mit Hilfe der von mir unternommenen Ausgrabungen gelang es doch, wenn auch kein zahlreiches, so immerhin ein recht inhaltsreiches Material in Litauen zu sammeln. Ich muss dabei besonders hervorheben, dass Herr Professor Nonewicz nicht nur bedeutende eigene Mittel darauf verwandt, sondern sich auch selbst beim Sammeln des Materials beteiligt hat. Alle Funde, die in den verschiedensten Museen und bei Privatpersonen lagerten, wurden von ihm registriert und geordnet, resp. den Museen zugeführt.

Ein nicht geringeres Interesse hat auch Herr Professor Dr. J. Mägi diesen Arbeiten gegenüber bekundet, dank dessen Liebenswürdigkeit ich die Möglichkeit erhalten habe, das archäologische Material Estlands zu untersuchen. Es ergab sich die Möglichkeit, dieses baltische mit dem von Berezowski⁵²⁾,

Prawochenski⁵³⁾ und Vetulani veröffentlichten polnischen Material zu vergleichen.

Bei der Beschreibung meines Materials werde ich von der Beschreibung der jüngeren Funde zur Beschreibung der älteren vorschreiten.

Interessante Funde sind in Kowno selbst gemacht worden. Im Mittelalter sind an der Mündung der Wilija in die Memel, sowie auch auf den Inseln stromabwärts, Festungen errichtet worden. Vom Beginn des XIV. Jahrhunderts an, besonders im Jahre 1362, haben an diesen Stellen nacheinander die Litauer und die Ordensritter Festungen erbaut. Dort sind oft Schlachten geschlagen worden, wovon die Funde zeugen. Nicht weit ausserhalb des Festungswalles sind Schädelreste von zwei Pferden 4 Meter tief gefunden worden. Von dem einen Schädel, der sich als ein okzidentaler er-

Tabelle 8.

Bezeichnung der Masse (absolute Werte).	Subfossil (XIV. Jahrh.).	Rezente Litauer (Mittel).	Kleines schamait. Pferd. ♂
1) Kranial-, auch Zerebrallänge nach Ewart	152 mm	167.5 mm	159.1 mm
2) Grösste Zerebrallbreite . .	98	102.5	98
3) " " hinter den Orbiten	80.2	77.7	77.5
4) Breite zwischen den äusseren Gehörgängen	101	104.7	105.5
5) Breite der crista occipitalis	60.5	64.2	61
6) Breitendurchmesser des processus zygomaticus des Stirnbeins	25	23.07	23
7) Breite zwischen den tubercula articularia	183	191.3	185
8) Breite an der pars mastoidea des Felsenbeins	107	110.7	108
9) Breite zwischen den Kondylen	76.5	78.1	70
10) Grosse Hinterhaupthöhe von der Mitte der crista occipitalis zum Unterrand d. foramen magnum	87	87.6	87.6
11) Kleine Hinterhaupthöhe (Oberrand d. for. magn.).	54	54.2	50.2

wies, ist nur der okzipitale Teil übriggeblieben, von dem anderen das Hinterhaupt und das Kranium (Abb. 7). Der Vergleich mit den kraniologischen Massen des rezenten Litauers ist in der Tabelle 8 gegeben.

Diese Daten zeigen, dass die Grenzen, die für den Schädel des litauischen Pferdes festgestellt worden sind, nicht überschrit-

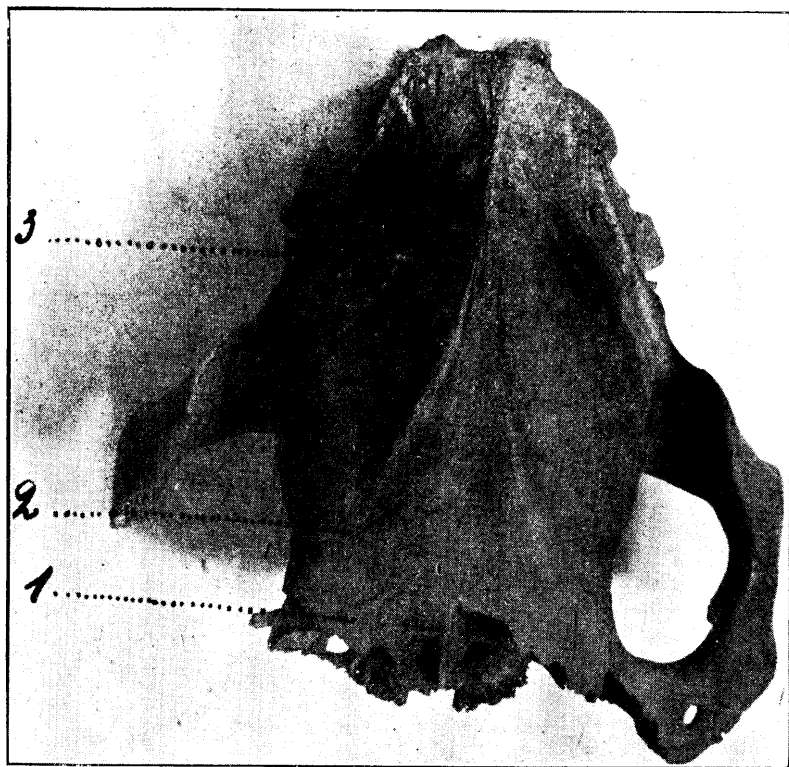


Abb. 7. Ein Kranium aus dem XIV. Jahrh., Litauen, Kaunas (Kowno).
1, 2 u. 3 sind Hiebspuren eines Schwertes.

ten werden. Ihre Mittelwerte sind in der zweiten Spalte der Tabelle angegeben und fallen mit denjenigen der kleinen schamaitischen Pferde zusammen (Spalte 3). Am Kranium dieses kleinen Pferdes sind einige Hiebspuren eines schweren Schwertes vorhanden, wobei der dritte Hieb ein tödlicher war: das Parietale ist durchschlagen. Der Schädel muss aus dem XIV. Jahrhundert stammen ⁵⁴).

Nicht weit von diesem Orte sind in der Altstadt Kownos bei den Kanalisationsarbeiten in der Wilnaerstrasse viele Reste von Haustieren, hauptsächlich Ziegen, Rinder, auch einzelne Pferdereste gefunden worden. Die Tiefe der Alluvialablagerungen beträgt 2.5—3 Meter. An Teilen von Pferdeschädeln sind gefunden worden: eine Augenhöhle und ein Teil des Hinterhauptes. Ihre Masse betragen:

Tabelle 9.

	Subfossil.	Litauisches Pferd. Mittel.
1) Orbitendurchmesser horizontal	54.5 mm	61 mm
2) " " vertikal	55.5	53.6
3) Breitendurchmesser des processus zygomaticus des Stirnbeins	25.6	23.1
4) Breite zwischen den Kondylen	86.1	78.1
5) Breite der crista occipitalis	67.1	64.2
6) Grosse Hinterhauptöhe	93	86.7
7) Kleine Hinterhauptöhe	59.2	54.2
8) Entfernung zwischen den processus jugularis styloidei	97.1	104.3

Da die Mehrzahl dieser Messungen stark variiert, so sind nur die folgenden von Interesse: die Kondylenbreite, die Breite der crista occipitis und besonders der Orbitendurchmesser. Ihre Dimensionen übersteigen nicht die Grenzen der Dimensionen der besprochenen litauischen Pferde. Von Interesse ist nur das umgekehrte Verhältnis des horizontalen und vertikalen Orbitendurchmessers: bei allen domestizierten orientalischen Pferden ist der vertikale Durchmesser kleiner als der horizontale, in diesem Falle aber ist es gerade umgekehrt. Es ist indessen schwer zu beurteilen, ob diese Anomalie eine individuelle Variation oder eine pathologische Erscheinung ist. Bei der Untersuchung der Schädel der rezenten Pferde kommt es zuweilen vor, dass sämtliche Masse der einen Orbita kleiner sind als diejenigen der anderen. Die Tiefe der Ablagerung und die Gegenstände, die an der gleichen Stelle gefunden wurden, scheinen für das XV. bis XVI. Jahrhundert zu sprechen.

Im Jahre 1925 wurden in Kowno in der Donelaitischiostrasse in einer Tiefe von 3 Metern aus den alluvialen Ablagerungen der

älteren Memelterraße Reste eines Pferdeschädels ausgegraben, die sich heute im Museum des zoologischen Kabinetts der litauischen Universität in Kowno befinden. Gut erhalten ist nur der Nackenteil, ein Teil des Kraniums und die linke Maxille mit allen Backenzähnen.

Folgende Messungen waren möglich:

Tabelle 10.

	Subfossiles Pferd.	Das litauische rezente Pferd.
1) Grösste Zerebralbreite	106 mm	102.5 mm
2) Orbitendurchmesser horizontal	58.2 "	61
3) " " vertikal	53.5 "	53.6
4) Kondylenbreite	78.2 "	78.1
5) Grosse Hinterhaupthöhe	90.2 "	87.6
6) Kleine Hinterhaupthöhe	58 "	54.2
7) Breitendurchmesser des processus zygom- aticus des Stirnbeins	24 "	23.1
8) Backenzahnreihe	157.5 "	166.6
9) Prämolarenlänge	80 "	89
10) Molarenlänge	79 "	77.3

Alle diese Werte entsprechen vollkommen den Werten der litauischen und estnischen Pferde, ganz besonders diejenigen der Zähne. Unter anderem haben alle Prämolaren Sporen und an allen Molaren fehlen sie. Eine kleine Falte ist am Mesostyl der mittleren Backenzähne vorhanden.

Ein späterer Fund stammt aus dem Kurort Birschtany an der Memel. Dort befindet sich eine etwa einige hundert Jahre alte Befestigung. Ausserhalb dieser Befestigung, ganz in der Nähe der heutigen Mineralquelle Biruta, befindet sich eine Abladestelle, die scheinbar zur Befestigung gehört hat. Unter den zahlreichen Knochenresten rezenter Haustiere, z. B. Hunde, Ziegen, Rind u. a., fanden sich nur wenige Pferdereste, von denen mir Backenzähne in die Hände fielen. Der eine Zahn (Taf. III, Abb. 20) hat eine Breite von 26,1 und eine Länge von 25,9 mm. Beim anderen Zahn beträgt die Breite und die Länge 26,8 mm. Die quadratische Kaufläche des Zahnes spricht für eine Bastardform. Die vordere Eckfalte und die Falte am Mesostyl sind gut entwickelt (Abb. 21). Die Anwesenheit der sekundären Falten an

den Vorder- und Hintermarken, sowie der gut entwickelte Sporn, besonders auf Abb. 21, sprechen ebenso für einen Bastard. Nach der Meinung des Professors Nonewicz gehört der Fund dem XVI. Jahrhundert an.

In dem archäologischen Kabinett der Universität Dorpat-Tartu befinden sich unter den Pernauschen Funden (meist Knochenfragmente des Rindes) auch Pferde Zähne (Taf. IV, Abb. 32 u. 33). Merkwürdig ist Zahn Nr. 33, der eine Breite von 26,9 und eine Länge von 29 mm aufweist. Die Anwesenheit von drei Falten zwischen den Halbmonden, der gut entwickelte Sporn, die gut ausgeprägte vordere Eckfalte, die Falte am Mesostyl und die gut ausgeprägte Schmelzfältelung, besonders an der Talwand — alles dieses spricht für die Bastardnatur des Pferdes. Das Alter des Fundes lässt sich nicht mehr feststellen, da an der Fundstelle die verschiedensten Schichten durcheinandergeworfen sind. Da in den älteren Schichten des Baltikums Bastardformen des Pferdes von mir nie gefunden worden sind, so nehme ich an, indem ich diesen Typus des Pferdes mit dem litauischen vergleiche, dass das abendländische Blut erst nach dem Auftreten des Ordens hineingekommen ist. Die Pernauschen Funde gehören demnach frühestens dem XIII. Jahrhundert an.

Aus allen diesen Funden lässt sich der Schluss ziehen, dass im Baltikum eine orientalische Pferderasse, von der Art der heutigen litauischen und estnischen Rasse, herrschte.

Die Zeit etwa vom IX. Jahrhundert bis zum XI. will ich kurz die Wikingerzeit nennen.

Im Katalog der Ausstellung des X. archäologischen Kongresses in Riga, 1896, ist ein subfossiler Schädel angeführt, der bis jetzt noch nicht genauer beschrieben worden ist. Mir ist dieser Schädel vom Präsidenten der Ges. f. G. u. Altertumsk. in Riga liebenswürdigerweise zum Zwecke einer Untersuchung zur Verfügung gestellt worden. Nach Buchholtz ist er in Plavneekaln bei Bauske in Kurland in einer Tiefe von 3 Fuss gefunden worden (Abb. 8). Vor und unter dem Schädel wurden zwei Hälften eines Bronzeringes gefunden, was dafür spricht, dass wir es mit einem domestizierten Pferde zu tun haben. Dank dem Umstande, dass der Schädel prachtvoll erhalten ist, gelang es die Messungen mit aller gewünschten Genauigkeit auszuführen (Tabelle 11). Dieser alte Hengst gehört zum Typus der grösseren estnischen Klepper, und auf Grund aller kraniologischen und odontologi-

schen Merkmale weist er auf den Typus der grösseren litauischen Pferde, und besonders auf das polnische Landpferd aus Polessje hin. Der recht grosse Augenindex von Nehring — 200 — entspricht dem Tarpan und dem Equus Przew. Jedoch ist der Stirnindex I Nehrings — 242 — im Vergleich mit dem Index des Litauers — 237,7 — viel grösser, d. h. die Stirn ist relativ schmal.

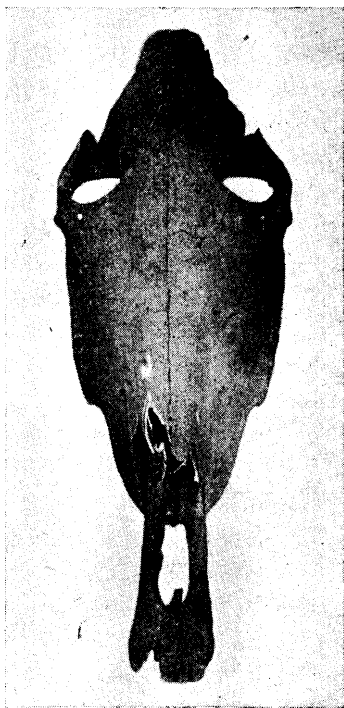


Abb. 8. Subfossiler Schädel aus Plavneekaln bei Bauske, Kurland. Riga, Dommuseum.

Dieser Index bringt den Schädel des Pferdes von Plavneekaln demjenigen des Equus Przew. mit einem Index zwischen 232 und 244.9 nahe. Dasselbe gilt für Nehrings Index II — 267.5: der Litauer hat 262.1, der Tarpan — 248.5 und 256.1, der Eq. Przew. 255.7 — 270. Allerdings wird auch beim litauischen Pferde zuweilen der Index 277.8 angetroffen. Der Orbitenindex fällt mit demjenigen des Eq. Przew. fast vollkommen zusammen (ersterer — 112.7, letzterer — 112.5), steht aber auch dem litauischen Pferde mit 113.8 sehr nahe. Die Zähne (Taf. III, Abb. 22) sind typisch für die orientalische Rasse. Die sehr einfache Schmelz-

T a b e l l e 11.

	Subfoss. Plavnee- kahn, Kurland. Alt. I	Subfoss. Kremon, Livland. 9 jähr. II	La Tène- Zeit. III	Auver- gnier- Zeit. IV	Peters- insel. V	Fossil. Torfmoor von Triebsees VI
O b e r k i e f e r :						
1. Basilarlänge	$\frac{484}{100}$	$\frac{423}{100}$	$\frac{446}{100}$	$\frac{438.8}{100}$	$\frac{449}{100}$	$\frac{455}{100}$
2. Scheitellänge (Zirkelmass)	$\frac{535}{110.5}$	$\frac{455}{107.5}$	$\frac{493}{110.5}$	—	$\frac{498}{110.8}$	$\frac{500}{109.8}$
3. Scheitellänge (Bogen- mass)	$\frac{575}{118.3}$	$\frac{484}{114.5}$	—	—	—	—
4. Grösste Zerebralbreite .	$\frac{105}{21.7}$	$\frac{92}{21.7}$	$\frac{87}{19.5}$	$\frac{90}{20.6}$	$\frac{95}{21.1}$	—
5. Kleinste Zerebralbreite .	$\frac{77.5}{16}$	$\frac{70}{16.5}$	—	—	—	—
6. Breite zw. den äusseren Gehörgängen	$\frac{116}{198}$	$\frac{91}{180}$	$\frac{95}{—}$	$\frac{97}{—}$	$\frac{95}{—}$	—
7. Breite bei den tub. articul.	$\frac{40.9}{—}$	$\frac{43.5}{95}$	—	—	—	—
8. Breite an der pars ma- stoidea	—	$\frac{22.5}{200}$	—	—	—	—
9. Grosse Stirnbreite (Zirk.)	$\frac{41.3}{245}$	$\frac{44.3}{222}$	$\frac{43}{192}$	$\frac{42.8}{187}$	$\frac{42.7}{192}$	$\frac{44.8}{204}$
10. Grosse Stirnbreite (Band- mass)	$\frac{50.6}{146}$	$\frac{52.5}{126}$	—	—	—	—
11. Kleine Stirnbreite (Zirk.)	$\frac{30.2}{155}$	$\frac{29.8}{152}$	—	—	—	—
12. Kleine Stirnbreite (Band- mass)	$\frac{32}{242}$	$\frac{35.9}{231.1}$	—	—	—	—
13. Nehrings Ind. I	$\frac{267.5}{184}$	$\frac{248.6}{190.3}$	$\frac{256.7}{178}$	—	$\frac{254.1}{188.7}$	$\frac{245}{181}$
14. Nehrings Ind. II	55	49	56	—	57	—
15. Nehrings Ind. III	62	55	54	57	56	—
16. Vertikaler Orbitendurch- messer	$\frac{112.7}{313}$	$\frac{112}{268}$	$\frac{98.2}{—}$	—	$\frac{99.9}{—}$	—
17. Horizontaler Orbiten- durchmesser	$\frac{64.7}{368}$	$\frac{63.3}{315}$	—	—	—	—
18. Orbitenindex	$\frac{76.9}{310}$	$\frac{74.5}{270}$	—	—	—	—
19. Tscherskis Faziallänge .	$\frac{64}{—}$	$\frac{63.7}{—}$	—	—	—	—
20. Ewarts Faziallänge . . .	—	—	—	—	—	—
21. Gesichtslänge nach Ada- metz	—	—	—	—	—	—

T a b e l l e 11.

	Subfoss. Plavneekaln, Kurland. Alt. I	Subfoss. Kremon, Livland. 9 jährl. II	La Tène- Zeit. III	Auvergnier- Zeit. IV	Peters- insel. V	Fossil. Torfmoor von Triebsees. VI
22. Breite zw. den foramina infraorbitalia	76 15.7	68 16.1	—	—	—	—
23. Schnauzenbreite im Ober- kiefer	68 14	58 13.7	63 14.1	—	66 14.6	—
24. Breite des Diastema an der engsten Stelle . . .	42 8.7	43.5 10.3	—	—	—	—
25. Breite zw. den Hinter- rändern von M ₃	110 22.7	91 21.5	—	—	—	—
26. Breite zw. den Hinter- rändern von P ₃	63 13	60 14.3	—	—	—	—
27. Entfernungen auf dem Nasenbein nach Adametz:						
Länge 2	59	59	—	—	—	—
" 3	84	89	—	—	—	—
" 4	122	110	—	—	—	—
" 5	—	—	—	—	—	—
Breite bei						
Länge 2	61	43.5	—	—	—	—
" 3	53	46	—	—	—	—
" 4	—	44.6	—	—	—	—
28. Länge des Diastema . .	—	84 19.8	82 18.4	—	87 19.4	—
29. Länge der Zahnreihe (Oberkiefer)	161 33.3	154 36.4	151 33.8	155 35.4	172 38.3	155 34
30. Breite der crista occipita- lis	68 14.1	57.5 13.6	64 14.3	64 14.6	63 14	—
31. Kondylenbreite	84.5 17.5	—	74 16.6	—	77 17.1	—
32. Grosse Hinterhaupthöhe .	91 18.8	—	—	—	—	—
33. Kleine Hinterhaupthöhe	60	51	53	55	53	—
34. Foramen magnum — Vo- merausschnitt	103	111	—	—	—	110
35. Vomer ausschnitt — Cho- anenrand	103	—	—	—	—	108
36. Crista max. — mittl. Inc. .	224	199	—	—	—	—
37. Foram. magn. — Vorder- rand der crista maxill. .	275	245	—	—	—	—

T a b e l l e 11.

	Subfoss. Plavneekahn, Kurland. Alt. I	Subfoss. Kremon, Livland. 9 jähr. II	La Tène- Zeit. III	Auvergnier- Zeit. IV	Peters- insel. V	Fossil. Torfmoor von Triebsees. VI
38. Hintere Augenlinie (Nehring)	200	168	191	180	186	192
39. Vordere Augenlinie (Nehring)	368	325	340	—	351	348
40. Tangente Stirnasennaht — mittl. Incisivi	325	277	—	—	—	—
41. Crista occip. — Tangente Stirnasennaht	220	185	—	—	—	—
42. Länge der Gehirnregion (Ewart)	45.4 178	44.7 149	—	—	—	—
43. Kraniallänge nach Sa- lenski	36.7 248	35.2 205	—	—	—	—
44. Breite zwische: den cri- stae maxill. (an der Naht)	50.1 179	49.4 154	—	—	—	—
45. Breite zwischen den cri- stae maxill. (am vord. Ende)	36.9 150.5	36.6 138	36.3	36.6	38.7	—
46. Breitendurchmesser der process. zygom. des Stirnb.	21	21	—	—	—	—
U n t e r k i e f e r :						
47. Horizontale Länge	399	—	382—390	390	408	—
48. Schräge (grösste) Länge	425	—	—	—	—	—
49. Länge der Backenzahn- reihe (alv.)	160	—	161—172	166	171	—
50. Diastemalänge (seitlich)	107	—	—	—	—	—
51. Diastemalänge (bis z. d. mittl. Incisivi)	120	—	—	—	—	—
52. Schnauzenbreite (hinter den Schneidezähnen) . . .	60	—	56	62	59	—
53. Gelenkbreite (äussere Ränder)	198	—	—	—	—	—
54. Grosse Höhe des Unter- kiefers	273	—	—	—	—	—
55. Kleine Höhe des Unter- kiefers	228	—	214—215	210	227	—

fältelung erklärt sich durch das hohe Alter des Pferdes (ca 22 Jahre).

Bei den Ausgrabungen in Kremon (Lettland) ist der Schädel eines 9-jährigen Hengstes ohne Unterkiefer gefunden worden (Abb. 9 u. 10). Er befindet sich im archäologischen Kabinett der Univer-

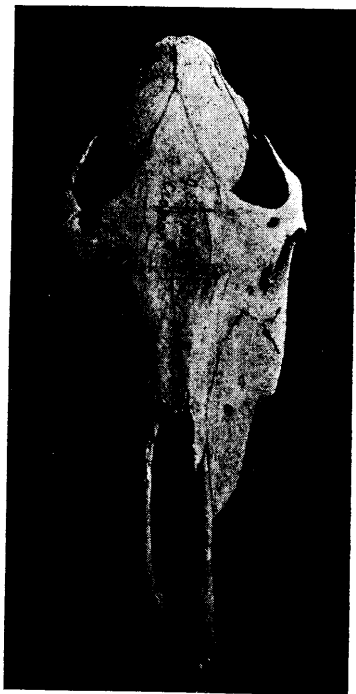


Abb. 9. Subfossiler Schädel aus Kremon, Lettland. Archäologisches Kabinett der Universität Tartu-Dorpat.



Abb. 10. Der Oberkiefer des Schädels aus Kremon. Backenzahn P_1 abgeschliffen.

sität Tartu-Dorpat. Seine genauen Masse, die interessante Schlüsse erlauben, bringt die Tabelle 11. Die Basilarlänge beträgt 423 mm und ist die kleinste unter allen Pferden, die in der Vergleichstabelle angeführt sind. Der Schädel hat kleinere Dimensionen, als derjenige der kleinen Pferde aus la Tène, Auvergnier und von der Petersinsel. Bei den rezenten litauischen Pferden sinkt die Basilarlänge bis auf 440 mm herab, 423 mm habe ich jedoch nie angetroffen. Dieses ponyartige Pferd hat wohl eine sehr geringe



Abb. 11. Die Zahnreihe des Schädels aus Kremon.

Widerristhöhe gehabt. Nach den Indexen steht dieses Pferd der Tarpangruppe jedoch ziemlich nahe. Die Zähne sind für die lokalen osteuropäischen Pferde typisch; auf Taf. IV, Abb. 34 ist der Zahn P_1 abgebildet. Er wird durch die einfache Schmelzfältelung, die für die Steppenformen typisch ist, und durch die gut ausgeprägten Falten an der Vorderecke des Mesostyls und am Protokonius charakterisiert. Die schöne äussere Form der Schädelknochen, die auch bei den rezenten litauischen und estnischen Pferden beobachtet wird, tritt deutlich hervor. Die typische Schmelztäfelung ist am Oberkiefer von unten gesehen sichtbar (Abb. 11).

Ausser diesem Schädel ist noch ein Fund aus Kurland, der der jüngeren Eisenzeit angehört, bekannt. Bei den Ausgrabungen in Stabben, Kreis Friedrichstadt, ist zusammen mit Eisengeräten auch die Hälfte der Maxilla eines etwa $2\frac{1}{2}$ jährigen Füllens mit gut erhaltenen Backenzähnen gefunden worden (Abb. 12). Der Vergleich seines M_1 mit dem M_1 eines litauischen Füllens ergibt volle Ähnlichkeit (Taf. II, Abb. 17 u. 16). Es ist also anzunehmen, dass in der jüngeren Eisenzeit in Kurland dieselbe, nur kleinere Steppenform wie in Litauen vorhanden war. Andere Schädelreste von Pferden sind im Baltikum nicht gefunden worden.

Je näher wir zur Zeit von Chr. Geb. kommen, um so weniger trifft man Pferdereste an. Spizyn⁵⁵⁾ meint, dass bei den Litauern das Pferd erst im VI. Jahrhundert nach Chr. Geb. auftritt. Auch in Westeuropa fällt die Seltenheit der Funde von Pferderesten der vorchristlichen Zeit auf. Wahrscheinlich sind damals die Knochen nicht nur von den Menschen, sondern auch von den sie begleitenden Hunden, wie es auch jetzt bei den Nomaden beobachtet wird, vernichtet worden.

In Litauen ist es jedoch gelungen, als Einzelfunde eine Anzahl Pferde Zähne zu entdecken. Die Feststellung ihres archäologischen Alters ist jedoch dadurch sehr erschwert, dass keine anderen Gegenstände mit ihnen gefunden worden sind, sowie auch dadurch, dass sie in solchen Schichten vorkommen, wo nur neolithische Funde angetroffen worden sind. Aber da im Baltikum das Neolithikum über die christliche Ära hinaus anhielt und nicht nur mit der Bronzezeit zusammenfiel, sondern neolithische Äxte auch in der Eisenzeit vorkommen, so ist eine genauere Feststellung der Zeit unmöglich.



Abb. 12. Die Hälfte der maxilla eines subfossilen Füllens. Jüngere Eisenzeit.
Riga, Dommuseum.

Ehe ich die einzelnen Zähne beschreibe, will ich noch einen interessanten Fund von verbrannten Rinder- und Pferdeezähnen erwähnen, welche in Litauen bei der Mündung der Swenta in die Wilija (Neris) neben dem Dorfe Salininku gefunden worden sind. Obgleich der Zement zerstört ist, ist der Schmelz stellenweise so gut erhalten, dass eine Wiedergabe der Falten möglich war. Wie aus den Abb. 26 und 27, Taf. III, ersichtlich ist, gehörten diese Zähne Pferden vom Steppenhabitus an.

Funde einzelner Zähne sind deshalb keine Seltenheit, weil sie sich in den Bodenschichten besser erhalten, als die Knochen selbst. Schon Darwin hat darauf hingewiesen, dass in Amerika Pferdeezähne sehr häufig gefunden werden, Knochen dagegen sind eine Seltenheit. Dasselbe ist auch in Litauen der Fall.

Für die Frage der archäologischen Zeitbestimmung der Zahnfunde sind die Ausgrabungen in Naruišiai und das Ergebnis der Untersuchungen der Steingeräte, besonders aber der Meissel, für mich von grosser Bedeutung.

Über die Ausgrabungen in Naruišiai, sowie über das spätere Neolithikum im Baltikum werde ich weiter unten berichten. Hier werde ich den Unterkieferzahn von Naruišiai (Abb. 13) nur kurz erwähnen. An der Vorder- und Hintermarke besitzt der Zahn (Taf. III, Abb. 28) bei ziemlich grosser Länge und kleiner Breite keine komplizierte Schmelzfältelung. Die rundliche Vorder- und Mittelschlinge dieses Zahnes scheinen dafür zu sprechen, dass das Pferd nicht alt gewesen ist. Der Zahnbau weist auf ein Pferd der Steppengruppe hin. Diese Funde scheinen aus dem IV. Jahrh. nach Chr. zu stammen.

An anderen Orten Litauens sind noch einige Zähne von Unterkiefern gefunden worden, meistens in einer Bodentiefe von 75 bis 100 cm. Die typischsten unter ihnen sind auf Taf. III, Abb. 29, 30, 31 wiedergegeben. Im Vergleich zu den obenerwähnten Zähnen weisen diese noch charakteristischere Masse der Länge und der Breite auf; dasselbe gilt für die Schmelzfältelung. Sie unterscheiden sich durch nichts von den gleichnamigen rezenten litauischen Pferdeezähnen desselben Alters.

Unter den Zahnfunden des Oberkiefers scheint der Backenzahn aus Schaki (Šakiai) (Taf. III, Abb. 25) am ältesten zu sein. Seine Kaufläche ist mehr breit als lang. Die Farbe des Zahnes ist bräunlich, und die Schmelzfalten sind mit Kiesel und anderen Mineralstoffen angefüllt. Um ein Bild der Schmelzfältelung zu

gewinnen, musste die Kaufläche abgeschliffen werden. Dabei kam an den Schmelzfalten eine stärkere Kräuselung zum Vorschein, als es vordem anzunehmen war. Die Kräuselung des Zahnschmelzes des rezenten litauischen Pferdes ist weniger kompliziert.

Ein ähnlicher Zahn, doch von etwas einfacherer Fältelung (Taf. III, Abb. 24), ist an einer anderen Stelle gefunden worden.

Eine noch kompliziertere Fältelung weist ein anderer subfossiler Zahn (Abb. 23) auf. Die äusserst komplizierte Schmelzfältelung einiger der soeben beschriebenen Zähne erweckt den Verdacht, dass diese Zähne sogar vom wilden Waldpferde herkommen. Dieses stimmt mit den Feststellungen von Antonius-Abel überein, nach denen die Waldumwelt eine kompliziertere Schmelzfältelung hervorruft. Andererseits haben die amerikanischen Erforscher der Tertiär- und Quartärpferde bewiesen, dass es ganzer geologischer Epochen bedurfte, um eine Veränderung des Zahnbaus hervorzurufen. Die Zeit der Entstehung der tertiären Pferdearten dauerte, nach Loomis, mehrere Millionen Jahre. Die Paläontologie weist darauf hin, dass sogar das Paläolithikum Hunderttausende von Jahren gedauert hat und dass auch diese Zeit für die Entwicklung neuer Diluvialformen des Pferdes nicht ausreichte, da die Waldform — *Equus robustus* — und die Steppenform — *Equus caballus orientalis* Franck — gegen Ende der Tertiärzeit schon vorhanden waren. Es kann daher nicht möglich sein, dass in einer so kurzen Zeit, wie die Zeit der Umwandlung der Tundra in Wald, ungefähr 6000 Jahre, die komplizierte Schmelzfältelung des Zahnes der Waldform entstanden ist. Diese Widersprüche haben mich bewogen, durch Vermittelung des Herrn Professor Nonewicz mich an Herrn Prof. Dr. O. Antonius in Wien zu wenden, der der beste Kenner des Pferdmaterials der europäischen Museen ist. Dr. Antonius wurden Abbildungen der soeben beschriebenen Zeichnungen geschickt, und ich erhielt ein liebenswürdiges Schreiben, in dem es heisst:

„Die mir weiter vorgelegten Abbildungen von Zähnen scheinen mir eher für eine Steppenform als für eine Waldform zu sprechen. Ob es sich aber dabei um den russischen „Tarpan“ oder um eine Form aus der Verwandtschaft des mongolischen Wildpferdes handelt, wage ich nicht zu entscheiden.“

Das Vorhandensein der sehr kleinen zickzackartigen Fälte-

lungen der Halbmonde des Zahnes, die auf der Tuschezeichnung allerdings noch schärfer als in Wirklichkeit hervortreten (Taf. III, Abb. 23), kann teilweise dadurch erklärt werden, dass es sich um den Zahn eines Füllens handelt. Auch das Verhältnis zwischen seiner Breite und seiner Länge spricht dafür, dass der Zahn einem Füllen angehörte, da bei den jüngeren Exemplaren die Fältelung des Schmelzes stets komplizierter ist. Die mehr oder weniger komplizierte Fältelung (Abb. 23 und 25) ist wohl nur durch das stärkere Abschleifen besser sichtbar geworden. Um eine Gegenprobe zu machen, habe ich Zähne des heutigen schamaitischen Pferdes mittleren Alters in mehrere Querplatten zerlegt, sie mit Schmirgelpapier geglättet und diese geglätteten Platten mit den natürlichen Kauflächen desselben Zahnes verglichen. In jedem Falle traten die Falten, die durch das Zement mehr oder weniger verdeckt waren, viel deutlicher hervor. Weiter habe ich bei der Untersuchung feststellen können, dass an dem fossilen Zahnmaterial die Verwitterungsprozesse, die das Zement und das Dentin zerstören, die Schmelzfältelung klarer hervortreten lassen. An Stelle des Dentins und des Zements werden Mineralien abgelagert, der Schmelz bleibt aber erhalten. Der Unterschied des Grades der Schmelzfältelung zwischen den fossilen und den rezenten Zähnen kann oft durch blosse Verwitterungsprozesse erklärt werden. Daher ist es stets von Wichtigkeit, um Fehler zu vermeiden, nur Schliffe miteinander zu vergleichen. Dieses beachtend, habe ich feststellen können, dass die fraglichen Zähne Steppenformen angehören und den Zähnen der mongolischen Wildpferde am nächsten gestanden haben. Dieser Schluss entspricht dem oben angeführten Schema von Antonius, nach dem die Steppenform dem Grade der Schmelzfältelung nach zwischen dem Wüstensteppenpferd und der okzidentalischen Form steht. Ich glaube, dass ich in meinem Schema (siehe S. 61) das litauische und estnische Pferd den Zähnen nach richtig als Übergangsform zum mongolischen Steppenpferd bezeichnet habe. Die Schmelzfältelung der osteuropäischen lokalen Pferde scheint weniger kompliziert zu sein als die der fossilen Steppenpferde. Doch tritt dieser Unterschied nicht immer deutlich hervor, da zuweilen Zähne gefunden werden, die sich von den rezenten nicht unterscheiden. Ausserdem ist stets mit individuellen Variationen zu rechnen.

Näheres über die anderen Zahnfunde werde ich nicht mit-

teilen, da sie nichts Neues bringen. Sie gehören alle Pferden vom Steppentypus an. Da sie alle in derselben Tiefe gefunden wurden, wo auch einzelne glatte neolithische Steingeräte entdeckt worden sind, so gehören sie wohl zum älteren Neolithikum. Demnach haben wir Zahnfunde und Schädelknochen wahrscheinlich aus dem Neolithikum, sicher aus der Eisenzeit und aus der späteren Zeit, aber keine aus dem Bronzezeitalter. Um diese Lücke zu erklären, war ich gezwungen, mich mit der Altersbestimmung der Steingeräte im Baltikum näher zu beschäftigen. Im nächsten Kapitel werde ich zeigen, dass ein Teil dieser glatten Steingeräte (die Meissel) sicher zum Bronzezeitalter gerechnet werden müssen, das im Baltikum im Vergleich zum übrigen Europa mit einer starken Verspätung eingetreten ist. Ein Teil der Funde gehört daher sicher zu diesem Zeitalter.

Auf Grund meiner Untersuchungen aller fossilen und subfossilen Pferdereste im Baltikum kann ich zu folgenden Schlüssen kommen:

1) Zwischen dem XII. und dem XVII. Jahrhundert werden Vertreter zweier Pferderassen angetroffen: der okzidentalischen und der orientalischen, sowie Bastarde zwischen beiden.

2) Es gibt im Baltikum im Eisen- und Bronze-Zeitalter sicher, im Neolithikum höchstwahrscheinlich, nur einen Pferdtypus, und zwar die orientalische Steppenform, die dem *Equus Prz.* sehr nahe steht.

3) Mir ist es nicht gelungen, Reste des kleinen wilden Waldpferdes mit komplizierter Schmelzfältelung des Zahnes, im Sinne von Antonius, im Baltikum irgendwie und irgendwann festzustellen. Ich zweifle aber nicht, dass unter den Zähnen, die unter verschiedenen Ablagerungsbedingungen gefunden worden sind, auch Zähne vorhanden sind, die dem sogenannten wilden „Waldpferde“ gehört haben mögen. Da aber diese Zähne keine abweichenden Merkmale haben, so ist nur der Schluss möglich, dass das kleine wilde Waldpferd, das die Wälder Ostpreussens, Litauens, Polens und Weissrusslands bewohnt hat, eine Steppenform war, und dass es aus der Steppe, seiner natürlichen Heimat, vom Menschen in die Waldzone verdrängt worden ist.

Späteres Neolithikum und Bronzezeit im Baltikum.

Bei den Untersuchungen der fossilen Reste der Haustiere in den baltischen Ländern bereitet die Frage der Zuweisung dieser Reste an die eine oder andere archäologische Zeit erhebliche Schwierigkeiten. Meistens wurde in den Museen von Litauen, Lettland und Estland gerade den fossilen Tierresten ein nur sehr geringes Interesse entgegengebracht, und sie sind nur selten genau untersucht worden. Indessen, für die Restaurierung der ältesten Kultur besitzen sie keineswegs einen geringeren Wert, als die primitiven Werkzeuge, die Schmucksachen und die Keramik. Die Feststellung der genauen Zeitpunkte der Domestikation und der Evolution der Haustiere bei den Völkern des Altertums liefert sehr wichtige Anhaltspunkte für die spätere Kulturentwicklung der letzteren. Leider sind die nötigen Protokolle bei der Auffindung der Reste meistens nicht aufgenommen worden, weswegen deren Verknüpfung mit chronologischen Daten fast unmöglich ist. Noch schwerer ist es festzustellen, welchem Volkstamm die Tierreste gehört haben. Eine besonders grosse Lücke muss im Neolithikum und in der Bronzezeit konstatiert werden.

Die Knappheit der Funde aus der Bronzezeit ist schon in den Arbeiten *) von Grewingk, Buchholtz, Tischler, Hausmann, Ebert, Tallgren, Spizyn⁵⁵⁾ u. a. betont worden. Die archäologischen Angaben über die an Funden relativ reichere Steinzeit im Baltikum zusammenfassend, kommt Hausmann zu folgenden Feststellungen: „Übersieht man die Funde der Steinzeit, so erkennt man, dass, was bei Kunda und Pernau ans Licht gekommen ist, nahe beieinander steht. Jünger wird die Lagerstätte des Rinnekalns sein. Über das Volk, das in jener weit entlegenen Zeit hier gehaust, vermögen wir begrün-

*) Bei Buchholtz ist die ganze Literatur bis 1896, bei Hausmann bis 1909 zu finden.

dete Vermutungen kaum aufzustellen, wahrscheinlich waren es Genossen des grossen ugrischen Volksstammes, zu dem die Finnen und Esten gehören und der mit den Lappen in nahen Beziehungen steht. Unsicher ist auch die Zeit dieser Steinzeit-Niederlassungen: nach gewissen Anzeichen darf man vielleicht annehmen, dass im dritten Jahrtausend vor Christi bereits Steinzeit in unserem Lande geherrscht hat. Sie mag bis gegen den Beginn der christlichen Zeit gedauert haben und ist wahrscheinlich nur sehr allmählich erloschen“ ⁵⁷⁾).

Nach einigen anthropologischen und anderen Daten lebten im Baltikum während des Jung-Neolithikums Vertreter des *Homo europaeus*, von dem die Nordgermanen abstammen. Später gesellten sich zu ihnen noch keltische Stämme. Das Bild der Bevölkerung des Baltikums war also komplizierter, da eine Verbindung mit indogermanischen Strömungen bestand. Nach Tallgren ⁵⁶⁾ lebten zwischen dem ersten und fünften Jahrhundert im Norden des Baltikums finnisch-ugrische Stämme, im Süden Balten (Aisten); die primitive Kultur jenes Landes war im späteren Neolithikum die der proto-finnisch-ugrischen Stämme.

Noch weniger erforscht ist die Bronzezeit. Es sind nur sehr wenige Bronzefunde bekannt, weswegen Hausmann ⁵⁷⁾ und andere zu dem Ergebnis kamen, dass es im Baltikum überhaupt keine eigene Bronzezeit gegeben habe.

Viel eingehender ist das archäologische Material des Baltikums von Ebert in einer Reihe von Arbeiten untersucht worden.

Nach Ebert ⁵⁸⁾ stellen die Steingeräte die Hauptfunde des Neolithikums dar. Aber die neolithischen Steingeräte sind m. E. dadurch stark entwertet, dass für die Mehrzahl der Funde die genauen Angaben über ihre Lagerung fehlen. Der Boden, in dem sie entdeckt wurden, ist ganz ununtersucht geblieben, und gerade diese Bodenuntersuchungen hätten viele unklare Fragen aufhellen können. Die obenerwähnten Ursachen machen also sogar eine relative Feststellung des Alters der Funde unmöglich.

Auch die ersten Jahrhunderte nach Christo sind an archäologischen Funden sehr arm, weswegen in der älteren Eisenzeit ebenfalls eine Lücke vorhanden ist.

Spitzyn gibt in seiner letzten Arbeit — „Litauische Altertümer“ (russisch) — eine genaue Übersicht über die Funde und Ausgrabungen bis 1923, auf den Reichtum an Stein- und Feuerstein-Erzeugnissen im städtischen Museum zu Kaunas (Kowno) hinweisend.

Er verbindet das spätere baltische Neolithikum mit dem von Finnland und vom Gouvernement Nowgorod, aber nicht mit dem der späteren, sondern mit dem der mittleren und jüngeren Periode. Über die Feststellung des Zeitraums des Neolithikums meint Spizyn, dass jetzt keine Möglichkeit bestehe, den Zeitraum der späteren litauischen Steinzeit festzustellen, wobei er das Material der westlichen Archäologie als Anhaltspunkt vorschlägt, obwohl ja eigentlich der Zusammenhang zwischen dem Baltikum und dem Westen nicht klar ist.

Was die Bronzezeit anbetrifft, so meint Spizyn, dass nur wenig Bronzeerzeugnisse nach Litauen gelangt seien, obwohl sie von Zeit zu Zeit vorgefunden werden. Spizyn teilt die Ansicht von Ebert und Tallgren, dass die Bronzesachen nach dem Baltikum nicht aus Schweden, sondern aus Ostdeutschland gelangten und sich irgendwo mit den ungarischen vermischten. Aber gleichzeitig mit dieser Hauptströmung kamen einige Sachen auch aus Schweden.

Ferner behauptet Spizyn, dass die Bronzezeitkultur in Schweden nach ihrem Untergang durch nichts ersetzt worden sei, wodurch sie ihre innere Schwäche bewiesen habe. Norddeutschland und Polen seien allmählich zur Hallstattkultur übergegangen, und Litauen, das jeden Anteil am Welthandel verloren habe, soll in der Kulturentwicklung um ganze 1000 Jahre zurückgeblieben sein. Er bezeichnet diese Zeit als eine für einen Archäologen traurige, dunkle Epoche, über die fast nichts zu sagen sei. Die Bevölkerung lebte in den primitivsten Verhältnissen, und die Fischerei- und Jagdgeräte waren die einfachsten. Zur weiteren Charakteristik dieser Zeit benutzt Spizyn das folgende Zitat aus Tacitus: „Fennis mira feritas, foeda paupertas: non arma, non equi, non penates... solae in sagittis opes, quas inopia ferri ossibus asperant... securi adversus homines, securi adversus deos rem difficillimam adsecuti sunt, ut illis ne voto quidem opus esset“.

Des weiteren hebt Spizyn hervor, dass die positiven Angaben über das Vorhandensein der Hauspferde bei den Litauern sich auf eine ziemlich späte Zeit, und zwar auf das VI. Jahrhundert nach Chr. beziehen, während doch in den Nachbarländern das Hauspferd bestimmt schon in der Bronzezeit und in den kulturellen Zentren sogar im Neolithikum vorhanden war.

Die archäologischen Funde in Litauen in der letzten Zeit haben die Dauer dieser „dunklen Epoche“ einigermaßen ge-

kürzt. Die Funde in Litauen im Jahre 1924 — in Naruišiai, Kreis Raseiniai, Nordlitauen — haben ein reiches Material, bestehend aus Bronzeerzeugnissen, wie z. B. Bronzefibeln, Armbändern, Halsringen, Nadeln, Ringen, Ketten aus kleinem Bernstein Schmuck u. s. w., geliefert. Die Eisensachen, Lanzenspitzen und einiges andere beanspruchen kein besonderes Interesse. Insgesamt sind über 70 Gegenstände, die im Kownoer Museum auf 5 Tafeln untergebracht sind, gefunden worden.

Das Dominieren der verschiedenen Bronzeerzeugnisse ist der Beweis für das Vorhandensein einer genügenden Menge dieses Metalls. Besonderes Interesse beanspruchen die Halsringe mit birnenförmigen (konischen) Enden und die Armringe mit schönen Verzierungen. Besondere Beachtung verdient ausserdem eine silberne Scheibenfibel (Abb. 13), die in ihrer Form viel Ähnlichkeit mit den in Mitteldeutschland gefundenen aufweist: ihre Abbildung befindet sich unter Nr. 225 in der Arbeit von Almgren⁵⁹). Ausser diesen Gegenständen sind in Naruišiai folgende Münzen (nach Feststellung von Prof. Lenze) gefunden worden:

1) Münze von Tomi am Schwarzen Meer, mit griechischer Inschrift, geprägt unter Caracalla (211—218).

2) Münze von Nikaea in Bithynien, geprägt unter Alexander Severus (222—235).

3) Münze von Tomi, geprägt unter Gordian III. (238—244).

4) Münze des Commodus (Commodus Antonius Aug.) (180—192).

5) Dasselbe.

6) Münze des Marcus Aurelius Augustus.

Einige derartige Münzen sind auch an anderen Orten des Baltikums gefunden worden, so Münzen von Alexander Severus. Nach der Meinung von Prof. Wolter können diese Münzen als Beweis für schon damals vorhandene Beziehungen zwischen dem Baltikum und den römischen Kolonien (Krim) gelten. Er vermutet, dass die Funde von Naruišiai aus dem III. bis IV. Jahrhundert nach Chr. Geb. stammen. Somit geben die Funde von Naruišiai die Möglichkeit festzustellen, dass die römische Kultur schon in den ersten Jahrhunderten des Christentums nach Litauen vorge drungen war und sich noch weiter nach dem Osten verbreitet hat, wie es der Fund einer Bronzelampe römischer Arbeit in der Nähe von Tartu-Dorpat beweist.

Es ist nicht uninteressant zu erwähnen, dass die Ausgra-

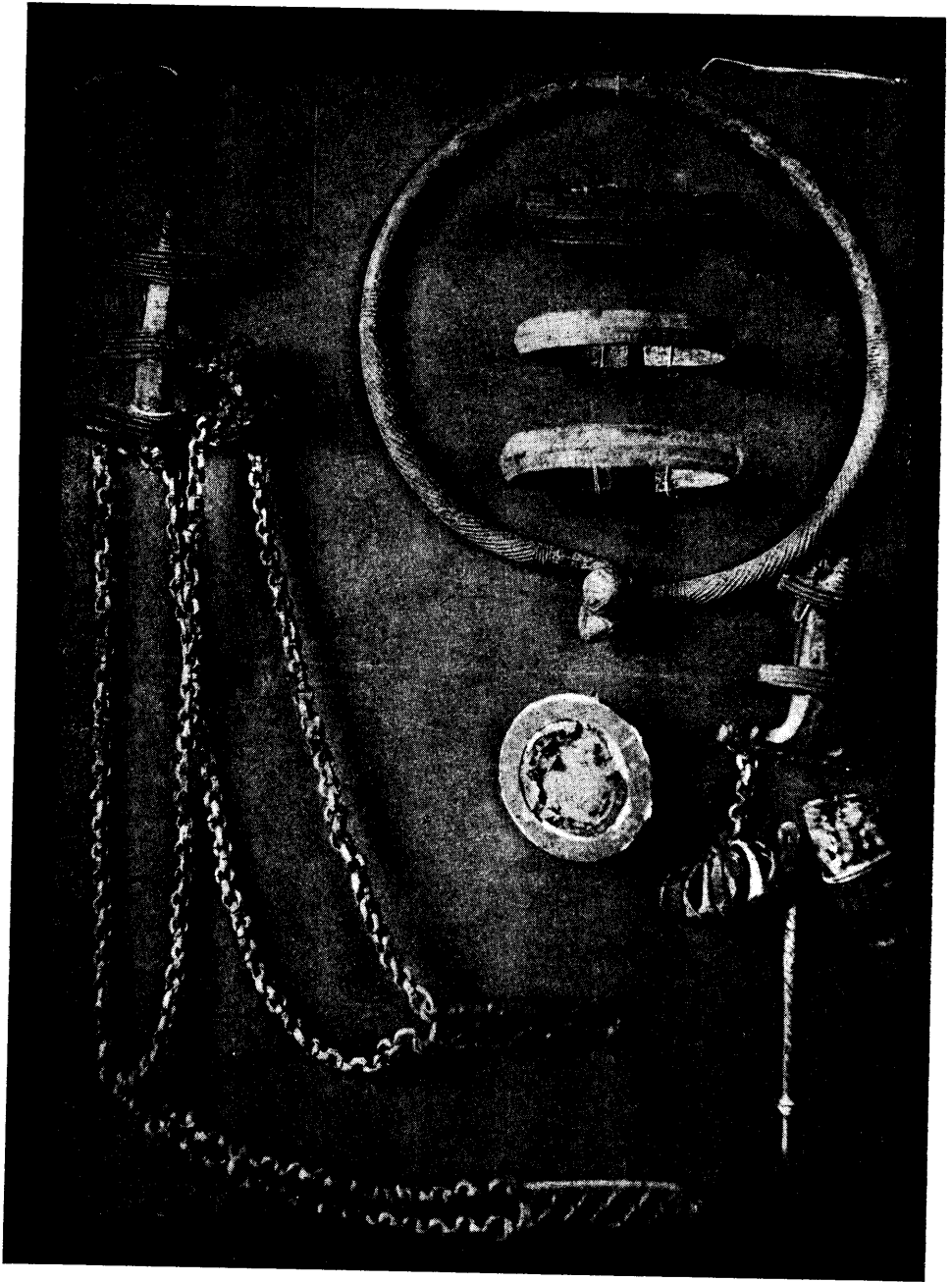


Abb. 13. Ausgrabungen in Naruišiai, Nordlitauen. Kownoer Stadtmuseum.
Unten rechts ein Pferde Zahn. In der Mitte eine silberne Scheibenfibel.

bungen in Naruišiai keine Knochen von Haustieren, mit Ausnahme eines einzelnen Molarzahnes eines Pferdes, zutage gefördert haben. Die Untersuchung dieses Zahnes (Taf. III, Abb. 28) ergab, dass er der Spezies der Pferde, die auch jetzt in Nordlitauen lebt, und zwar dem Pony der orientalischen Rasse-Steppenform angehört.

Es ist bis jetzt noch nicht gelungen festzustellen, welche kulturellen Zustände auf dem Territorium des jetzigen Litauens vor Chr. Geb. herrschten. Im benachbarten Ostpreussen war schon damals die Bronzezeit gut vertreten. Nach Tischler⁶⁰⁾ hat die Bronzezeit in Ostpreussen schon 1000 Jahre vor Chr. Geb. begonnen. Aber in das Baltikum ist sie mit grosser Verspätung eingezogen. Aus der Tatsache, dass die Bronzezeit im Baltikum nur sehr schwach vertreten ist, folgert Spizyn, dass das Neolithikum dort, wie auch in einigen Nordgebieten Russlands (Gouvernement Pskow, sogar Nowgorod), nicht nur bis zu Chr. Geb., sondern sogar bis zu Russlands historischen Zeiten, d. h. bis zum VIII. Jahrhundert, hinabgereicht hat.

Dank der Liebenswürdigkeit des Herrn Direktors des Kownoer städtischen Museums, Prof. Wolter, ist es mir erlaubt gewesen, die neolithischen Funde näher zu untersuchen. Sie sind ausschliesslich durch einzelne Steingeräte vertreten, besonders Steinäxte verschiedener Formen, Grad- und Hohlmeissel und andere, insgesamt etwa 300 Stück. Die Ablagerungsbedingungen konnten wissenschaftlich gar nicht untersucht werden, wodurch diese Sammlung bedeutend entwertet wird.

Bei der Untersuchung der Steingeräte habe ich mein Augenmerk in erster Linie auf deren petrographische Bestimmung, insofern eine solche auf Grund der Aussenansicht, ohne Anfertigung von Schliffen, möglich war, gerichtet. Es stellte sich heraus, dass die mineralogische Zusammensetzung sehr mannigfach und interessant ist. Es gelang mir Diorit, Nephrit, Phyllit, Halbopal, Feuerstein, Sandstein, Quarzit, sehr eisenreiche Gesteine, Porphy, Phenolit, Marmor, nephelinartige Gesteine, hornblendiges Amphibol, hornblendige Gesteine, Syenit, Glimmerschiefer, Gneis, Augit u. a. festzustellen. Viele der oben erwähnten Minerale werden aber nicht in Litauen vorgefunden, sie sind also wahrscheinlich aus anderen Ländern, von Osten oder Westen her, eingeführt worden.

Schon längst haben die Mineralogen ihre Aufmerksamkeit

auf ein so selten vorkommendes Mineral, wie der Nephrit, gerichtet. Lebedeff ⁶¹⁾ bemerkt, dass man früher allgemein der Auffassung war, dass der Nephrit in den prähistorischen Zeiten ausschliesslich aus Asien stammte. Aber später ist er auch im Riesengebirge, in der Nähe von Jordansmühl, in Schlesien und Steiermark gefunden worden. Jedenfalls zeugen die Funde von Steingeräten aus Mineralen, die im Baltikum nicht vorkommen,



Abb. 14.

Abb. 15.

Abb. 16.

Meissel und glatte Steingeräte aus der Bronzezeit Litauens.

davon, dass im Neolithikum schon Handelsbeziehungen zwischen dem Baltikum und entfernten Ländern bestanden, wobei aus dem Baltikum Bernstein nach Mitteleuropa ausgeführt wurde.

Was die äussere Form der litauischen Geräte anbetrifft, so haben sie, bei aller Mannigfaltigkeit, viel Gemeinsames mit denen aus Kurland, Livland und Estland, insbesondere von den Inseln Ösel ⁶²⁾ ⁶³⁾ und Moon. Abbildungen baltischer Steingeräte sind in der oben zitierten Arbeit von Ebert zu finden.

Bei der Feststellung der mineralogischen Zusammensetzung eines kleinen, eleganten, ziemlich symmetrischen Meissels aus Nephrit, Abb. 16, habe ich bei starker Vergrösserung Spuren

eines glänzenden Metalls auf seiner Oberfläche bemerkt. Die chemische Analyse ergab das Vorhandensein von Bronze. Auch an anderen Stellen desselben Meissels — z. B. da, wo seine Nummer verzeichnet ist — gelang es mir Spuren von Bronze festzustellen. Bei der Untersuchung der anderen Steingeräte habe ich noch einige Exemplare mit anhaftenden Bronzestreifen, so die Nr. 371 (Abb. 14) — Halbopal, Kreis Mariampol, Nr. 144 (Abb. 15) —

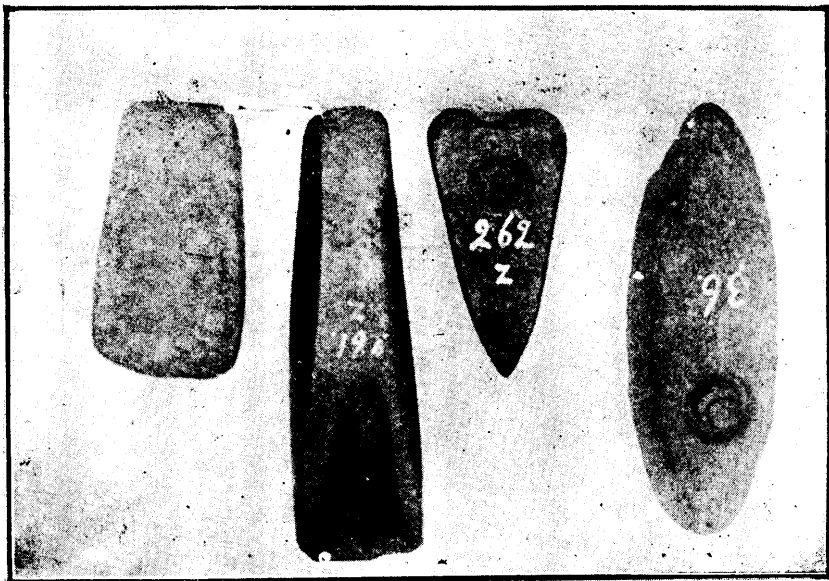


Abb. 17.

Abb. 18.

Abb. 19.

Abb. 20.

Meissel und glatte Steingeräte aus der Bronzezeit Litauens.

Feuerstein, Kreis Raseiniai, Nr. 261 (Abb. 18) — eisenhaltiger Diorit, Hohlmeissel, Gouvernement Kowno, — festgestellt.

Im archäologischen Kabinett der Universität Tartu-Dorpat habe ich schon bei flüchtiger Besichtigung auf dem Meissel Nr. 2588 (gef. in Estland, im Kirchspiel Tori, Dorf Veski, Abb. 21) Spuren von Bronze bemerkt. Aber diese Bronze war von einer röteren Farbe, d. h. von anderer Zusammensetzung, als die litauische Bronze, die heller ist. Dank der Liebenswürdigkeit von Frl. Mag. M. Schmiedehelm und Herrn Mag. E. Laid ist es mir gelungen, eine Abbildung dieses Meissels zu erhalten, und ich nehme gern die Gelegenheit wahr, meinen Dank dafür hiermit zum Ausdruck zu brin-

gen. Ich bin überzeugt, dass wenn man die Kollektionen von Meisseln in den Museen von Mitau, Reval (Tallinn) und auch in Lettland derselben genauen Untersuchung unterzöge, auch dort dieselben Bronzespuren entdeckt werden könnten, und dies um so mehr, als ja die Reste der Kultur des Neolithikums im ganzen Baltikum ziemlich identisch sind.



Abb. 21. Glatte Steinaxt und Meissel (rechts) mit Bronzespuren.
Archäologisches Kabinett d. Universität Tartu-Dorpat.

Abgesehen von der obenerwähnten Feststellung von Bronzespuren auf Steingeräten ist es sehr interessant, dass dieselben Spuren auch auf den eigentlichen Meisseln kleiner Dimensionen mit schmalen, scharfem Ende (Abb. 16, Nr. 352, Kaunas), sowie auch auf den mittelgrossen, mit breitem, abgerundetem scharfem Rande vorhanden sind (Abb. 14, Nr. 371 — Länge 75 mm, Breite 60 mm). Diese kleinen, sowie mittelgrossen Geräte sind aus

harten Mineralen, wie Feuerstein, Halbopal und ähnlichen, hergestellt und geschliffen. Aber es gibt auch einen Hohlmeissel mit Bronzestreifen, die sogar mit unbewaffnetem Auge zu sehen sind, und zwar nicht auf der scharfen Seite, sondern auf den ziemlich grossen, 145 mm langen Seitenflächen. Dieser Meissel ist übrigens aus einem weicheren dioritähnlichen Mineral mit grossem Eisengehalt hergestellt (Abb. 18).

Auf diesen Angaben basierend, ist es leicht, sich die technische Anwendung dieser Meissel vorzustellen. Die kleineren dienten zur Bearbeitung des Ornaments der Bronzegeräte und zur Schleifung, wozu nur Meissel aus harten Gesteinen verwendbar sein konnten. Die grösseren, besonders diejenigen mit einer Rinne im Vorderteil, fanden beim Polieren und Schleifen grösserer Gegenstände Verwendung. Die Verschiedenheit der Gesteine, die zur Herstellung der Meissel dienten, wird durch die Verschiedenheit des zu bearbeitenden Materials erklärt, da der Glanz vom Material abhängt. Zuerst fand die grobe Bearbeitung mit Meisseln aus grobkörnigem Gestein statt, nachher die Polierung mit Meisseln aus feinkristallinischem Gestein, und der endgültige Glanz wurde durch Bearbeitung mit Meisseln aus weichem Gestein erzielt. Überhaupt findet die verschiedenartige Form der Meissel ihre Erklärung in den Forderungen, die an die Polierung und Schleifung gestellt wurden.

In derselben Tiefe, etwa 75—100 cm in der Kulturbodenschicht, werden in Litauen einzelne Exemplare von sehr eleganten, symmetrisch gearbeiteten Äxten mit glatten Flächen gefunden.

Äxte genau derselben Ausführung sieht man im Rigaer Dommuseum und im archäologischen Kabinett zu Tartu-Dorpat (Abb. 21, Nr. 451 — links), aus einem Graben bei Erzen, Pymont, Deutschland.

An den Kownoer Äxten Nr. 36 und 262 (Abb. 19, 20) ist zu bemerken, dass die Bohrung mit Hilfe des späteren, des Hohlverfahrens, vorgenommen wurde.

Alle diese Beobachtungen geben Anlass zu der Folgerung, dass die Mehrzahl der aus prähistorischer Zeit stammenden glatten Steingeräte im ganzen Baltikum, von Ostpreussen bis Petersburg und vielleicht noch weiter bis Lappland, als Produkte ein und derselben Kultur betrachtet werden müssen. Zweifellos bestand in diesem Bezirk Mangel an Bronze, weshalb sie dort sehr hoch bewertet

wurde. Da sie in Schmuckstücke umgearbeitet wurde, sind Funde von Gebrauchsgegenständen so selten. Alle Bronzesachen, die später durch Eisenerzeugnisse ersetzt werden konnten, sind in Schmucksachen umgearbeitet worden und kommen bei den Ausgrabungen, wie z. B. in Naruišiai (Abb. 13), zusammen mit Eisengeräten in Massen ans Tageslicht.

Wenn man zur Steinzeit nur diejenigen Steingeräte, die von keinem Metall begleitet werden, rechnet, so muss man im Baltikum die Mehrzahl der Funde, die bis jetzt als spätneolithische galten, zur Bronzezeit hinzurechnen. Sie dauerte anscheinend bis Chr. Geb. an, war jedoch an Metall sehr arm; immerhin kann die Bronze leicht an den Meisseln verschiedener Form festgestellt werden, die hauptsächlich zu ihrer Bearbeitung dienten. Die Archäologen haben öfters die Frage nach dem Zeitraum dieser pseudo-neolithischen Funde und deren Beziehungen zu dem einen oder anderen Volksstamm aufgeworfen.

Nach Hausmann sind auch die Goten im Baltikum gewesen, aber von anderen Forschern wird dies stark bezweifelt. Die Annahme eines Auftretens von litauisch-lettischen Stämmen zu Beginn unserer Zeitrechnung hat sich infolge der Untersuchungen von Buga⁶⁴), der nachgewiesen hat, dass die baltischen, oder aistischen Stämme erst im V. Jahrhundert von Südwesten (Mohilew, Minsk, Smolensk) nach den Ufern der Ostsee vorge-rückt sind, als irrig erwiesen. Die Archäologen, auf anderen Daten fussend, glauben, dass bis zum V. Jahrhundert das ganze Gebiet vom Niemen bis weit nach dem Osten hin von finnischen Stämmen, die auf einer niedrigen Kulturstufe standen, bevölkert war. Dabei beruft man sich gewöhnlich auf Tacitus.

Nach Mortensen⁶⁵) und anderen lebten östlich von der Grenze Preussens einige Stämme, wie die Carsovier, Schaulauer, Sudauer, Kuren, Selen, Semgallen u. a., die zum Teil später verschwunden und unerforscht geblieben sind. Es ist daher auch nicht ausgeschlossen, dass der Fund in Naruišiai auf einen dieser Stämme zurückgeht. Aber wenn man annimmt, dass auf einem bestimmten Gebiete Stämme mit einer ziemlich hohen Kultur lebten, so ist nicht einzusehen, wie dann bei analogen Siedelungsbedingungen benachbarte Jagdvölker sich in kultureller Hinsicht voneinander stark unterscheiden konnten. Das Fehlen des Pferdes ist dadurch leicht zu erklären, dass es im Jagdleben gar

nicht notwendig war. Die Jägerstämme brauchten Stille, um das Wild nicht zu verscheuchen. Die noch jetzt in Nordostsibirien lebenden Jäger — Wanderstämme, z. B. die Aratschonen — haben keine Pferde, und viele von ihnen besitzen auch keine Renntiere. Wie ich beobachtet habe, besitzen sie Feuerwaffen und legen grosse Strecken, bis 1000 Kilometer, in weglosen Wäldern ziemlich schnell zu Fuss zurück. Sie haben an verschiedenen Punkten ihres Jagdgebiets spezielle Depots, wo sie Tierfelle und Lebensmittel aufbewahren. Das wichtigste und nützlichste Tier ist unter diesen Lebensbedingungen der Hund, dessen Reste auch überall im Baltikum zu finden sind.

Die oben erwähnten Stämme des Baltikums müssen miteinander in Verkehr gestanden haben, und schon deshalb ist es sehr schwer, sie in mehr oder minder kulturelle einzuteilen. Im Vergleich zu Ostsibirien ist das Territorium des Baltikums nur sehr klein, und man kann unmöglich annehmen, dass auf diesem relativ kleinen Gebiete voneinander getrennte, auf verschiedener Kulturstufe stehende Stämme existieren konnten. Eher ist anzunehmen, dass nicht nur das Pferd, sondern auch das Metall ihnen allen gut bekannt war. Die eigene Industrie war jedoch sehr schwach, die Bevölkerung arm, und besass ausser Fellen, Bernstein und einigen anderen Produkten nichts zum Austausch. Und doch beweist der Fund von Münzen römischer Kolonien das Vorhandensein von Handelsbeziehungen. Was die glatten Steinerzeugnisse, die bis jetzt dem Neolithikum zugewiesen wurden, anbetrifft, so bedarf die Feststellung ihres richtigen Alters noch einer eingehenden Revision. Jedenfalls gehörte wohl die Mehrzahl der glatten geschliffenen Geräte den finnischen Stämmen an und muss zur Bronzezeit gerechnet werden. Aber da die Bedingungen der Ablagerung der Funde, die grösstenteils nur Zufallsfunde gewesen sind, zumeist ganz ununtersucht geblieben sind, so kann man den Beginn der Bronzezeit im Baltikum noch nicht feststellen. Vergleicht man die Tiefe der Ablagerung mit derjenigen anderer, besser untersuchter Funde, so kann man vermuten, dass die Bronzezeit im Baltikum erst zu Beginn der christlichen Ära zu Ende war und auch mit etwa derselben Verspätung begonnen haben mag. Aber der Mangel an Metall ist im Baltikum immer fühlbar gewesen, weswegen noch in der Eisenzeit die Bronzegeräte, die durch Eisenerzeugnisse ersetzt werden konnten, zu Schmucksachen umgearbeitet worden sind.

Zur Frage der Abstammung einiger osteuropäischer Pferde vom wilden Waldpferd.

Schon in der klassischen und dann später in der mittelalterlichen Literatur finden wir Angaben über das in Zentral- und Südosteuropa vorkommende wilde Waldpferd. Schon Herodot berichtet von einem Wildpferd, das am Schwarzen Meer und im Becken des Dniepr lebte, mit einem Worte, im Lande der Skythen. Diese Pferde werden von Herodot als flachnasig, kleinwüchsig, mit langer Behaarung charakterisiert. Sie waren für einen Reiter zu schwach, aber an zweirädrige Wagen gespannt konnten sie ein schnelles Tempo entwickeln. Aus den Angaben scheint hervorzugehen, dass es sich nicht um wilde, sondern eher um verwilderte Pferde handelte.

Plinius dagegen und Tacitus sowie Caesar beschreiben Wildpferde, die in den Wäldern von Mittel- und Nordeuropa gewohnt haben. Auch diese Autoren bemerken, dass diese kleinwüchsigen Pferde einen so schwachen Rücken hatten, dass sie zum Reiten nicht brauchbar waren.

Bekannt ist ein Sendschreiben des Papstes Gregor III. an den Heidenbekehrer Bonifacius aus dem Jahre 732, in dem das wilde Waldpferd erwähnt wird. Aus diesem Schreiben, wie auch aus anderen Klosterdokumenten, geht hervor, dass es in jener Zeit den Mönchen empfohlen wurde, Pferdefleisch zu essen.

Strabo erwähnt das wilde Pferd in den Alpen. In der Reisebeschreibung des Freiherrn von Herberstein aus dem Jahre 1557, das vor kurzem (1926) in Deutschland neu herausgegeben worden ist, „Moscovia“ (übersetzt von W. v. d. Steinen⁶⁶), wird das wilde Waldpferd im Walde von Belowesh und in Litauen erwähnt und recht genau beschrieben (p. 193): „Sie sind ziemlich alle falb mit schwarzen Strichen den Rücken lang“. Es ist dies die Färbung, die noch heute bei den litauischen Hauspferden beobachtet wird. Weiter: „Wilde Pferde findet man

auch, die nimmer zur Arbeit erzogen werden können. Der gemeine Mann isst sie“.

Czapski entnehme ich, dass Baron Brinken in seiner Beschreibung des Forstes von Belowesh (1824) folgende Episode erzählt. Die letzten Exemplare des wilden Waldpferdes seien in den Tierpark des Grafen Zamojski gelangt und wurden in den Jahren 1850 bis 1860 wegen ihrer Unbrauchbarkeit unter die Bauern verteilt! Im Westen von Belowesh, nämlich in Troki, in Litauen, befanden sich im Tierpark des Grossfürsten Witold Wildpferde. Diese Angaben entnehme ich der Reisebeschreibung von Lanny, abgedruckt in den „Scriptores rerum Prussicarum“ (1860)⁶⁷⁾.

Für Polen gibt der Chronist Matthias a Michovia (1521) an, dass dort damals noch das wilde Waldpferd, *Equus silvaticus*, lebte. Die Farbe sei hell- bis dunkelgelb gewesen.

Im Jahre 1593 erwähnt Helisaeus Rösslin das wilde Pferd im Elsass.

Im sechzehnten Jahrhundert beschreibt Erasmus Stella⁶⁸⁾ das nordeuropäische Wildpferd folgendermassen: „sunt in ea regione greges ferorum equorum, quos Graecia non vidit, nec Romanus, qua propter alio vocabulo nominari non possunt. Hi cicuribus equis omnino similes exstant, praeterquam quod dorso molliori sunt, ob id nec usui apti. Dicuntque ipsos nequaquam mansuescere posse“. Bezeichnend ist die Angabe über den schwachen Rücken, was sie unbrauchbar machte, und über die Unmöglichkeit sie zu zähmen — nequaquam mansuescere posse.

Dahlmann erwähnt in seiner Geschichte Dänemarks das Wildpferd im XIII. Jahrhundert. Es weidete auf den benachbarten Inseln.

Nach Varro: „equi feri in Hispaniae citerioris regionibus aliquot“ — lebten die Pferde gleichfalls in Spanien.

Aus allen diesen Angaben geht hervor, dass das Wildpferd eine sehr weite Verbreitung gehabt hat. Wir finden es bis zum Mittelalter in den südrussischen Steppen, in Weissrussland, in Polen, Litauen, in den Karpaten, in den Alpen, in ganz Deutschland, in Dänemark, im Elsass und sogar in Spanien. In Osteuropa lebte es noch weit bis in die Neuzeit hinein.

Die Wildform, die in den südrussischen Steppen lebte und die allgemein unter dem Namen Tarpan bekannt ist, ist wissenschaftlich so genau erforscht worden, dass an ihrer Verwandt-

schaft mit dem Steppenpferde keine Zweifel mehr bestehen können. Im Gegensatz hierzu ist die wilde Waldform des Pferdes, die in den Wäldern Europas lebte, wissenschaftlich noch vollkommen unerforscht, trotzdem gerade mit dieser Form die altpreussischen, masurischen, litauischen und polnischen Pferde in Beziehung gebracht werden.

In der vor kurzem erschienenen Arbeit Rüngers werden einige neue Daten mitgeteilt, die aus den Archiven des deutschen Ordens in Ostpreussen stammen: „Wir können also die im Mittelalter in Preussen noch vorkommenden Wildpferde als kleine, feinknochige Tiere mit schwacher Bemuskulung und weichem Rücken beschreiben, ihre Farbe war fahl und ging bis in ein helles Grau über. Ein Aalstrich war vorhanden. Man könnte die Pferde als primitive Warmblüter ansprechen, von denen die kleinen litauischen Klepper viel Anteile führen. Jedenfalls müssen sie schwächer als *Equus Przewalskii* gewesen sein, mit diesem haben sie nach obiger Beschreibung nur die Haarfarbe gemeinsam. Sie können auch nicht mit den Wildpferden der südrussischen Steppe verglichen werden, von denen a. 1888 im taurischen Gouvernement das letzte erlegt worden ist, und welche in einigen Exemplaren noch um 1890 im Kaukasus vorhanden gewesen sein sollen“.

Es ist schwer, sich mit der Schlussfolgerung Rüngers zu befreunden, dass die lokalen litauischen und polnischen Pferde von dem osteuropäischen wilden „Waldpferde“ unmittelbar abstammen; um so mehr, als es sicher ist, dass die Litauer erst kurz nach Christi Geburt mit der Waldzone in Berührung gekommen sind und nach Nordwestlitauen (nach Mortensen) erst nach 1400 eingewandert sein sollen. Vor Christi Geburt und bis zum V. Jahrh. aber lebten sie in unmittelbarer Nähe der südrussischen Steppe, wo der Tarpan zu Hause war.

Wenn man sich in das Studium aller dieser historischen Quellen vertieft, so tritt ein grosser Widerspruch hervor, der uns zwingt anzunehmen, dass die Zeitgenossen sicher in vielen Fällen kaum echte wilde Waldpferde zu Gesicht bekommen haben.

Stella, Rösslin, Rünger, Czapski u. a. behaupten, dass das wilde Pferd nur mit grösster Mühe, wenn überhaupt, gezähmt werden konnte. Andererseits wurde nach Herodot das südrussische wilde Steppenpferd zum Fahren benutzt; nach Ruger taugten die polnischen gezähmten Pferde nur wenig

zu schwerer Arbeit: sie wurden sehr bald müde und schwitzten schnell. Ergo, zu leichter Arbeit waren sie brauchbar. Aus der Arbeit über Pommern von Konzow geht hervor, dass in der Freimündner Heide die wilden Pferde mit Aalstrich auf dem Rücken in grösseren Rudeln auf der Heide weideten; sie seien, trotzdem sie nur von geringem Wuchs waren, doch äusserst stark und zähe gewesen. Demnach brächte das Zähmen dieser Tiere dem Menschen einen grossen Nutzen. Nach den Angaben von Rün ger wurde in der Ordenszeit in Ostpreussen das wilde Pferd mit Schlingen gefangen, vor den Pflug gespannt und bis zur vollkommenen Erschöpfung getrieben, bis es gelang es zu zähmen. Nach den einen war also das Pferd überhaupt nicht zähmbar, nach den anderen aber wohl. Der Widerspruch springt in die Augen. Ein grosses Interesse bietet die Bemerkung Kraemers zu den Worten von Hehn⁶⁹⁾ über die Zeit des Venantius Fortunatus, dass in den Ardennen und in den Vogesen die Wildpferde leicht zu zähmen waren: „Das fühlt auch offenbar Hehn selbst, wenn er an anderer Stelle hinzufügt, dass die Form der Angaben in den Quellen mehr auf verwilderte als auf ursprünglich wilde Pferde hindeute. Aber selbst um verwilderte handelt es sich hier kaum, sondern nur um die Pferde der genannten wilden Gestüte. In der Beleuchtung dieser Fragen muss die Naturwissenschaft strenger und kritischer sein als die Philologie, der es meist nur um ein allgemeineres Kulturbild zu tun ist“.

Andererseits geben die polnischen Chronisten an, dass das wilde Pferd in die Breite gewachsene Hufe hatte, so dass es beim Laufen durch sie behindert wurde. Diese Merkmale treffen für wilde Formen nie zu, am wenigsten aber für die orientalischen Pferde, die besonders kleine Hufe haben. Scheinbar waren auch diese Pferde keine echten Wildpferde, sondern irgendwelche degenerierte Pferde oder Mischformen zwischen den verwilderten und domestizierten Bastarden. Endlich bemerkt Rün ger: „In frühgeschichtlicher Zeit muss dieses Wildpferd in den östlichen Ländern sehr verbreitet gewesen sein. Ein Grund zur Haltung des Pferdes bei indogermanischen Urvölkern soll die Gewinnung der Stutenmilch gewesen sein, die im gegohrenen Zustande als berauschendes Getränk (Kumys) genossen wurde“. Weiter: „Die alten Pruzen nannten ihre Hauspferde — „Schweiken“ d. h. die Gesunden, Kräftigen“. Der Eigenname „Schwei-

ken“ fällt zusammen mit dem litauischen Worte *sveikas* und dem lettischen *sveiks*, was wohl auf eine spätere Benennung des Pferdes hindeutet. Ausserdem hiess im mittelalterlichen Preussen nach Rünger die Stute *kobel*, *kobil*, *kowel*, *kowbil* u. a. Slavisch gibt es dafür das Wort *kobyła*; auch *caballus* scheint dieselbe Wurzel zu haben.

Solche Ausdrücke wie *kobel* scheinen dafür zu sprechen, dass in relativ später Zeit nach Ostpreussen eine Bezeichnung für „Pferd“ von irgendwelchen nordosteuropäisch-asiatischen Völkern nichtindogermanischer Zunge eingedrungen ist (Trautmann⁷⁰), Leskien⁷¹), Junker⁷²), die an Stelle des alten indogermanischen Wortes für „Pferd“ (in der indogerm. Grundsprache **ekwos*) getreten ist. Jedenfalls gibt die vergleichende Sprachwissenschaft keine genügenden Anhaltspunkte zur Beurteilung der Region und der Zeit der Domestizierung des Wildpferdes.

Aus allem Gesagten geht auf jeden Fall hervor, dass zu allen Zeiten das wilde mit dem verwilderten Pferde verwechselt worden ist. Auch heute noch finden wir in der deutschen Literatur häufig ein Durcheinanderwerfen dieser beiden Begriffe. Ich schlage daher vor, streng zwischen dem wilden, dem verwilderten und dem Tabunpferde (oder dem Herdenpferde) zu unterscheiden.

1) Das Wildpferd. Als solches darf nur das Pferd bezeichnet werden, auf das noch nie der Einfluss des Menschen gewirkt hat. Es muss daher Merkmale haben, die beim domestizierten Pferde nicht vorhanden sein dürfen. Es muss sich um eine konstante Form handeln, die sich in der Natur nur sehr schwer verändern kann. Es ist möglich, dass die wilde Form in Europa bis zum Mittelalter wirklich existiert und dem *Equus Przewalskii* sehr nahe gestanden hat. Wissenschaftlich ist diese Form fast gar nicht untersucht worden.

2) Das verwilderte Pferd. Es stammt vom domestizierten Pferd ab, ist aber teilweise zum Habitus der ältesten wildlebenden Ahnen zurückgekehrt. Am häufigsten nimmt es eine Mittelstellung zwischen dem Hauspferde und dem wilden Pferde ein. Als bestes Beispiel kann für diese Form das von Darwin⁷³) beschriebene verwilderte Pferd Amerikas gelten. Der südrussische Tarpan, der von Gmelin und Tscherski beschrieben worden ist, gehört gleichfalls hierher. Dann gehören hierher einige von Hagenbeck nach Europa gebrachte mongolische wilde Przewalskipferde mit weissen Flecken. Sie stammten 300 Ki-

lometer S-W von Kobdo, d. h. aus der nordwestlichen Mongolei.

3) Das Tabunpferd. Es hat keine Merkmale der ältesten Ahnen. Nur nach längerem Verweilen in der Steppe in einer gewissen Entfernung vom Menschen verwildert es. Eingefangen kann es gezähmt werden, was allerdings nicht immer leicht ist. Hierher gehört das rezente Kirgisenpferd, das mongolische Pferd, das südrussische Steppenpferd des Mittelalters u. a. m.

Alle diese Formen können äusserlich sehr ähnlich sein (falbe Färbung und Aalstrich), so dass sie nach ihrem Äusseren meist nicht zu unterscheiden sind. Es kann kaum einen Zweifel geben, dass ein grosser Teil aller beschriebenen Wildpferde Europas äusserlich ebensogut zu den verwilderten oder gar zu den Tabunpferden gerechnet werden kann. In Polen sind, meiner Ansicht nach, hauptsächlich verwilderte Pferde vorhanden gewesen. In Ostpreussen hat, meiner Ansicht nach, gegenüber Rünger, das Tabunpferd existiert. Aus der Geschichte ist bekannt, dass die Tataren nach der Eroberung Russlands auch nach Litauen gekommen sind. Mit ihnen werden wohl auch das Pferd und die an das Pferd sich knüpfenden Sitten eingedrungen sein und sich in Ostpreussen verbreitet haben. Hierfür sprechen die Pferderennen, der Kumys. Eine ganz besonders grosse Menge von Tabunpferden ist aber von Südrussland über Polen nach dem Westen gelangt, wo diese Pferde unter dem Namen Wildpferde bekannt waren. Die Herkunft der verwilderten Pferde in Europa lässt sich leicht durch die Völkerwanderung, bei der sicherlich ganze Menschenstämme vernichtet worden sind, erklären. Die Frage in betreff der Herkunft des wilden Waldpferdes ist natürlich viel komplizierter. Wenn es wirklich zur Römerzeit in Mitteleuropa vorhanden gewesen ist, so muss es unbedingt an das von Nehring beschriebene glaziale Pferd erinnert haben. Über dieses Pferd existiert eine Menge Theorien — von Nehring, Hilzheimer, Ewart u. a. Besonders Ewart hat an dieser Frage gearbeitet; von ihm stammt auch der Name Waldpferd her. Da man den Ursprung des litauischen und polnischen Pferdes mit dem Waldpferde in Verbindung bringt, so will ich bei dieser Frage verweilen.

Ewart's „forest type“ ist von ihm mit dem nordeuropäischen Pony mit Beteiligung des *Equus gracilis celticus* in Verbindung gebracht worden. Letzterer sei mit dem fossilen Pferde aus Tribsee (Eq. cab. Nehringi Duerst) identisch, wobei Ewart die

anatomischen und kraniologischen Masse der Waldform zu verwerten versuchte. Das wesentlichste ist die Zahl der Lumbalwirbel. Nach Ewart hat das Waldpferd solcher sechs, das Steppenpferd aber nur fünf. Tatsächlich hatte der *Equus Przewalskii* fünf, das litauische Pferd aber hat nach meinen Untersuchungen immer sechs. Ergo musste nach diesem Merkmal das litauische Pferd zu den Waldformen gehören. Das estnische Pferd hat gleichfalls, nach meinen Untersuchungen, sechs Lumbalwirbel. Dasselbe gilt für das polnische Pferd nach Vetulani. Also müsste nach Ewart auch dieses zur Waldform gehören.

Aus Mangel an Steppenmaterial war man nicht in der Lage, die Zahlenangaben Ewart's zu kontrollieren. Erst als Hagenbeck aus der Mongolei eine Abart des *Eq. Przewalskii* nach Europa brachte und einige Skelette in die Museen Englands und Deutschlands kamen, stellte es sich heraus, dass dieses Pferd 6 statt 5 Lumbalwirbel hatte. In diesem Zusammenhang sagt Schwarz: „Die angegebene Zahl von fünf Lumbalwirbeln ist falsch, die normale Zahl ist hier sechs. Bei Ewart's Angaben muss ein atypisches Skelett zugrunde liegen, oder sie sind auf das unvollständige, von Salensky untersuchte Exemplar begründet“.

Damit kommt dieses Merkmal für die Charakterisierung des Waldpferdes nicht mehr in Frage.

Ein anderes Merkmal Ewart's ist die Verlängerung der Basaltangente oder die Basikranialachse des Pferdeschädels, die beim Waldpferde (Abb. 23) ungefähr den vorderen, ja sogar den vordersten Teil der Nasenspitze schneidet, oder auch ganz ausserhalb der Nasenspitze, unter derselben ausläuft. Beim Steppenpferde schneidet sie die Basis der Nasenspitze oder den mittleren Abschnitt der Nase (Abb. 24).

Bei den diluvialen Schädeln ist dieses Merkmal äusserst variabel. Bei einigen Lösspferden, die sicher Steppenformen sind, fällt die Lage der Basaltangente zuweilen mit derjenigen bei dem Waldpferde zusammen. Beim litauischen Pferde sind die verschiedensten Lagen zu beobachten. Zuweilen schneidet die Basaltangente die Nasenspitze, zuweilen verläuft sie vor ihr, und häufig schneidet sie die Mitte der Fortsätze der ossa nasalia. Da ich befürchtete, dass mein litauisches und estnisches Pferdmaterial vielleicht zu gering sei, um darüber kategorisch zu urteilen, so wurde Professor Dr. Antonius angefragt, der liebenswürdigerweise mitteilte: „Was zunächst die Basal-

tangente anbelangt, so ist nach meinen Erfahrungen die individuelle Variation auf diesem Gebiete viel grösser als angenommen wird. Meiner Meinung nach ist diese Theorie unhaltbar“.

Demnach kann auch dieses Merkmal als unwesentlich an-

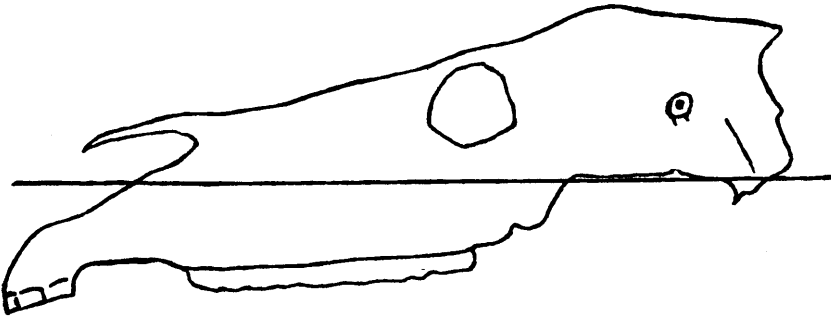


Abb. 23. Waldtypus.

gesehen werden. Die anderen Merkmale, wie das Verhältnis zwischen der Scheitellänge und der Stirnbreite und die verschiedenen Indizes, sind so variabel, dass sie keinen Anhalt dafür geben,

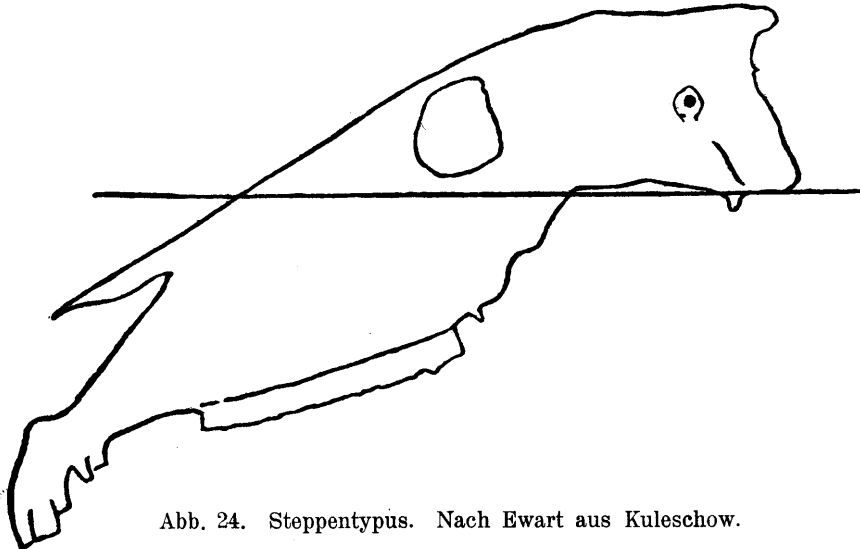


Abb. 24. Steppentypus. Nach Ewart aus Kuleschow.

die ponyartigen Waldpferde als besondere Art zu unterscheiden. Sogar die Wildfarbe (falb) der Waldpferde wird bei den mongolischen Pferden angetroffen. Das wichtigste Merkmal des Wald-

pferdes ist die komplizierte Schmelzfältelung als Folge der Wirkung der Waldumwelt; gerade dieses Merkmal fehlte dem kleinen Waldpferd. Vetulani ist bei der Feststellung der Herkunft des polnischen Waldpferdes dieser Widerspruch in die Augen gefallen, und er musste daher bekennen, dass das polnische Pferd in die Gruppe des Steppentarpans hineingehört. Die zwei Schädel mit komplizierterem Zahnbau, die Vetulani anführt, gehören meines Erachtens Bastardformen mit okzidentalischem Blute an. Diese Widersprüche haben wohl Vetulani veranlasst, als Vorfahren des polnischen Landpferdes mehrere Arten, wie Equus Przewalskii und zwei Tarpantypen, anzunehmen: „Der nahe Zusammenhang des Koniks (polnisches Landpferd. Kw.-Ss.) sowohl mit dem Steppentarpan (Equus Gmelini Ant.), wie auch mit dem Walddarpan (Equus Gmelini Ant. subspecies silvatica), weist darauf hin, dass beide Tarpanformen zur Abstammung unseres primitiven Landpferdes beigetragen haben“.

Die Tatsache, dass das polnische Pferd in der Nachbarschaft des wilden Waldpferdes lebte (die „Wildpferde“ des Grafen Zamojski aus Bilgoraj), veranlasste Vetulani, einen starken Einfluss der Waldform auf das polnische Pferd anzunehmen; doch unterscheiden sich das estnische und vielleicht auch das finnische und nordrussische Pferd in kranilogischer Hinsicht kaum von dem polnischen Pferde. Im Norden hat aber das wilde „Waldpferd“ nicht gelebt. Auch die Methode Vetulani's ist anfechtbar. Er vergleicht nur ein Skelett des polnischen Pferdes mit vereinzelt Funden aus Westeuropa und mit den Skeletten einiger rezenter Ponys. Ganz unberücksichtigt bleiben bei einem derartigen Verfahren die individuellen Abweichungen, mit denen in jedem Falle zu rechnen ist. Beispiele solcher Fehler habe ich oben im Zusammenhang mit den Extremitäten angeführt. Die neuen Beiträge Vetulani's zur Abstammung des osteuropäischen Pferdes lassen sich in folgendem Zitat zusammenfassen: „Meine Folgerungen bestätigen vollkommen die Anschauungen von Antonius und Adametz über die Rolle des Steppentarpans (Equus Gmelini Antonius) als Urform von mehreren mit dem Gesamtnamen „orientalisches Pferd“ bezeichneten Rassen; wir sehen aber, dass bei Berücksichtigung einer besonderen Subspezies des Walddarpans — Equus Gmelini Ant. subspecies silvatica, die ganze Gruppe des kleinen europäischen Pferdes, welches bis jetzt von den Forschern verschieden, meist aber in

wenig befriedigender Weise als „Waldpony“ bezeichnet wurde, zu dem erweiterten Tarpantypus gestellt werden kann. Dies gilt sowohl für die nordwesteuropäischen „Waldpony's“ (forest-horses) Ewart's, für die kleinen, mitteleuropäischen nach Dürst⁷⁴⁾ zu dem Typus *Equus cab. Nehringi* gehörenden Pferde, für die nordeuropäischen Bergpferde (*Equus europaeus*) Stegmann's, wie auch für die ostpreussischen „Schweiken“ und die Landpferde Litauens, über die erschienene interessante Studien von Rünger, Kvašnin'a-Samarin'a und Mozkus berichten“.

Diese Ansicht fasst, wie es scheint, alle Strömungen in der Behandlung dieser Frage zusammen. M. E. haben wir vom Standpunkte der Paläontologie nicht das Recht, nur deshalb, weil die europäische Art des Tarpan eine Zeitlang die Waldzone bewohnte (4—5 Tausend Jahre), eine besondere Form, *subspecies silvatica*, zu postulieren. Geographisch liesse sich der Name vielleicht rechtfertigen. Morphologisch lässt sich zwischen dem Steppentarpan und dem kleinen Waldpferde kein Unterschied feststellen. Der Instinkt des Steppenpferdes sich bei windigem Wetter gegen die Richtung des Windes zu stellen und derjenige des Waldpferdes dies in der Richtung des Windes zu tun kann kaum als systematisches Merkmal angesprochen werden. Wir sind daher gezwungen uns der Ansicht von Antonius anzuschliessen, dass das Pferd ein typisches Steppentier ist, das den Wald nur unter besonders ungünstigen in der Steppe herrschenden Verhältnissen, z. B. Wasser- und Futtermangel oder später Verdrängung durch den Menschen, zum Wohnort erwählt.

In Europa ist in der Quartärzeit mit Sicherheit nur ein Pferdetypus — der okzidentalische, von grösserem Wuchse, grösserem Skelett, grösserem Gebiss und mit sehr kompliziertem Bau des Schmelzes — festgestellt worden. Sein Vorfahre, der *Eq. robustus*, lebte wahrscheinlich schon am Ende der Tertiärzeit in subtropischen Wäldern. Das Waldklima brachte in ähnlicher Weise, wie wir es beim Waldhipparion kennen, die oben genannten Merkmale, ganz besonders die komplizierte Schmelzfältelung, hervor. Das kleine Waldpferd dagegen, das vom Neolithikum an in Europa lebte, fügt sich leicht in den Rahmen des Tarpantypus. Auch hier sind einige Korrekturen notwendig. Doch darüber weiter unten.

Zur Frage der Herkunft des osteuropäischen Pferdes vom Tarpan oder vom Equus Przewalskii.

Die älteren Forscher, so z. B. Rütimeyer, erwähnen in ihren Arbeiten den Tarpan überhaupt nicht. Nur Nehring zitiert in seiner Arbeit über das fossile Pferd⁶⁾ einen Brief des Prof. Anutschin und misst der Tarpanfrage anscheinend keine besondere Bedeutung bei: „doch ist es mit der Tarpanfrage ein eigentümliches Ding“.

Die russischen Gelehrten verhalten und verhielten sich zu der Frage, ob der Tarpan wirklich ein Wildpferd sei, entweder ablehnend oder aber sehr skeptisch. Bogdanoff⁷⁵⁾ bemerkt: „Das südrussische Wildpferd — „Tarpan“ — war eher ein verwildertes Pferd (ganz besonders die Tarpane, die in der zweiten Hälfte des XIX-ten Jahrhunderts gefangen worden sind). Zuweilen gab es sogar ganz bestimmte Angaben hierüber: so erwähnt G. Junker, der in den Jahren 1736—37 die Wildpferde der Steppen am Asowschen Meer beschrieben hat, dass sie, wie man sagt, von der Reiterei herkommen, die an der Belagerung Asows im Jahre 1697 teilnahm. In einigen schwer zugänglichen Gegenden Amerikas und Australiens ist das verwilderte Rind und das verwilderte Pferd nach Nathusius zu einer Plage geworden“. (Schon Darwin⁷³⁾ hat hierauf die Aufmerksamkeit der Forscher gelenkt. Verf.)

Ridgwey erwähnt eine Bemerkung von Hamilton Smith (1884), dass der Tarpan kein wirkliches Wildpferd, wie es sich Gmelin vorgestellt habe, sei, sondern eine Mischform zwischen einem wilden und einem verwilderten Pferde.

Die englische Schule — Ewart und seine Anhänger — halten nur den Equus Pr. für ein wirkliches Wildpferd, den Tarpan aber für ein verwildertes. Die amerikanische Schule fusst auf den quartären Funden und lässt den Tarpan als Zwischenglied in der Pferdereihe nicht gelten.

Dafür ist die Bedeutung des Tarpans in Europa von An-

tonius hervorgehoben worden: „Die wilde Stammform dieser Gruppe von Hauspferden, zu denen auch die kleinasiatischen, persischen und später die arabischen gehören, ist *Equus Gmelini* Antonius, der Tarpan, der noch vor einem halben Jahrhunderte in Südrussland wild vorkam“.

Für das Domestizierungszentrum hält Antonius das westliche Asien und die südrussische Steppe, von wo aus dieses Pferd sich nach Norden und Westen verbreitet habe. Antonius sagt: „Auch sonst ist es beachtenswert, dass die Kaspier, da ihre ursprünglichen Sitze bis zum Südwestufer des Kaspisees reichten, mit den arischen Reitervölkern jener nördlich von ihrem Wohngebiete sich ausdehnenden ungeheuren europäisch-asiatischen Steppengebiete in Berührung gekommen sein müssen und so die Pferdezüchtung, wenn schon vielleicht nicht unmittelbar übernommen, so doch genauer kennen gelernt haben werden. Im Besitze solcher Kenntnis mochte es ihnen dann leicht fallen, das Wildpferd ihres Wohngebietes — und das könnte nur der Tarpan sein — selbständig zu zähmen“. Trotzdem gibt Antonius für das orientalische Pferd zwei Domestizierungszentren an: das eine im Gebiet der mongolischen Menschenrasse (die Wildform: *Equus Prz.*), und das andere im Gebiet der Indogermanen (die Wildform: der sogenannte Tarpan).

Zur Frage der Herkunft des Tarpans hat Ridgway ein sehr grosses Material gesammelt und ist zu der Überzeugung gekommen, dass es in Südrussland mehrere Arten verwilderter Pferde vom Tarpantypus gegeben habe. Eine dieser Formen habe dem domestizierten Steppenpferde sehr nahe gestanden, wobei die Leithengste der Tabune die Stuten des Hauspferdes duldeten. Doch habe es umgekehrt auch Herden gegeben, deren Hengste die Hausstuten in ihre Herden nicht hineinliessen. Nach Angaben eines Alteingesessenen sind alle die von Gmelin gesehenen und beschriebenen Tarpanarten sowie alle die, die den späteren Forschern unter die Augen gekommen sind, nur verwilderte Pferde. Es gab aber auch relativ seltene Herden sehr wilder Pferde, die an abgelegenen Orten lebten und sich durch grosse Scheuheit auszeichneten. Diese Pferde sind überhaupt nicht untersucht worden. Ridgway schliesst hieraus, dass nicht nur der osteuropäische, sondern auch der westasiatische Tarpan keine Wildform ist, sondern dass er ein Kreuzungsprodukt zwischen einer Wildform und einer verwilder-

ten oder gar domestizierten Form darstellt. Verwildert haben sie mindestens 200 Jahre gelebt.

Seinen Merkmalen nach steht der Tarpan dem Hauspferde näher als der *Equus Przewalskii*. Die mausgraue Färbung des Moskauer und der anderen Tarpane ist durchaus nicht für eine Wildform charakteristisch, sondern für eine Mischform mit Blut von verwilderten domestizierten Formen. Deshalb lehnt Ridgway die Schlüsse Salenski's sowie Tscherski's ab: der Tarpan sei keine Wildform. Die Kirgisen und die Kosaken behaupten, dass nur in der Mongolei das wirkliche Wildpferd vom Typus des *Equus Przewalskii* vorhanden sei.

Im Gegensatz zum Przewalskipferd hat der Tarpan einen konkaven, verkürzten Fazialteil. Den Wildpferden ist dagegen ein schwererer Kopf mit einem geraden oder sogar leicht rammsartigen Gesichtsteil eigen. Eine Konkavität im Fazialteil ist bei den kleinwüchsigen Schlägen ein charakteristisches Merkmal für die Domestikation.

Schwarz kommt auf Grund seiner Untersuchungen des diluvialen Pferdes zu dem Schluss, dass der Tarpantypus, der von Antonius festgestellt worden ist, zu den Hausformen zu rechnen sei, wobei die Schlüsse von Adametz und seiner Schule einer gründlichen Revision bedürften. Weiter kann man die Theorie Hilzheimer's über die Herkunft einiger Hauspferderassen nicht anerkennen, da auch er den südrussischen Tarpan als Grundlage annimmt. Hilzheimer sowie Antonius rechnen zu dieser Gruppe auch den Araber.

Noch vor kurzem gab es keine genaueren kraniologischen Untersuchungen der osteuropäischen Pferde; es war daher nicht möglich, die feineren Unterschiede zwischen dem Tarpan und der litauisch-estnisch-polnischen Pferdegruppe festzustellen.

Aus der vergleichenden Tabelle (Nr. 3) ist zu ersehen, dass nicht nur die wichtigsten Masse des Schädels, wie z. B. die Basilarlänge, die Scheitellänge, die grösste und die kleinste Zerebrallbreite und -länge, die grosse und die kleine Stirnbreite und -länge u. a., sondern auch die Indizes mit denselben Werten des Tarpans zusammenfallen.

Die Ähnlichkeit ist eine noch grössere, wenn man die Werte des Tarpanschädels mit den Variationskurven der osteuropäischen Vertreter des Pferdes vergleicht. Da nach Antonius, Schwarz und Ridgway die Schnauzenbreite ein

wichtiges Unterscheidungsmerkmal ist, so habe ich dieser Frage meine besondere Aufmerksamkeit zugewendet. Hinter den Schneidezähnen beträgt die Schnauzenbreite im Oberkiefer des Litauers im Mittel 64,3 mm, in Prozenten der Basilarlänge ausgedrückt — 13,7; dieselben Werte der beiden Tarpane betragen 67 und 73 mm, in $\frac{c}{o}\%$ derselben Länge — 14,2 und 15,5. Wenn diese Werte bei dem Tarpan auch etwas grösser sind, so sind dieselben Werte doch auch bei dem polnisch-litauischen Pferde zu finden, trotzdem die Domestikation ein Schmälerwerden des Gesichtsteiles begünstigt. Wenn aber auch tatsächlich die Schnauzenbreite



Abb. 25. Rekonstruktion des südrussischen Tarpan (Eq. Gmelini Ant.). Nach den Angaben von O. Antonius gemalt vom akad. Maler Heinrich Revy, Wien.

aller Tarpane im Durchschnitt sich als grösser herausstellen sollte, als wir es beim polnisch-litauischen Pferde kennen, so wäre es doch möglich diese Erscheinung dadurch zu erklären, dass die Rückkehr des Tarpan zur Lebensweise seiner wilden Vorfahren eine abermalige Verbreiterung bewirkt hat. Die Kräftigung der Muskulatur des Schnauzenteiles kann in der freien Steppe ohne weiteres die Verbreiterung der Maxilla hinter den Incisivi um ganze $0,5\frac{c}{o}\%$ bewirkt haben.

Die wenigen Abbildungen des Tarpan aus dem Parke Ascania Nova von Falz-Fein erwecken nicht den Eindruck, als ob der Tarpan einen besonders breiten Gesichtsteil gehabt, sondern dass er sich in dieser Hinsicht nur wenig vom

orientalischen Hauspferd unterschieden habe; trotzdem hat Antonius, der Schöpfer der Theorie von der Bedeutung des Tarpan, versucht den Tarpan, wie er nach seiner Auffassung sein sollte, zu rekonstruieren. Die Abbildung (Abb. 25) ist in seiner neuesten Arbeit über „die Stammesgeschichte der Haustiere“ zu finden. Dieser rekonstruierte Tarpan hat einen etwas kleineren und kürzeren Kopf als der *Equus Przew.* und einen etwas grösseren als das Hauspferd der südrussischen Steppe. Die Kopfform des Tarpan liesse sich leicht ableiten, wenn man annimmt, dass der Kopf des *Eq. Przew.* während des Domestikationsprozesses sich am Gesichtsteil stark verkürzt hat und gleichzeitig eine Vertiefung vor der Augenlinie entstanden ist. Tatsächlich ist dieser Prozess an der Nachkommenschaft des gezähmten *Eq. Przew.* nachgewiesen worden. Schwarz hat sogar bemerkt, dass neben der Verkürzung des Gesichtsteils noch eine Verkleinerung der Gehirnkapsel zu beobachten ist.

Meine Untersuchungen am Kraniaum des osteuropäischen Pferdes haben mich noch mehr davon überzeugt, dass die Zweifel der Forscher, die annehmen, dass der Tarpan keine Wildform ist, berechtigt sind.

Es bleibt demnach allein die Ansicht übrig, die von Duerst, Kraemer und der englischen Schule vertreten worden ist, dass nämlich in der postglazialen Zeit in Europa der *Equus Przew.* erschienen ist und sich dank den veränderten physikalischen und geographischen Bedingungen zu einer besonderen Art mit leichterem Kopf abgewandelt hat. Ridgway unterscheidet, indem er sich dieser Ansicht anschliesst, bereits zwei Formen des *Equus Przew.*, die er als west- und ostasiatische Form des Tarpan auseinanderhält. Die westeuropäische ist nach demselben Autor ein Bastard, was auch äusserlich in Erscheinung trete. Das Haarkleid des *Eq. Przew.* sei kraus und reichlich; seine Bastarde haben aber eine kürzere, dünnere und glattere Behaarung. Beim Wildpferd sei der Aalstrich relativ schmal und trete nur wenig hervor. Seine Breite sei etwa 0,5 cm, während die Bastarde einen Strich von 0,75 cm und mehr aufwiesen. Der *Eq. Przew.* habe stets die gleiche Höhe der Kruppe mit einem hohen Schwanzansatz. Doch nicht bei allen mongolischen Wildpferden seien diese Merkmale gleich gut entwickelt, so dass auch hier mit Bastardierungen zu rechnen sei. Unter den Pferden, die von Hagenbeck aus der Mongolei nach Europa gebracht worden sind,

waren die verschiedensten Formen vertreten. Demnach waren die meisten wohl Produkte einer Kreuzung zwischen dem wilden und dem domestizierten Pferde. Nach seinem Äusseren müsse der Eq. Przew. eine Mittelstellung zwischen Esel und Pferd einnehmen. Aber auch in der eigentlichen Mongolei unterschieden sich die Wildpferde stark untereinander. In der Westmongolei sei die Färbung hellbraun und heller ebenso die Mähne, der Aalstrich dagegen sei rosa. Der obere Teil des Schwanzes sei weisslich. In einigen östlichen Teilen der Mongolei seien die Wildpferde hell aschgrau. Der Nasenrücken und die Flanken seien weiss; diese Farbe stammt nach Ridgway von einer Beimischung vom Blut domestizierter Formen her. Noch weiter östlich würden Pferde von einer gelbbraunlichen Färbung mit weissem Bauch angetroffen. Vom Sprunggelenk an seien die Beine dunkler; der Nasenrücken sei weiss, die Mähne aber und das Schwanzende dunkel. Die Rückenlinie sei intensiv rotbraun. Die Behaarung sei stellenweise deutlich kraus, die Augen dunkel. Es kämen aber auch Unterschiede vor in der Färbung der Augen und in der Breite des Aalstrichs.

Wenn man die Aalstrichbreite des Equus Przew.-Typus mit derjenigen der litauischen und estnischen Pferde vergleicht, so stellt es sich heraus, dass die letzteren einen Aalstrich haben, der für die domestizierten Tiere charakteristisch ist.

Die kraniologischen Werte des Equus Przew. nach Salenski und der Pferde von Hagenbeck sind auf der Tabelle 3, VII u. VIII dargestellt. Hiernach hat das litauische, polnische und estnische Pferd gewisse Merkmale mit dem Wildpferd — Eq. Przew. — gemein. Die grösste und die kleinste Zerebralbreite ist beim Eq. Przew. grösser. Die grosse Stirnbreite ergibt für die von Salenski gemessenen Schädel kleinere absolute Werte, für die Hagenbeckschen Pferde variieren die Werte sehr, und zwar zwischen 196 und 216, was ebenfalls durch ihre Unreinheit zu erklären ist. Nehring's Stirnindex I ist bei beiden Gruppen fast gleich und spricht für eine relativ schmale Stirn. Ewart's Faziallänge ist im Mittel für den Eq. Przew. grösser. Dieses Merkmal ist ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal der osteuropäischen Pferde gegenüber den mongolischen. Auch die Schnauzenbreite ist beim Eq. Przew. stärker entwickelt, nähert sich aber den Werten einzelner Vertreter des litauischen und besonders des polnischen Pferdes. Die Länge der Zahnreihe im Ober- und Unterkiefer ergibt keine Unter-

schiede. Auch der Orbitenindex sowie die hintere und vordere Augenlinie (nach Nehring) sind dieselben. Ebenso ist es mit allen übrigen Merkmalen. Sie stehen sämtlich denen der osteuropäischen Pferde sehr nahe.

Demnach kann mit ziemlicher Sicherheit geschlossen werden, dass der *Equus Prz.* eine sehr primitive Pferdeform darstellt (Abb. 26) und als Prototypus der osteuropäischen Pferde zu betrachten ist. Es ist möglich, dass der *Equus Prz.* erst nach der Eiszeit aus Asien nach Europa gekommen ist und sich durch Muta-

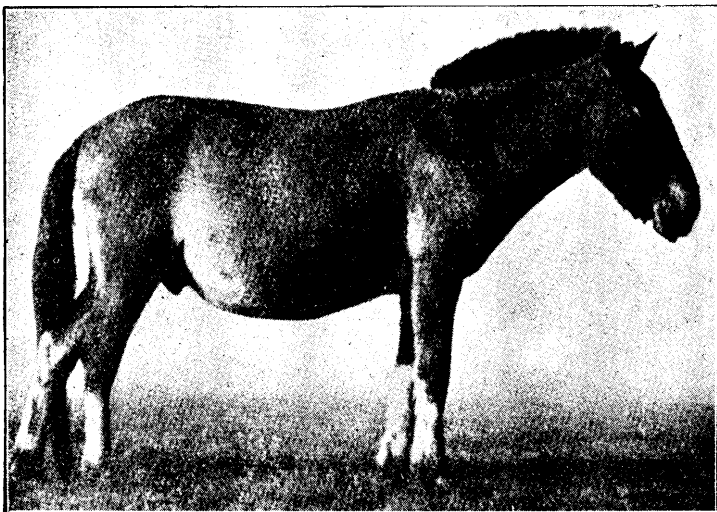


Abb. 26. Mongolisches Wildpferd — *Eq. przewalskii* (*Eq. ferus* Pall.).
Nach J. Ewart.

tion an Ort und Stelle etwas verändert hat. Eine allzustarke Veränderung kann ich aber nicht anerkennen, da die Zeiträume dazu viel zu kurz waren. Bei der Untersuchung von primitiveren osteuropäischen Formen müssen daher gewisse Merkmale des *Equus Prz.* zum Vorschein kommen. Ich selbst habe oft kleinere litauische Pferde beobachten können, die die typische Kopfform des *Equus Prz.* hatten.

Zusammenfassend stelle ich die Behauptung auf, dass es in Asien und in Osteuropa nur zwei Hauptgruppen von Pferden gegeben hat: die eine — wilde — vom Typus des *Equus Prz.* und die andere — domestizierte — vom Typus des sogenannten Tarpan. Zweifellos müssen die Pferde dieses riesigen Territoriums

einen Einfluss auf die Pferde des kleinen Westeuropa ausgeübt haben, dessen dritte Gruppe — die okzidentalische — durch Bastardierung stellenweise verändert worden ist, wodurch neue Abarten domestizierter Formen entstanden. Die Masse der prähistorischen Schädel der La Tène- und der Auvergne-Zeit sowie die auf der Petersinsel und sonst in Westeuropa gefundenen unterscheiden sich nicht von den Massen der Schädel der domestizierten Pferde vom Tarpan- und Przewalskitypus, sowie der heutigen lokalen osteuropäischen Pferdeschädel (Tabelle 11). Nur der Wuchs war kleiner, da eine Basilarlänge von 439—440 mm keinen grösseren Wuchs zulässt. Der subfossile Pferdeschädel aus Kremon in Livland hat eine noch geringere Basilarlänge — 423 mm. Die in Polen gefundenen fossilen Reste, die von Beresowski und Przewożenski beschrieben worden sind, sind von demselben Typus. Die Funde aus der prähistorischen sowie aus der historischen Zeit in Europa weisen darauf hin, dass ein und derselbe orientalische Pferdetypus gleichmässig überall verbreitet war. Nach Hilzheimer ist von einer Reihe von Gelehrten die Ansicht vertreten worden, dass das Hauspferd des Neolithikums in Europa nicht existiert habe, da es unter den Pfahlbauresten nicht gefunden worden sei. Doch bemerkt hierzu Hilzheimer ganz richtig, dass die landbewohnenden Menschen, die Nachbarn der Pfahlbauer, zu derselben Zeit eine höhere Kultur besaßen und das Pferd sehr gut benutzt haben können. Es sei unmöglich zu beweisen, dass das Pferd von Annau älter sei, als das europäische Hauspferd. Die Ähnlichkeit beider Formen könne nur für eine gemeinsame Herkunft sprechen. Nach demselben Forscher steht das Przewalskipferd sehr weit vom europäischen ab; nur durch Züchtung, Kreuzung und selektive Inzucht des Hausschlages im Rahmen ein und derselben Rasse können aus dem *Equus Przewalskii* sowohl die kleinen osteuropäischen als auch die grossen arabischen Pferde entstanden sein.

Einige Forscher suchen nur auf Grund der kraniologischen Daten das Domestikationszentrum des Pferdes festzustellen und es mit irgendeinem Volk in Beziehung zu setzen. Diese Schlüsse können aber nur als Meinungen gelten. Die Meinungen gehen deshalb auch sehr auseinander. Sanson⁷⁶⁾ versuchte eine grössere Menge von solchen Zentren nicht nur in Europa, sondern auch in Asien zu finden. Andere nehmen 2 in Europa und 1 in Asien an. Wieder von anderen wurde in Europa und in Asien nur je eins

angenommen. Da alle diese Annahmen sich auf ein ungenügendes Material gründen, will ich auf sie nicht näher eingehen.

Nur die Archäologie ist imstande einiges Licht in das Dunkel dieser Fragen zu werfen. Im besonderen haben wir in betreff einiger osteuropäischer Völker Nachrichten, wann sie an den heutigen Wohnorten angelangt und sogar woher sie gekommen sind. So sollen die Litauer nach Buga einige Jahrhunderte nach Chr. Geb. an der Grenze der südrussischen Steppe gelebt haben. Nach Basanavičius⁷⁷⁾ sollen sie aus Kleinasien gekommen sein. Nach anderen sind die baltischen Völker, also auch die Litauer, mit den Slaven zusammen aus denselben Gebieten ausgewandert. Nach Christi Geburt scheint die Verbreitung der Slaven von der Balkanhalbinsel ausgegangen zu sein. Aber im Norden von Osteuropa scheinen die Wanderungen der finnischen Völker von Osten aus stattgefunden zu haben. Nach J. Aspelin und Alfthan^{78 79)} haben die Finnen das Pferd über den Nord-Ural herübergebracht. Der Hauptdurchgangsweg der asiatischen Völker nach Europa war die südrussische Steppe. Dort fanden ständig Kämpfe zwischen den einzelnen Völkerschaften statt. Die stärkeren Völker fegten die schwächeren aus dem Wege. Die Reste der letzteren zogen sich in den Kaukasus zurück. Daher sind nirgendwo soviel Völkersplitter wie im Kaukasus vorhanden, wo nach Plinius 130 selbständige Sprachen existieren. Dementsprechend lassen sich auch heute noch im Kaukasus die verschiedensten Übergänge zwischen den kleinen Steppen- und dem grösseren Karabachpferd beobachten.

Die beiden Hauptströme der Wanderung des Menschen von Osten nach Europa, ebenso wie der kleinere Strom von Kleinasien über den Balkan, haben alle nur Abarten ein und derselben Pferderasse gehabt. Diese 3 Ströme berührten entweder die Steppengebiete, wo die Pferdezucht blühte, oder aber sie durchquerten sie. Das ganze Steppenterritorium, das zu der Zeit um Chr. Geburt von den verschiedensten Völkerstämmen besetzt war, ist von einigen Archäologen mit dem Namen eines indisch-skythischen und eines Partherkönigreichs belegt worden. Vor Herodot wurden die Nomaden der südrussischen Steppe Skythen, und nach Herodot Sarmaten genannt. Ihrer waren aber sehr viele und recht verschiedene; auch waren sie voneinander unabhängig. Nur zum Zweck einer Konzentration ihrer Kräfte für die Wanderungen nach Westen bildeten sie grössere Einheiten. Von beiden Völkern — den Skythen und den Sar-

maten — sind sehr reiche archäologische Funde bekannt geworden. Für das dritte Jahrhundert nach Christi Geburt sind Wanderungen der Goten am Mittellauf des Dnjepr festgestellt worden. Eine grosse Bedeutung für die Verbreitung des Pferdes in Europa ist den Wanderungen der Hunnen zuzuschreiben. Diese Wanderungen reichten weit nach Westeuropa hinein, so bis Italien und Spanien, wodurch die Tatsache des Vorkommens des orientalischen Pferdes bis ins XIX. Jahrhundert in Frankreich (Sanson und Piétrement)⁸⁰⁾ verständlich wird.

Die Tabunpferdezucht war die Hauptbeschäftigung der Sarmaten, Skythen und überhaupt der Nomaden. Schon vor Chr. Geburt hatten die Sarmaten vierrädrige Wagen im Gebrauch. Pferdefleisch, Stutenmilch, daraus bereiteter Käse sowie Kumys waren die Hauptnahrung dieser Völker.

Die archäologischen Funde beweisen, dass Südrussland, Südsibirien und alle südlich von ihnen in der Richtung nach Indien gelegenen Gebiete eine und dieselbe Kultur gehabt haben. Die skythisch-sarmatischen Altertümer schliessen sich eng an die sogenannte barbarische Kultur Asiens an. Handelsbeziehungen dieser Völker mit Indien sind nachgewiesen worden. Dort sind sehr ähnliche Steppenformen des Pferdes vorhanden. Andererseits tritt eine gewisse Verwandtschaft der archäologischen Funde mit denen der germanischen und slavischen Stämme zutage. Die skythischen Funde finden sich deshalb zerstreut in der ganzen riesigen Steppenzone, angefangen von der Mündung der Donau bis tief nach Sibirien hinein. Sie sind so reichhaltig und in so grosser Menge vorhanden, dass es möglich ist, das kulturelle Leben dieser Völker zu rekonstruieren. Nach dem Falle Roms verschob sich das Zentrum der Kultur nach Osten: nach Byzanz, Alexandrien und sogar in die weiteren, sogenannten barbarischen Länder, die diesen Namen wohl mit Unrecht trugen. Ihre Kunstwerke sind von grossem künstlerischem Wert. Nach Tolstoj und Kondakow⁸¹⁾ benutzten jene Völker die sie umgebenden Wesen und Pflanzen als Vorlagen für ihre Ornamente. Der Nomade schätzte am meisten das Tier, und daher wird es auch am meisten als Vorlage benutzt. Die Tiere waren die Grundlage und die Quelle ihres Reichtums, an erster Stelle das Pferd und das Kamel. Zur Ausschmückung des Pferdes wurden die luxuriösesten Mittel verwendet. Sogar Schmucksachen der Frauen dienten als Schmuck der Pferde. An Gold waren besonders die Gehänge reich. Schon

damals gab es eine Art Sattel, der ausser mit Gold auch mit Edelsteinen verziert wurde. Die Verfasser betonen, dass die sibirischen Funde des ersten Jahrhunderts unserer Zeitrechnung die höchstmögliche Kunst der Pferdeausschmückung zeigen. Die menschlichen Schmucksachen erscheinen ihnen gegenüber ärmlich. Der Reichtum an Gold und Silber muss bei diesen Nomaden ein ganz besonders grosser gewesen sein. Dafür spricht, dass noch fast bis zum XVIII. Jahrhundert aus Russland bewaffnete Abenteurer in grösseren Schaaren Expeditionen unternahmen, um die Kurgane (= Grabhügel), ungeachtet der Proteste und des Widerstandes der Kirgisen, ihrer Reichtümer zu berauben. Hierbei ist der grösste Teil des archäologischen Materials zugrunde gegangen. Nur ein verhältnismässig geringer Teil ist in die sibirische Abteilung der Petersburger Eremitage gelangt. Die Skythen, Goten und die anderen Nomaden waren ganz ausgezeichnete Reiter und besaßen ein verbessertes Steppenpferd.

Über das Äussere dieses Pferdes können wir uns nach dem Schatz aus dem Kurgan von Tschertomlyk (am Dnjepr in der Umgegend von Nikopol) eine gute Vorstellung machen. Unter anderem wurde dort eine silberne Vase von hoher künstlerischer Arbeit aus dem III. Jahrhundert vor Christi Geburt gefunden. Am oberen Teil der Vase sind einige skythische Pferde abgebildet (Abb. 27), darüber noch ein Überfall von Greifen auf Rentiere zur Darstellung gebracht. Schon Ecker⁸²⁾ hat die Aufmerksamkeit der Forscher auf diese Vase gelenkt und die Pferdeskulpturen als Abbildungen echter südrussischer Wildpferde gedeutet. Hilzheimer und besonders Kraemer haben sich gegen diese Deutung ausgesprochen. Kraemer schreibt: „Die Szene, die ich hier nach der Darstellung von Ecker reproduziere, ist zum Teil auch von Hilzheimer nach S. Müller in Nr. 89 der „Deutschen landwirtschaftlichen Presse“ 1909 angeführt worden. Auch Hilzheimer, dessen Ansichten in den Fragen der Abstammung der Haustiere ich sonst nicht immer teile, bemerkt in seiner Abhandlung „Aus der Geschichte des Pferdes“ sehr richtig, dass es sich hier auch um eine Dressurszene handeln kann. Das ganze Aussehen der Tiere entspricht durchaus nicht dem Charakter von Wildpferden, und auch hier gibt die Szene wohl nicht den kulturgeschichtlich „wichtigsten Akt aus dem Leben der Skythen“, also die Zähmung des Wildpferdes, sondern viel eher alltägliche Vorgänge aus dem halbwildem Pferdezuchtbe-

triebe jenes alten Reitervolkes wieder. Nebenbei bemerkt, ist auf diesem Bilde beim Vergleich der einzelnen Pferde sehr gut ersichtlich, wie leicht man zu dem Glauben an die „aufrecht stehende Mähne“ gelangen kann. Die Mähne der Tiere ist lang, fällt also auf einer Seite herab, und so täuscht der Anblick der



Abb. 27. Die Silbervase von Tschertomlyk. Petersburg, Eremitage.

unbedeckten Halsseite, der ganz dem der sogenannten Wildpferde entspricht, das kurze, aufrechte Haar vor“.

Aber noch heute halten einige Autoren an der Ansicht fest, dass die Abbildungen vielleicht doch nicht richtige Hauspferde darstellen. Sogar Antonius sagt noch in einer seiner letzten Arbeiten: „Sie zeigen Fang und Bändigung wilder oder halbwilder Pferde (gesperrt von Kw.-Ssam.), die ihrem Aus-

sehen nach ohne weiteres auf den Tarpantypus bezogen werden können; verschiedene Schläge in einzelnen Individuen erkennen zu wollen, halte ich für kühn“.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass die Pferdeszene auf der Vase eine Szene aus dem Nomadenleben darstellt, wie sie noch heute in der Steppe bei den Kirgisen und den Kalmücken zu beobachten ist. Die Szene wird von den russischen Archäologen, deren keiner an der Hauspferdnatur der Pferde zweifelt, folgendermassen gedeutet: der Mittelpunkt der Szene ist die Stute, um die vier Skythen beschäftigt sind — zwei ältere mit Bart und zwei jüngere ohne einen solchen. Es handelt sich um die Dressur von fürstlichen Pferden, die in der Steppe vorgenommen



Abb. 28. Einzelnes Pferd von der Vase von Tschertomlyk.

wird. Zwei Pferde weiden nebeneinander. Über zwei andere Pferde sind zwei Wurfgeschlingen (Arkane) geworfen und zwei Pferdepfleger versuchen den stürmischen Galopp zu hemmen, indem sie sich mit geknickten Knien gegen den Boden stemmen. Die Arkane waren an der Vase in Form von silbernen Fäden einmal vorhanden, was Reste davon in den Fäusten der beiden Skythen beweisen. Die Fäden selbst sind verloren gegangen. Links von der Hauptgruppe biegt ein Skythe das linke vordere Unterbein des Pferdes nach hinten und versucht das Pferd, indem er den Zaum anzieht, nach links umzuwerfen. Rechts koppelt ein Skythe dem ruhig stehenden Pferde die Vorderbeine. Von allen abgebildeten Pferden erinnert das letztere am meisten an das heutige Kirgisenpferd. Dieser Skythe scheint als letzter herangeritten zu sein und koppelt das Pferd, um sich dann den übrigen anzuschliessen. An der

unteren Seite der Vase ragt die Skulptur eines Pferdekopfes derselben Rasse hervor.

Beim Vergleich der skythischen Pferde (Abb. 28) mit dem rezenten litauischen und estnischen Pferde treten sehr viele gemeinsame Merkmale hervor.

Noch vor Christi Geburt waren diese skythischen Pferde gut bekannt. Strabo sagt, dass die Skythen kleine Pferde und grosse Rinder gehabt haben. Es gibt in der klassischen Literatur Nachrichten darüber, dass die skythische Reiterei stets schneller als die persische war. Von der grossen Menge der skythischen Pferde kann man sich ein Bild machen, wenn man hört, dass Philipp II. von Mazedonien 20 000 Stuten nach Griechenland zur Verbesserung der Pferdeart eingeführt hat. Auch aus dem Mittelalter haben wir Nachrichten über eine ständige Einfuhr von Pferden aus der südrussischen Steppe über Polen nach Westeuropa.

Um Christi Geburt herum trug das Leben im Norden von der südrussischen Steppenzone einen ganz anderen Charakter. Herodot schildert die Wälder als sehr dicht und aus sehr hohen Bäumen bestehend, so dass ein Pfeil den Gipfel nicht erreichte. In dieser von Wäldern bedeckten Zone war das Leben viel friedlicher als in der Steppe. Die Kultur stand dort bei den Jägervölkern viel niedriger. Gold-, Silber-, ja sogar Bronzefunde sind dort sehr selten. Der Sattel wurde, wenn auch bekannt, sogar im Mittelalter dort nicht verwendet. Im Walde spielten die Wanderungen zu Pferde keine so grosse Rolle. Der Sattel konnte beim Reiten sogar hinderlich sein. Auf dem Waldterritorium, wo heute die Litauer, Letten und Esten wohnen, war nach Spizyn das Hauspferd vor Christi Geburt fast gar nicht bekannt. Ich nehme an, dass es doch, aber in nur geringer Menge vorhanden gewesen ist. Für den Jäger ist das Pferd im Walde unbrauchbar. Die Ursachen dieser Erscheinung sind genauer im Kapitel über die Archäologie des Baltikums beschrieben worden. Das Pferd wurde aber hier heilig gehalten; doch waren es Pferde von einer absonderlichen Farbe, die bei Wildpferden nicht vorhanden war. Die Steppennomaden scheinen in diese bewaldeten Distrikte nicht eingedrungen zu sein, wenn auch Handelsbeziehungen vorhanden gewesen sein mögen. Die finnisch-ugrischen Völker, die die Wälder bewohnten, müssen nicht nur das Steppenpferd gekannt haben, sondern auch die Schmuckgegenstände, die es geziert haben.

Im Wilnaer Museum werden einige bronzene Schmucksachen von Pferden, u. a. ein Zaum mit Bronze- und Emailverzierungen (Abb. 29), aufbewahrt. Er ist im Osten von Wilna gefunden worden. Das Email ist meist rot und türkisfarben. In den Emailplatten sind kleine orangerote Ringe verstreut. Nach Tolstoj und Kondakow sind byzantinische Einflüsse nachweisbar. Der Zaum gehört ungefähr dem III. bis IV. Jahrhundert unserer Zeitrechnung an, soll also älter sein als der berühmte schwedische Zaum. Aus derselben Zeit kennen wir Zäume aus den südlichen Gebieten von Westeuropa, die von viel einfacherer Arbeit sind. Das

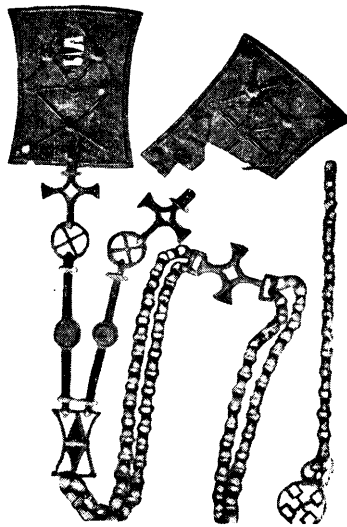


Abb. 29. Der Zaum des Wilnaer Museums.

zeige (meinen die russischen Archäologen), dass das Pferd sich von Osten nach Westen verbreitet habe. Der Norden und der Westen Europas hatten die Möglichkeit, in dem Masse, wie sich ihre Industrien entwickelten, durch Tauschhandel die Produkte des Ostens und damit auch das Steppenpferd von dort zu bekommen. Die litauischen und slavischen Stämme lebten in unmittelbarer Nachbarschaft der Steppe und ihrer skythischen Bewohner nebst deren Pferden. Jene hatten also die Möglichkeit sich mit solchen Pferden zu versorgen oder aber, falls sie eine eigene Pferderasse hatten, diese durch das hochgezüchtete Pferdematerial zu verbessern. Es ist unwahrscheinlich, dass zu jener Zeit, wie es R ü n g e r und einige andere annehmen, die Völker,

die in ihrer Nachbarschaft das gute Steppenpferd hatten, sich mit der Zucht des schwachen, wilden Waldpferdes abgegeben hätten. Es wäre ungefähr dasselbe, wie wenn heutigentages die weniger zivilisierten Völker Europas, statt sich englische Rasse-schweine zu erziehen, sich damit beschäftigten, das Wildschwein zu zähmen und zu mästen. Die Waldbewohner hatten jederzeit die Möglichkeit ihre Rauchwaren, ihren Honig, ihren Bernstein gegen die kräftigeren und schöneren Steppenpferde einzutauschen.

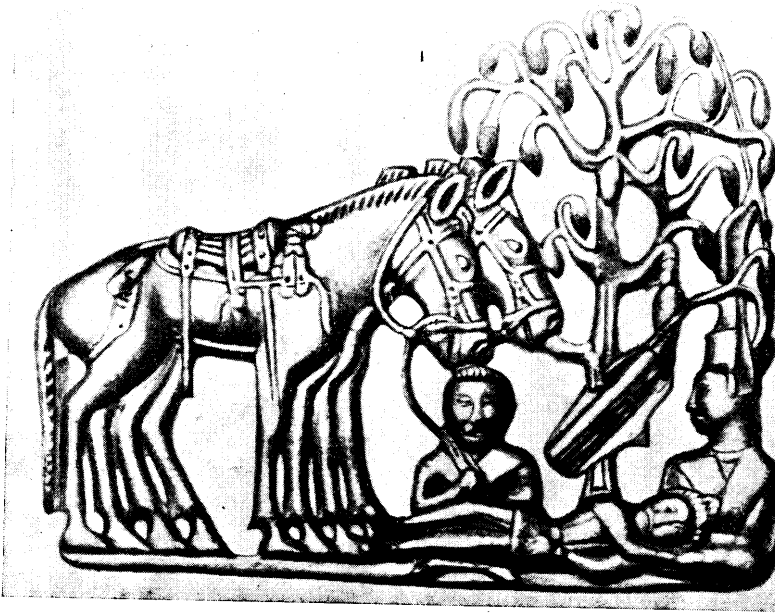


Abb. 30. Goldene Platte aus der Zeit um Chr. Geb. aus Sibirien. Petersburg, Eremitage.

Die Frage der Herkunft des altestnischen Pferdes ist schwerer zu beantworten. Wenn die Annahme von Aspelin und Alfthan sich als richtig erweisen sollte, dass die finnischen Stämme über den Nord-Ural nach Europa gekommen seien und ihr Pferd mitgebracht hätten, so kann sich auch in diesem Falle das Pferd kaum von dem Steppenpferde unterscheiden haben, denn jenseits des Urals lebten gleichfalls skythische Stämme. Daher haben wohl alle osteuropäischen domestizierten Pferde einen gemeinsamen Stamm-
baum.

Fast alle Abbildungen von domestizierten Pferden, die uns aus der Zeit um Christi Geburt überliefert sind, zeigen, dass sie vom Tarpantypus waren. Dies veranlasste die Schule von Adametz und Antonius die Pferde jener Zeit vom südrussischen Tarpan, den sie für eine Wildform halten, abzuleiten. In den östlichen Teilen der Steppenzone von Westsibirien sind Abbildungen eines domestizierten Pferdes vom Przewalski- und nicht etwa vom Tarpantypus gefunden worden (Abb. 30). Auf einer goldenen Platte (aus der Zeit um Chr. Geb.) sind zwei Pferde neben zwei im Schatten eines Baumes ruhenden Reitern abgebildet. Der eine hält die Pferde am Zügel und ist scheinbar der Pferdeknecht. Der andere Reiter — wohl der Herr — ruht im Schosse eines weiblichen Wesens. Das vordere Pferd ist in recht primitiver Weise gesattelt. Der Kopf der Pferde entspricht vollkommen dem Kopfe des *Equus Prz.* mit längeren eselähnlichen Ohren. Der Schweif ist nur schwach behaart, ebenso der Hals. Die schwach entwickelte Kruppe, sowie der relativ grosse Kopf sprechen für einen schon domestizierten *Equus Prz.* Eine Abbildung dieser goldenen Platte habe ich in der westeuropäischen Literatur nicht angetroffen. Sie beweist, dass schon vor Christi Geburt in den östlichen Steppen, neben dem tarpanartigen Hauspferd, noch ein anderes domestiziertes Pferd vom Typus des *Equus Przew.* vorhanden war. Das letztere, als eine ältere Form, muss als Grundform der verbesserten Tarpanform betrachtet werden.

Je weiter wir in die Bronzezeit hineinkommen, um so geringer werden die Funde von Pferderesten und Abbildungen. Doch nehme ich an, dass schon damals beide Pferdetypen nebeneinander vorhanden gewesen sind. Über das Neolithikum lässt sich nichts sagen, da dort das Pferdmaterial vollkommen fehlt.

Nur die vergleichende Sprachwissenschaft gibt uns einige Anhaltspunkte. Diese Wissenschaft unterscheidet Sprachformen, wonach ein Unterschied zwischen einer Wild-, und Hausform des Pferdes gemacht wird. Es steht fest, dass das Pferd dem ältesten indogermanischen Volke gut bekannt gewesen ist.

Feist⁸³⁾ schreibt hierüber (S. 156—159): „Pferd: altind. *áśvas*, av. *aspō*, altpers. *aspa-*, toch. A *yuk*, B *yakwe*, griech. *ἵππος*, lat. *equus*, altir. *ech*, gall. *epo-* (in Eigennamen wie *Epo-redo-rīx*),

got. *aíhwa-* (? in *aíhwatundi* „Dornstrauch“?), altisl. *jör*, altengl. *eoh*, altsächs. *ehu* (-*scale* „Pferdeknecht“). Daneben findet sich ein Name für die Stute: altind. *áśvā*, av. *aspā*, lit. *aszvā*, lat. *equa*, der eine Femininbildung desselben Wortstammes ist. Ausser den nachher zu besprechenden historischen Tatsachen zeigt uns die Unterscheidung der beiden Geschlechter beim Pferd durch ein geläufiges Suffix der idg. Ursprache — bei wildlebenden Tieren werden in der Regel die männlichen und weiblichen Tiere mit verschiedenen Wortstämmen benannt oder gar nicht auseinandergehalten —, dass die Indogermanen es nicht nur in wildem Zustand kannten, sondern auch schon züchteten*)“ . . . „In historischer Zeit bemerken wir häufig, dass der ältere Name des Pferdes durch eine neue Benennung verdrängt wird; so verschwindet lat. *equus* aus den romanischen Sprachen und wird durch jüngeres *caballus* (aus Nordosteuropa stammend?; vgl. altbulg. *kobyła* „Stute“) ersetzt. Ins Deutsche dringt gall. *para-veredus* als Pferd ein (die Kelten waren berühmte Rossezüchter und vortreffliche Reiter), obwohl das einheimische Wort *Ross* = engl. *horse* weiterlebt. Aus dem Keltischen stammt auch ahd. *marah*, fem. *mer(i)ha*, nhd. *Mähre*: altir. *marc* „Pferd“. Die neue Benennung tritt mit dem Bekanntwerden einer neuen Rasse auf; aus der Einheitlichkeit des idg. Ausdrucks für das Pferd, die bei keinem anderen Haustier in gleicher Weise vorliegt, dürfen wir also auch auf die Einheitlichkeit der Pferderasse bei dem Urvolk schliessen, deren nähere Bestimmung, wie gesagt, vorerst freilich noch nicht mit Sicherheit erfolgen kann“.

Endlich (S. 515) bemerkt Feist: „Die alten Germanen aber waren kein Reitervolk, wie uns Tacitus ausdrücklich versichert, und ihre Pferde waren unansehnlich. Dagegen waren die Kelten hochberühmte Pferdezüchter, und aus ihrem Wortschatz sind neue Namen für das Pferd sowohl ins Spätlateinische wie ins Germanische gedrungen (lat. *paraveredus* = ahd. *pferfrit*, nhd. *Pferd*; ahd. *meriha*, nhd. *Mähre* aus gall. *marka*, altir. *marc* „Pferd“) und haben die altindogerm. Bezeichnung (lat. *equus*,

*) „Allerdings spricht der Umstand, dass das Wort für „Stute“ vom Maskulinum durch ein offenbar junges Bildungsmittel (feminine Endung *ā*) abgeleitet ist, für eine relativ späte Bekanntschaft des Urvolks mit dem Pferde. Das stimmt merkwürdig zu derselben Erscheinung, die wir im Abschnitt XI für den Gebrauch des Wagens beobachten werden.“ (Feist.)

altengl. *eah*, s. Abschnitt VIII, S. 156 ff.) in den Hintergrund verdrängt“.

Nach Trautmann⁷⁰⁾ entspricht das litauische *kumelė* „Stute“ dem altpreussischen *kamnet*. Nach Leskien⁷¹⁾ geht das alles auf die Wurzel *kum* zurück.

Die gemeinsamen Ausdrücke für den Begriff Pferd beweisen, dass die finnischen, tatarischen und slavischen Völker in alter Zeit Nachbarn gewesen sind. Es ist verständlich, dass auch das Pferd selbst zu ein und derselben Rasse gehörte. Es ist festgestellt worden, dass das Hauspferd in Europa sich gerade im Bronzezeitalter verbreitet hat. Die Wege der Verbreitung des Hauspferdes sind bis jetzt nicht festgestellt worden, doch ist anzunehmen, dass sie eine Beziehung zur Steppe gehabt haben. Die Steppen waren aber reich an Pferden. Die Funde im Baltikum bis zum Bronzezeitalter inklusive beweisen die Richtigkeit dieser Annahme.

Ausführlich will ich auf die Frage des Einflusses fremder Schläge auf das osteuropäische Pferd nicht eingehen. Nur soviel: es gibt Andeutungen, dass das estnische, litauische, huzulische etc. Pferd durch das arabische Pferd späterer Herkunft verbessert worden ist. Das Äussere des späteren Pferdes hat sich ausserdem dank Selektion, Kreuzung und Pflege verändert. Bei den primitiven lokalen Pferden haben sich die alten Merkmale am reinsten erhalten.

Ich erinnere an das Schema Prawocheński's über die Herkunft der osteuropäischen Pferde. Vom Tarpan stammen nach Prawocheński nur die baschkirischen, bucharischen, kabardinischen und die Donpferde ab. Die finnischen und die norwegischen stammen vom *Equus caballus typicus*, obgleich das Fjordpferd mit dem *Equus celticus* verwandt ist. Letzteres ist eine Abart des europäischen primitiven Pferdes. Zum Typus *celticus* rechnet Prawocheński das krimische, das estnische, das litauische, das polnische, das Polessje- und das bosnische Pferd. Auch das finnische soll zu dieser Gruppe gehören, doch besitzt es einen guten Teil orientalischen Blutes. Vom *Equus nobilis* stamme das Shetlandpony, das Huzulenpferd (das sich kaum vom polnischen Pferd unterscheidet. Kw.-Ss.), der Araber, der Karabache und einige andere ab. Die Kalmückenpferde dagegen werden im Schema von Prawocheński zwischen den *Equus Gmelini* und den *celticus* gestellt. Da das Schema von Prawocheński

der kraniologischen, odontologischen und archäologischen Unterlagen entbehrt, so bedarf es zu seiner Begründung weiterer Beweise.

Sogar die besser fundierte Theorie Ewart's, dass das litauische etc. Pferd die fast reine Waldform sei, kann mich nicht befriedigen, da nach meinen Untersuchungen das litauische etc. Pferd sich vom Steppenpferd nicht unterscheidet.

Mein Material spricht eher für die Annahmen der älteren Forscher, die eine bedeutend geringere Menge von Pferdeformen aufstellen. Sie führen die orientalischen Vertreter alle auf den *Equus Przewalskii* zurück.

Meiner Meinung nach zeigt das Steppenpferd vom Typus des Tarpan, wie es auch Schwarz behauptet hat, schon alle Domestikationsmerkmale, und dieses Pferd kommt als Hauptfaktor für die Entstehung aller osteuropäischen und sogar der westeuropäischen orientalischen Pferde in erster Linie in Frage. Da aber in Westeuropa das Material sich fast nirgends rein erhalten hat, so lässt sich der Einfluss der Steppenform nur schwer verfolgen. Der Begriff eines Tarpantypus ist aufrechtzuerhalten, aber nur im Sinne einer primitiven Domestikationsform.

Die Methoden, die bis heute auf Grund von Untersuchungen einzelner Exemplare noch oft angewandt werden, können nicht als endgültig angesehen werden. Nur die Berücksichtigung der Mittelwerte und der Variationsbreite eines grossen Materials, die Anwendung der statistischen Methode auf die Geschichte des Pferdes und die Inbetrachtziehung der archäologischen Funde vom Neolithikum bis zum Mittelalter können die Frage der Abstammung des Hauspferdes, des subfossilen und des fossilen Pferdes auf eine sichere Basis stellen.

In erster Linie muss eine genauere Erforschung der Steppenpferde und besonders des mongolischen Pferdes vorgenommen werden. Dann — die Erforschung der fossilen Reste in denselben Steppengebieten. Sogar zahlreichere Zahnfunde könnten viel zur Klärung dieser komplizierten Frage beitragen, die genau genommen bis jetzt kaum das Gebiet der Hypothesen verlassen hat.

Eine weitere grosse Schwierigkeit bei der Erforschung der Herkunft des Hauspferdes besteht darin, dass bis heute das Domestikationszentrum des Pferdes noch immer nicht mit Sicherheit festgestellt ist.

Thesen.

- 1) Ich erkläre die grosse Menge der beschriebenen fossilen Pferdetylen daraus, dass die kraniologischen und odontologischen Schwankungen der Hauptpferdegruppen noch nicht festgestellt sind. Die ganze Quartärzeit hindurch können nur zwei Grundformen des Pferdes — die orientalische und die okzidentalische — verfolgt werden. Alle beschriebenen Pferdetylen lassen sich auf diese beiden Grundformen zurückführen.
- 2) Die biometrischen Untersuchungen der litauischen, polnischen und estnischen Pferdegruppe haben ihre Verwandtschaft, aber nicht ihre gemeinsame Herkunft beweisen können.
- 3) Alle osteuropäischen Pferde stehen hinsichtlich ihrer biometrischen und osteologischen Merkmale einander sehr nahe.
- 4) Das estnische Pferd gehört seinem Schädel nach zur litauisch-polnischen Gruppe.
- 5) Die litauisch-polnisch-estnische Pferdegruppe hat denselben Zahnbau wie die kleinen diluvialen Pferde; sie grenzt an die Gruppe des Arabers.
- 6) Die wesentlichen odontologischen Merkmale (die Schmelzfältelung und das Verhältnis zwischen der Länge und der Breite der Kaufläche) können nicht nur zur Unterscheidung der zwei Pferderassen, sondern auch zur Unterscheidung ihrer Untergruppen benutzt werden. Die Abweichungen in den Zahnmerkmalen der Bastarde in der Richtung der orientalischen oder der okzidentalischen Rasse geben die Möglichkeit den Grad der Mischung festzustellen.
- 7) In der Zeit vom XII. bis zum XVII. Jahrhundert nach Christi Geburt wurden im Baltikum nebeneinander Vertreter beider Rassen und deren Bastarde angetroffen.

- 8) Sicher in der Eisen- und Bronzezeit, höchstwahrscheinlich aber schon im späteren Neolithikum, gab es im Baltikum nur einen Pferdetypos — den Steppentypus, der dem *Equus Przewalskii* nahe stand. Bei der Bestimmung des archäologischen Alters habe ich allerdings feststellen können, dass der grösste Teil der glatten Steinwerkzeuge, besonders die Meissel, erst der Bronzezeit angehören.
- 9) Es sind keine Beweise gegen die Behauptung vorhanden, dass das kleine wilde Waldpferd in Litauen, Polen, Ostpreussen und Weissrussland zum Steppentypus gehört habe, der erst später in die Waldzone verdrängt worden ist.
- 10) Es ist streng zu unterscheiden zwischen dem wilden, dem verwilderten und dem Tabunpferde, worauf bis jetzt nicht genügend geachtet worden ist.
- 11) Als echte Waldform kann nur noch die fossile *Equus robustus*-Gruppe und die mit ihr verwandten, primitiveren okzidentalischen Hauspferdegruppen gelten.
- 12) Der südrussische Tarpan ist kein Wildpferd, sondern ein verwildertes Pferd. Seine wesentlichen kranziologischen und odontologischen Merkmale stehen nicht ausserhalb der Variationsbreite der litauisch-polnisch-estnischen Pferdegruppe. Der Begriff des „Tarpantypus“ ist nur noch im Sinne einer primitiven Domestikationsform aufrechtzuerhalten.
- 13) In Eurasien hat es nur zwei Pferdegruppen gegeben: die eine (wilde und domestizierte) vom Typus des *Equus Przewalskii*, die andere (domestizierte) vom Typus des sogenannten Tarpans.
- 14) Wie die Abbildungen aus der Zeit um Christi Geburt beweisen, ist in Westsibirien eine domestizierte Form des *Equus Przewalskii* vorhanden gewesen. Die osteuropäischen einheimischen Pferde lassen sich alle auf Grund der kranziologischen und odontologischen Merkmale vom *Equus Przewalskii* ableiten.
- 15) In der vorgeschichtlichen Zeit konnten die finnisch-ugrischen, die aistischen (baltischen) und die slavischen Völker ihr verbessertes Pferdmaterial aus der Steppe erhalten, dessen Typus am besten auf der Vase von Tschertomlyk wiedergegeben ist.

- 16) Nur die Berücksichtigung der Mittelwerte und der Variationsbreite eines grösseren Materials, die Anwendung der statistischen Methode auf die Geschichte des Pferdes und die Vergleichung des Materials mit den archäologischen Funden vom Neolithikum bis zum Mittelalter können die Frage der Abstammung des Hauspferdes von subfossilen und diluvialen Pferden aufklären.

Den 25. August 1928.

Literaturverzeichnis.

1. Hilzheimer, M. Geschichte unserer Haustiere. Die Haustiere in Abstammung und Entwicklung. Stuttgart 1909.
— Überblick über die Geschichte der Haustierforschung, insbes. der letzten 30 Jahre. Zool. Ann., Bd. V, 1913.
— Die Tierreste aus dem römischen Kastell Cannstatt bei Stuttgart und anderen römischen Niederlassungen in Württemberg. Landw. Jahrb., Bd. LV, Berlin 1921.
2. Schwarz, E. Über diluviale Pferde der Equus caballus-Gruppe. Jahrbuch d. Preussischen Geol. Landesanstalt, Band XLVIII, Berlin 1927.
3. Owen, R. Rep. Brit. Ass. XIII, 1843.
4. Linnaeus, C. Systema naturae sive regna tria naturae systematice proposita per classes, ordines, genera et species. 1735.
5. Franck, I. Beiträge zur Rassenkunde unserer Pferde. Landw. Jahrb. 1875.
6. Nehring, A. Fossile Pferde aus deutschen Diluvial-Ablagerungen. Landwirtsch. Jahrb. 1884.
7. Rüttimeyer, L. Beiträge zur Kenntniss der fossilen Pferde und zu einer vergleichenden Odontographie der Huftiere. Basel 1863.
8. Wilkens, M. Beiträge zur Kenntnis der Pferdegebisse. Halle 1888.
9. Abel, O. Die vorzeitlichen Säugetiere. Jena 1914.
— Lebensbilder aus der Tierwelt der Vorzeit. Jena 1922.
10. Antonius, O. Untersuchungen über den phylogenetischen Zusammenhang zwischen Hipparion und Equus. Zeitschrift für induktive Abstammungs- und Vererbungslehre, Bd. XX, Berlin 1919.
— Grundzüge einer Stammesgeschichte der Haustiere. Jena 1922.
11. Teodoreanu, N. Über ein Quartärpferd aus Siebenbürgen — Equus transilvanicus. Zeitschrift für Tierzüchtung und Züchtungsbiologie, Berlin 1926.
12. Henseler, H. Untersuchungen über die Stammesgeschichte der Laufschrüppferde und deren Knochenfestigkeit. Hannover 1912.
13. Ewart, J. The Wild Horse (Equus prjevalskii Poliakoff). 1913.
— The multiple origin of horses and ponies. 1904.
— Evolution of the horse. 1904.
— The Tarpan and its relations with wild and domestic horses. Proceed. Royal Soc. Edinburgh 1905.
14. Stresemann. Verh. Ornith. Bayern XIV, 1919.
15. Augst, G. Abstammung und Herkunft der mitteleuropäischen Hausziegen. Heidelberg 1920.
16. Bobrinski, N. Zoogeographie und Evolution (russisch). 1927.

17. Mensbir, M. Velikij lednikovij period Jevropy, vek mamonta i peščernago čeloveka. 1923.
18. Adametz, L. Herkunft und Wanderungen der Hamiten, erschlossen aus ihren Haustierrassen. Wien 1920.
— Untersuchungen über Abstammung und Rassenzugehörigkeit des altspanischen Pferdes Kladruber Zucht. Mitt. d. Lehrkanzel für Tierzucht der Hochschule für Bodenkultur, Wien 1922.
19. Stegmann, F. Rassengeschichte der Wirtschaftstiere. Jena 1924.
20. Kraemer, H. Aus Biologie, Tierzucht und Rassengeschichte. Bd. I u. II. Stuttgart 1912.
21. Kronacher, H. Allgemeine Tierzucht. Berlin 1921.
22. Wilser, L. Die Germanen. Leipzig.
— Leben und Heimat der Urmenschen. Leipzig 1910.
23. Rünger, F. Herkunft, Rassenzugehörigkeit, Züchtung und Haltung der Ritterpferde des Deutschen Ordens. Zeitschrift f. Tierzüchtung und Züchtungsbiologie, Bd. II, H. 3, 1925.
24. Moerder, I. Istoričeskij očerk russkago konevodstva i konnozavodstva. Petersburg 1868.
25. Simonow, L. und Moerder, I. Die russischen Pferderassen. Berlin 1896.
26. Schwarznecker. Pferdezücht. Ergänzt von S. Nathusius. 1902.
27. Loomis, F. The evolution of the horse. Boston 1926.
28. Ridgeway, W. The origin and influence of the thoroughbred horse. Cambridge 1905.
29. Czapski, M. Historia powszechna konia. Poznań 1874.
30. Graf Wrangell. Das Buch vom Pferde. Stuttgart 1910.
31. Osowicki, A. Das Huzulenpferd. Stuttgart 1904.
32. Jaworski, Z. Kraniologische Untersuchung der Pferdeschädel aus Polesie. Bulletin de l'Académie Polonaise, Série B, Cracovie 1924.
33. Vetulani, T. Studien über den polnischen Konik (polnisches Landpferd) aus der Gegend von Bilgoraj. Bull. de l'Académie Polonaise, Série B, Cracovie 1925.
34. Kwaschnin-Ssamarin, N. Kraniologische Untersuchungen über das litauische Pferd. Zeitschrift für Tierzüchtung und Züchtungsbiologie XI, 1928.
35. Urussow, S. Tuzemnyja porody lošadej (klepper i žmudka). St. Petersburg 1899.
36. Moraczewski, I. Das žmudische Pferd. Mitteilungen des landw. Inst. der kgl. Universität Breslau 1912.
37. Nathusius, S. Unterschiede zwischen den morgenländischen und abendländischen Pferdegruppen. Berlin 1891.
— Messungen an Hengsten, Stuten und Gebrauchspferden. Berlin 1905.
38. Grünwald, G. Das estnische Pferd. Tartu 1920.
39. Tagopera, K. Elevage des chevaux en Estonie jusqu'à 1927. Tallinnas 1927.
40. Kwaschnin-Ssamarin, N. und Mozkus, Z. Die Abstammung des Pferdes und das litauische Pferd. Bd. I und II. 1926 u. 1927.

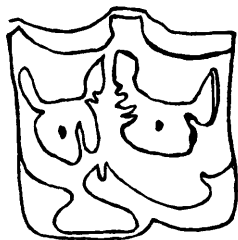
41. Grabowski, J. und Schuch, S. Badania nad koniem miejscowym. Gaz. Roln., roczn. LXI, Nr. 35, 36 i 37. Warszawa 1921.
42. Starzewski, T. O koniu huculskim w Polsce. Roczniki Nauk Rolniczych i Leśnych, tom XVI, Poznań 1927.
43. Lukomski, B. Das arabische Pferd in Slawuta und anderen Gestüten des südwestlichen Russlands. Stuttgart 1906.
44. Skorkowski, E. Das arabische Pferd und seine Zucht in Polen. Bull. de l'Académie Polonaise, Sér. B, Cracovie 1926.
45. Kuffner, H. Studien über das orientalische Pferd mit besonderer Berücksichtigung seiner Zucht in Babolna. Arbeiten d. Lehrkanzel für Tierzucht, Bd. I, Wien 1922.
46. Urussow, S. Kniga o lošadi. Bd. I und II. St. Petersburg 1911.
47. Tscherski, I. Wissenschaftliche Resultate der von der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zur Erforschung des Janalandes und der neusibirischen Inseln ausgesandten Expedition. Mémoires de l'Académie des Sciences de St.-Pétersbourg, t. XL, 1893.
48. Kiewewalter, L. Skelettmessungen an Pferden. Leipzig 1888.
49. Franck: s. Nr. 5.
50. Brandt. Neue Untersuchungen über die in den altaischen Höhlen aufgefundenen Säugethierreste. Bull. de l'Académie Imp. des Sc. de St.-Pétersbourg, t. XV, 1871.
51. Salenski, W. Wissenschaftliche Resultate der von N. Przewalski nach Zentralasien unternommenen Reisen. Zoologischer Teil. Bd. I. St. Petersburg 1902.
52. Berezowski, A. Studja nad koźmi dyluwialnymi i przedhistorycznymi w Polsce. Roczn. Nauk Roln., Kraków 1911.
53. Prawocheński, R. Pochodzenie, pokrój i rasy koni. Warszawa 1922.
Prawocheński, R. und Kaczkowski, B. Observations on the Fragment of a Horse Skull from an Interglacial Deposit near Pulawy, Poland. Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, vol. XLVII, part III, 1926—1927.
54. Nonevičius, E., Kvašninās-Samarinās, M., ir Mockus, Z. XIV šimtmečio lietuvių arklio-žemaituko liekanos Kaune. (Die subfossilen Reste des litauischen Pferdes aus d. XIV. Jahrh. in Kaunas.) Kosmos (Kaunas-Kowno) 1927, Nr. 6.
55. Spizyn, A. Litovskije drevnosti. Tauta ir žodis (Kaunas) 1925.
56. Taillgren, A. L'ethnographie préhistorique de la Russie du nord et des États Baltiques du nord. Acta et Commentationes Universitatis Dorpatensis B IV 4. Tartu 1923.
57. Ebert, M. Die baltischen Provinzen Kurland, Livland, Estland. Praehistor. Zeitschr., Bd. V, Heft 3/4, 1923.
58. Hausmann, R. Praehistorische Archäologie. Baltische Landeskunde. Riga 1911.
59. Almgren, O. Studien über nordeuropäische Fibelformen. Leipzig 1923.
60. Tischler-Kemke. Ostpreussische Altertümer. 1902.

61. Lebedew, G. Mineralogie. Petersburg 1907.
62. Holzmayer, G. Osiliana. Das Kriegswesen der alten Oeseler. Arensburg 1868.
63. Publikationen des Vereins zur Kunde Oesels. Arensburg 1891.
64. Buga, K. Die Vorgeschichte der aistischen (baltischen) Stämme im Lichte der Ortsnamenforschung. Leipzig 1924.
65. Mortensen, H. Litauen, Grundzüge einer Landeskunde. Hamburg 1926.
66. Herberstein. Moscovia. Übersetzt von W. v. d. Steinen. 1926.
67. Scriptores rerum Prussicarum. Herausgegeben von Hirsch, Töppen u. Strehlke. Bd. II.
68. Stella, Er. Preussische Antiquitäten. Acta Borussica, Traktat 1, VI.
69. Hehn, zitiert nach H. Kraemer.
70. Trautmann, R. Die altpreuussischen Sprachdenkmäler. Göttingen 1910.
71. Leskien, A. Die Bildung der Nomina im Litauischen. Leipzig 1891.
72. Junker. Zur altrussischen Benennung des Pferdes. Zeitschrift für vergleichende Sprachforschung, Bd. L, Göttingen 1922.
73. Darwin, Ch. Reise eines Naturforschers um die Welt. 1910.
74. Duerst, J. Die Tierwelt der Ansiedelung am Schlossberge zu Burg an der Spree. Archiv für Anthropologie 1904.
75. Bogdanow, E. Allgemeine Tierzucht (russisch). Moskau 1926.
76. Sanson. Traité de zootechnie. Paris 1896.
— Mémoire sur la détermination d'un type spécifique de race chevaline à cinq vertèbres lombaires. 1868.
77. Basanavičius, J. Apie trakų-prygų tautystę ir ju atsikelimą Lietuvon. Lietuvių Tauta, Bd. III, Wilna 1921.
78. Aspelin, J. Zamětki o proischoždenii finskoj lošadi, s priměč. Fabricius'a. 1886.
79. Alfthan, A. Den finska hästen. Helsingfors 1911.
— Konevodstvo v Finljandii. Helsingfors 1912.
80. Piétrement. Les chevaux dans les temps préhistoriques et historiques. 1883.
81. Tolstoj, I. und Kondakow, N. Russkija drevnosti v pamjatnikach iskusstva. Bd. III. 1909.
82. Ecker, A. Das europäische Wildpferd und dessen Beziehungen zum domestizierten Pferd. Globus 1878.
83. Feist, S. Kultur, Ausbreitung und Herkunft der Indogermanen. Berlin 1913.

Berichtigungen.

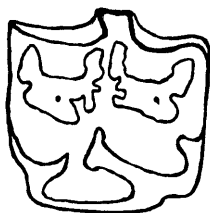
S. 35 Z. 2 v. o. statt S. 30 lies S. 31.
S. 44 Nr. 51 „ entea Jug „ Tangente.

3.



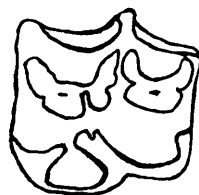
M₁

2.



M₂

1.



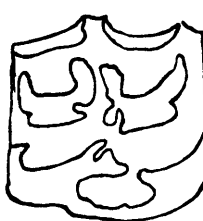
M₁

4.



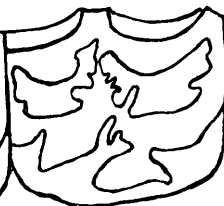
M₂

6.



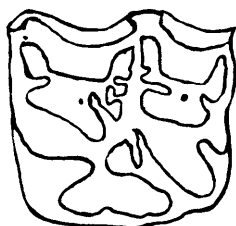
M₁

7.



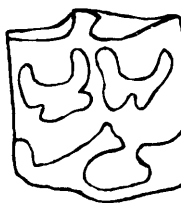
P₁

5.



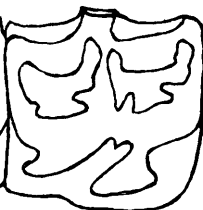
P₁

8.



M₁

9.



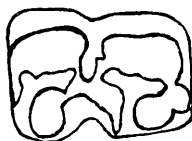
P₁

14.



M₁

12.



M₁

10.



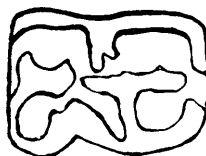
M₁

15.



P₁

13.



P₁

11.



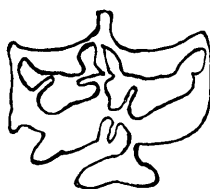
P₁

16.



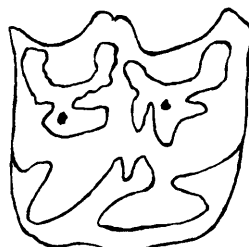
M₁

17.



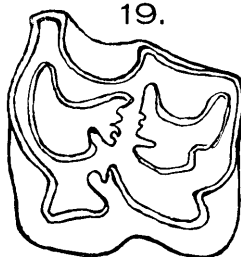
M₁

18.

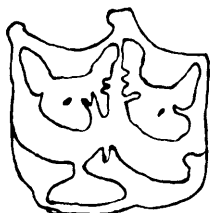


P₁

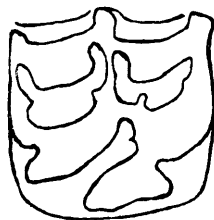
19.



20.

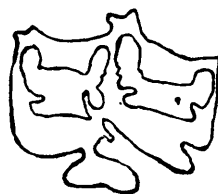


22.



P₁

23.



21.



24.



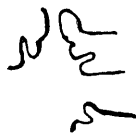
25.



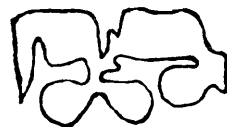
26.



27.



28.



29.



30.



31.

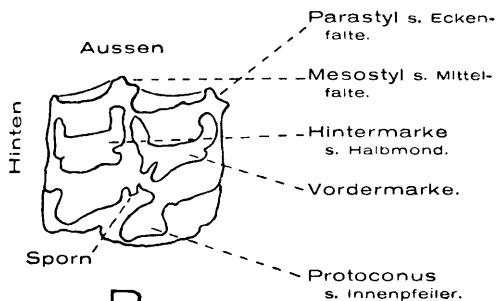


32.



P₃

34.

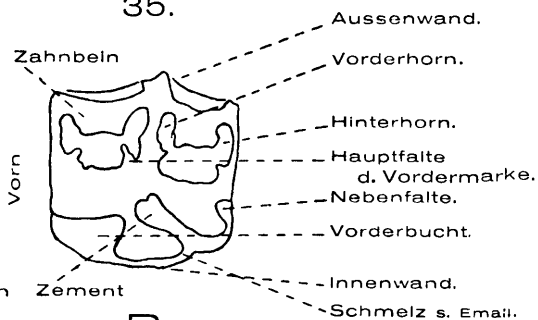


P₁

33.

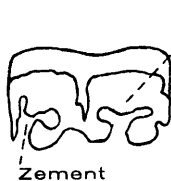


35.



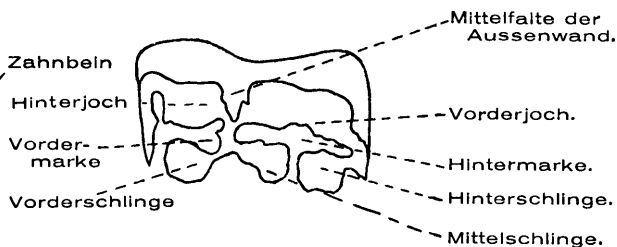
P₁

36.



M₂

37.



P.

Inhaltsverzeichnis.

Die diluvialen und die rezenten Pferde	1
Biometrische Daten	18
Kraniologische Ergebnisse nebst einigen osteologischen Daten	28
Odontologische Untersuchungen nebst einigen osteologischen Bemerkungen	47
Die subfossilen und fossilen Pferdereste im Baltikum	69
Späteres Neolithikum und Bronzezeit im Baltikum	90
Zur Frage der Abstammung einiger osteuropäischer Pferde vom wilden Waldpferd	102
Zur Frage der Herkunft des osteuropäischen Pferdes vom Tarpan oder vom Equus Przewalskii	112
Thesen	132
Literaturverzeichnis	135

AUS DER I. CHIRURGISCHEN UNIVERSITÄTSKLINIK IN TARTU (DORPAT)
(DIREKTOR: PROF. DR. MED. K. KONIK)
UND DER CHIRURGISCHEN UNIVERSITÄTSKLINIK ZU BRESLAU
(DIREKTOR: GEH. MED.-RAT PROF. DR. H. KÜTTNER)

BEITRAG ZUR ÄTIOLOGIE DER ARTERIELLEN THROMBOSEN

VON

PRIV.-DOZ. U. KARELL

TARTU (DORPAT) 1931

Die relative Seltenheit primärer arterieller Thrombosen gegenüber denen des venösen Gefässsystems bringt es mit sich, dass die Behandlung des vorliegenden Themas in ein in der Literatur nur wenig bearbeitetes Gebiet führt. Während es kaum einen grösseren Venenstamm gibt, bei dem Thrombosen, welcher Ätiologie sie auch seien, nicht beschrieben wären, sind Mitteilungen über Thrombosen von Arterien in der einschlägigen Literatur spärlich, und die beschriebenen Fälle sind ätiologisch erstens verschieden und ferner oft genug durchaus unklar.

Es wird daher in vorliegender Arbeit an geeigneter Stelle insbesondere auch auf das pathologisch-anatomische Substrat des Zustandekommens der Arterienthrombosen einzugehen sein. Die Arbeit, ausgehend von zwei in ihrer Ätiologie, dem Befund und der Lokalisation des Prozesses weitgehende Ähnlichkeit zeigenden klinischen Berichten, wird sich des weiteren mit den Fragen der Topographie, der Kasuistik, des Zusammenhanges zwischen Trauma und Thrombose, der Mechanismen der Traumen, und schliesslich mit der Prognose arterieller Thrombosen im allgemeinen wie im speziellen auseinanderzusetzen haben. Dazu werden wiederholt Fragen aus dem Gebiete der venösen Thrombosen herangezogen werden müssen.

Die mir von der Chirurgischen Universitätsklinik Breslau, Geheimrat Prof. Dr. Küttner, zur Verfügung gestellten klinischen Berichte betreffen zwei Patienten, deren Anamnese und Krankheitsverlauf im folgenden kurz wiedergegeben werden.

I. Robert K. 32 Jahre alt. Anamnese: Der Patient ist als Kind und späterhin stets gesund gewesen. 1914 als Soldat Steckschuss in die linke Wade; das Geschoss wurde entfernt. 1920 am Scharlach erkrankt.

Ende September 1929 verunglückte K. mit dem Motorrad. Er fuhr beim Ausweichen in mittlerer Geschwindigkeit mit dem rechten oberen Teil des Brustkorbes gegen eine Wagendeichsel. K. wurde bewusstlos in das Knappschaftslazareth R. transportiert.

15 Stunden soll vollkommene Bewusstlosigkeit geherrscht haben, ebenso weiterhin nach Überführung ins Krankenhaus nochmals 20 Stunden. Nach 14-tägiger Bettruhe wurde er in häusliche Pflege entlassen. Zur Zeit der Aufnahme in die Universitätsklinik Breslau bestanden folgende Beschwerden:

Zeitweilig heftige Schmerzen im Hinterkopf, ausgesprochene Schwäche im rechten Arm und in der rechten Hand; starke Schmerzen in den Fingern der rechten Hand; Beklemmungsgefühle und Atembeschwerden in der rechten oberen Brusthälfte.

Befund:

Es handelt sich um einen mittelgrossen, kräftig gebauten Patienten, in gutem Ernährungszustand. Haut und sichtbare Schleimhäute sind blass. Der Gesichtsausdruck ist wehleidig.

Über der Konvexität des Schädels besteht allenthalben geringe Klopfempfindlichkeit. Das rechte Auge liegt etwas tiefer in der Orbita als das linke; die Pupillen, beiderseits gleich weit, reagieren etwas träge auf Lichteinfall und Konvergenz. Die Halswirbelsäule ist namentlich im unteren Teil leicht klopfempfindlich. Die Dornfortsätze stehen sämtlich in einer Ebene.

Die rechte Schulter hängt etwas herab, das mediale Ende der Clavicula steht nicht in der Articulatio sternoclavicularis; es ist nach vorn luxiert und deutlich auf dem Sternum zu tasten. Die Umgebung der Clavicula und der obere Teil des rechten Brustkorbes erweisen sich als grünlich verfärbt. Die Bewegungen in der rechten Schulter, im rechten Arm und in den Fingern der rechten Hand sind in sämtlichen Gelenken bis zu den Endstellungen, wenn auch kraftlos und langsam, spontan ausführbar. Allein die Beugungsfähigkeit des 4. und 5. Fingers ist fast ganz aufgehoben.

Die gesamte Muskulatur des rechten Armes vom Deltoideus bis zu den Handmuskeln ist atrophisch. Es bestehen an Schulter und Arm Massunterschiede von $2\frac{1}{2}$ —3 cm gegenüber dem linken Arm. Am auffälligsten ist die Atrophie der Daumenballenmuskulatur. Die Prüfung der Sensibilität ergibt an der rechten Hand deutliche Hypoästhesie, im Bereiche des Nervus ulnaris und radialis, im Versorgungsgebiet des Nervus medianus dagegen Hyperästhesie. Die elektrische Erregbarkeit der Muskulatur des rechten Armes ist sowohl galvanisch wie faradisch qualitativ und quantitativ unverändert. Weder an der Arteria subclavia

noch an der Arteria axillaris und den Gefässen des Ober- und Unterarms ist der Pulsschlag zu fühlen.

An dem Thorax, Lungen, Herz finden sich keine Besonderheiten; der Leib ist weich und nirgends druckempfindlich. Das Zentralnervensystem weist keine pathologischen Verhältnisse auf.

Nach 6-tägiger Beobachtung ist der Befund unverändert. Die Hauptklagen beziehen sich auf starke neuralgische Schmerzen in der rechten Hand und im rechten Unterarm. Sie sind von der rein konservativen Therapie, — Elektrisieren, Bewegungen, Heissluft und vorsichtige Massage, — unbeeinflusst geblieben.

II. Alfred R. 39 Jahre alt. Anamnese: R. gibt an, abgesehen von interkurrenten Erkältungskrankheiten, im allgemeinen gesund gewesen zu sein. Etwa zwei Wochen vor der Aufnahme in die Chirurgische Universitätsklinik Breslau verunglückte R. Von einem nahe an der Hauswand vorbeifahrenden Wagen wurde er erfasst und von einer der Brettstützen an die Wand gepresst. Die Brettstütze traf ihn dabei an der oberen rechten Thoraxpartie und in der Gegend des rechten Schlüsselbeins. Zugleich fand eine Quetschung des rechten Handgelenks statt. Gleich im Anschluss an die angeblich recht schmerzhafteste Quetschung bemerkte R. eine plötzlich einsetzende Heiserkeit, die mit ständigem Hustenreiz verbunden war. Stärkere Hustenstösse förderten angeblich sanguinolentes Sputum zutage. Bewusstlosigkeit trat nicht ein.

Im Verlaufe der dem Unfall folgenden 2 Wochen waren die subjektiven Beschwerden folgende: Schmerzen in den gequetschten Partien, besonders bei Bewegungen; mässiges Schwächegefühl und bisweilen ziehender Schmerz im rechten Arm; fortbestehende Heiserkeit und leichter Husten.

Befund:

R. ist ein mittelgrosser Patient in mässigem Ernährungszustand. Haut und sichtbare Schleimhäute sind gut durchblutet. Am Kopf und Hals finden sich keine Zeichen äusserer Gewalteinwirkung. In der Nähe der rechten Brustwarze bestehen Reste einer oberflächlichen Hautabschürfung. Die Haut ist daselbst in weiterer Ausdehnung gelblich verfärbt.

Über der Mitte der Clavicula und über der 2. Rippe, etwa 2 Querfinger rechts vom Sternum, besteht deutliche Druckschmerzhaftigkeit, während Schmerzen bei Kompression des Thorax nicht gefühlt werden.

Über den rechten Handrücken verlaufen 3 frisch vernarbte Hautwunden. Eine mässige Schwellung ist über der Basis des 3. Mittelhandknochens deutlich palpabel. Dasselbst besteht deutliche Druckschmerzhaftigkeit. Bei Bewegung des rechten Handgelenks werden, offenbar heftige, Schmerzen gefühlt. In den einzelnen Fingergelenken sind nur extreme Bewegungen schmerzhaft. Der Händedruck der rechten Hand fällt schwächer aus, als der der linken.

Die Umfangsmasse an Schulter, Ober- und Unterarm ergeben nur geringe unterschiedliche Daten gegenüber der linken Seite. Dagegen ist, während an der linken oberen Extremität der periphere wie auch der Puls der Arteria axillaris deutlich fühlbar sind, am rechten Arm der Axillaris-, Brachialis-, Cubitalis- und Radialis-Puls nur mit Mühe tastbar und ganz ausserordentlich klein.

Abgesehen von dem erwähnten Hämatomrest weist der Thorax nichts besonderes auf. Über einem kleinen Bezirk des rechten Lungenunterlappens sind vereinzelte Rasselgeräusche auskultierbar. Herz und Bauchorgane weisen keinen pathologischen Befund auf. Die Stimme ist deutlich heiser. Das Zentralnervensystem ist frei von pathologischen Veränderungen. Im Laufe der stationären Behandlung und Beobachtung blieb der Zustand des R. im wesentlichen unverändert. Laryngoskopisch fanden sich alle Anzeichen einer rechtseitigen Rekurrensparese, die vermutlich mit dem erlittenen Unfall in kausale Beziehungen zu setzen wäre. Die auffällige Differenz der Pulse der oberen Extremitäten blieb unverändert, die Herabsetzung der groben Kraft im rechten Arm wurde vielleicht noch deutlicher. Die elektrische Erregbarkeit im Muskelgebiet des rechten Armes war qualitativ und quantitativ völlig normal.

Es handelt sich also, nach dem Gesagten, um zwei Fälle, die in vielen Punkten weitgehende Ähnlichkeit aufweisen.

In beiden Krankheitsfällen ging dem Krankheitsbild ein fast analoges Trauma voraus, d. h. eine stumpfe, den rechten oberen Bezirk der Thoraxhälfte betreffende Verletzung, die das eine Mal zu einer Luxation der Clavicula in der Articulatio sternoclavicularis führte. Angesichts der Grösse der Gewalteinwirkung muss das Trauma jeweils eine zumindest komprimierende Komponente gehabt haben. Dafür sprechen auch die von beiden Patienten angegebenen Atembeschwerden und Beklemmungsgefühle. Ent-

sprechend den geschilderten Mechanismen und vor allem entsprechend dem Befund bei beiden Patienten, — das eine Mal *Luxatio claviculae*, das andere Mal deutliche Druckschmerzhaftigkeit der Clavicula und ihrer Umgebung, — müssen die Traumen weitgehend die rechte Clavicula betroffen haben.

Was die Krankheitsbilder anbelangt, so sind die Unterschiede der Bilder weniger qualitativer, als vielmehr gradueller Natur. Offensichtlich handelt es sich in beiden Fällen um eine Störung der arteriellen Blutzufuhr, mit grösster Wahrscheinlichkeit um echte Thrombosenbildung, wobei der Symptomenkomplex des einen Patienten auf eine vollkommene Verlegung des Arterienrohres deutet, während der des anderen die Erklärung zulässt, dass es sich um eine unvollkommene, nicht das gesamte Lumen betreffende Thrombose handelt: Einmal völliges Fehlen einer nachweisbaren Pulsquelle der palpablen Arterien, das andere Mal rein quantitative Veränderungen der Pulswelle im Sinne einer Herabsetzung der Kraft des Pulses. Hier ausgesprochene Schwäche der gesamten betroffenen Extremität verbunden mit lebhaften Schmerzempfindungen, dort eine deutlich nachweisbare Herabsetzung der groben Kraft und subjektives Schwächegefühl im Arm. Dementsprechend hat sich das eine Mal eine deutlich messbare Atrophie der Armmuskulatur entwickelt, die wir bei dem anderen Patienten nur angedeutet finden.

Zur Erklärung des Stockens des arteriellen Stromes in der Arteria axillaris bis zur Arteria radialis kann nur eine akut einsetzende Thrombosenbildung herangezogen werden. Wie eine solche Thrombose mit den geschilderten Traumen in Zusammenhang gebracht werden kann, soll weiter unten erörtert werden. Dass ein solcher besteht, dürfte schon jetzt aus der Darstellung der Entstehung der Krankheitsbilder erhellen. Das hiesse also, dass die beschriebenen Gewalteinwirkungen zugleich ein indirektes Trauma auf den Arterienstamm des Armes ausgeübt haben. Da sich diese Gewalteinwirkungen im Bereiche der Clavicula, der 2. und 3. Rippe abgespielt haben, kommt als betroffenes Arterienrohr in beiden Fällen die Arteria subclavia kurz nach ihrem Austritt aus der oberen Thoraxapertur in Betracht. Der Sitz des Beginnens der thrombosierenden Prozesse muss demnach in die Arteria subclavia verlegt werden.

Es seien an dieser Stelle einige kurze anatomische Bemerkungen über den Verlauf der Arteria und Vena subclavia und ihre

topographischen Beziehungen zur Clavicula und zur ersten Rippe vorausgeschickt.

Die vena subclavia ist bei ihrem Austritt aus der oberen Thoraxapertur über der ersten Rippe vor dem Musculus scalenus anterior von einem mit der Fascie des Musculus subclavius in Zusammenhang stehenden Gewebe eingescheldet, zudem noch von dem nach vorn bis zur Fossa jugularis reichenden Fettgewebe umgeben.

Durch das der Fascie des Musculus subclavius angehörende Gewebe steht die Vene gewissermassen in elastischem Zusammenhang mit diesem Muskel. In ihrem weiteren Verlauf über die erste Rippe ist sie auf einer Strecke von etwa $1\frac{1}{2}$ —2 cm allseitig von jenem Fettgewebe umgeben. Anders die Arteria subclavia. In der Lücke zwischen Musculus scalenus anterior und medius austretend, liegt sie hart auf dem Periost der ersten Rippe und ist erst in ihrem weiteren Verlauf von der das gemeinsame Gefäßbündel umscheidenden Gewebsschicht umgeben.

Löhr hat in einer Originalarbeit über venöse Thrombosen auf die Anatomie dieser Gegend besonders hingewiesen. Neben ihm haben sich immer wieder Autoren mit dem Studium der Topographie der Arteria und Vena subclavia, resp. axillaris wegen der nicht seltenen venösen Thrombosen der Achselgegend befasst; wie denn überhaupt thrombotische Prozesse der Axillarvene zu einer relativ reichhaltigen Literatur Anlass gegeben haben.

Von dieser sind für die vorliegende Arbeit von besonderem Interesse alle jenen Arbeiten, die sich mit dem Zusammenhang zwischen Venenthrombose und vorangegangenen Trauma befassen. Wenn auch solche Berichte in der einschlägigen Literatur nicht gerade häufig sind, so haben doch immer wieder klinische Beobachtungen das Interesse auf derartige traumatische Thrombosen gelenkt. In neuerer Zeit hat sich Löhr¹⁾ mit diesem Thema eingehender beschäftigt. Löhr, dem selbst sechs derartige Fälle von traumatischer Thrombose zur Beobachtung kamen, hebt in seiner Arbeit als charakteristisch das plötzliche, offensichtlich mit dem Trauma in Zusammenhang stehende Einsetzen hervor, glaubt jedoch nicht alles mit dem Trauma allein erklären zu können. Vielmehr nimmt er häufig irgendwelche disponierende Momente, etwa im Sinne einer dem Trauma vorangehenden, über das gewohnte Mass hinausgehenden Überanstrengung, an.

1) Deutsche Zeitschrift f. Chirurgie Bd. 214.

Das Studium der Literatur ergibt, dass immer wieder ein möglicher Zusammenhang zwischen Trauma und venöser Thrombose mit Sicherheit angenommen werden muss. Angaben, die von thrombotischen Venenerkrankungen, selbst nach anscheinend recht geringfügigem Trauma, berichten, sind nicht selten. Schlechthin als Thrombose „par effort“ gedeutet, hat dieses Krankheitsbild schon öfter Autoren beschäftigt. Solchen Berichten zufolge hat bisweilen bereits eine übermässige Muskelanstrengung oder eine Erschütterung genügt, um das erwähnte Krankheitsbild hervorzurufen. Auffallend ist, dass die beschriebenen Fälle von traumatisch bedingter venöser Thrombose sich vorzugsweise auf die oberen Extremitäten beschränkten. Irgendwelche Momente, die die Entstehung dieser ebengenannten, wie überhaupt das Zustandekommen der Thrombosen begünstigen, fehlen fast immer. In zwei Fällen konnte eine bestehende Polyglobulie mit Sicherheit als prädisponierend angenommen werden.

Was das Trauma anbelangt, so ist stets nur von indirekten, nicht die Gefässwand direkt verletzenden Traumen die Rede. Das Krankheitsbild als solches bietet nichts Besonderes im Vergleich mit demjenigen von Thrombosen anderer Ätiologie. Schmerzgefühl, Kraftlosigkeit, Schwellung, gegebenenfalls Zyanose charakterisieren es. Einzig und allein der einem Trauma folgende akute Beginn zeichnet solche Thrombosen besonders aus.

Entsprechend der viel grösseren Seltenheit des Ereignisses sind die Angaben über traumatisch bedingte Thrombosen des arteriellen Gefässsystems in der Literatur sehr spärlich verstreut, insbesondere wenn man von jenen Fällen absieht, bei denen ein direktes, die Gefässwand selbst betreffendes Trauma zur Thrombose führte. (Hierher gehören z. B. die Stich- und Schussverletzungen.) Ist doch die arterielle Thrombose an sich ein nicht gerade häufig beobachtetes Krankheitsbild, was in der Strömungsgeschwindigkeit des Blutes, der Elastizität des Gefässrohres und nicht zuletzt darin eine genügende Erklärung findet, dass das arterielle System, gegenüber dem venösen, ein sehr viel weniger verzweigtes Netz darstellt. Daher ist eine auf ein Trauma zurückzuführende arterielle Thrombose geradezu eine Rarität.

Coenen¹⁾ berichtet über einen Fall von arterieller Thrombose des Oberarmes bei einem Krückenträger. Er spricht hier von einem chronischen, jedenfalls indirektem Trauma, das zu einer

1) Zentralbl. f. Chirurgie 1927.

vollkommenen Thrombose der Arteria axillaris et brachialis führte. Dementsprechend die Symptome: Pulslosigkeit, Blässe und Kälte der Haut, Schmerzgefühl, beschränkte Bewegungsmöglichkeit; ein Zustand, der trotz Operation zur Gangrän führte.

Noch andere, ganz analoge Krankheitsbilder finden sich in der Literatur. Von Souques und Terris¹⁾ wird ein Fall beschrieben, bei dem nach 47-jährigem Gebrauch einer Armkrücke eine Thrombose der Arteria axillaris eintrat, und weiterhin berichtet Revault²⁾ von Fällen von Thrombose im axillo-humeralen Gebiet, die durch den Gebrauch von Krücken verursacht wurden. R. beobachtete solche mit den Symptomen einfacher Ischämien bis zu den schwersten Formen mit schnell fortschreitender Gangrän.

Von den Erklärungen, die die genannten Autoren für das Zustandekommen dieser Thrombosen nach stumpfem Trauma geben, soll weiter unten die Rede sein.

Hartmann³⁾ weiss von einer Schussverletzung zu berichten, die, wie sich in operatione herausstellte, ohne die Arteria axillaris zu verletzen, durch blosser Kontusion eine vollkommene Thrombose der Arterie hervorgerufen hatte. Auch hier standen Pulslosigkeit, Blässe und Bewegungsstörungen im Vordergrund des Krankheitsbildes, ein Zustand, der übrigens durch erfolgte Thrombektomie restlos beseitigt wurde.

Hier sei auch erwähnt, dass von Auvrai⁴⁾ ein Fall von arterieller Thrombose beschrieben ist, die unmittelbar nach schwerer Humerusfraktur mit starker Dislokation eintrat. Rowntree⁵⁾ endlich beschreibt ein Krankheitsbild mit den deutlichen Zeichen einer Thrombose der Arteria axillaris, die während extrem schwerer Arbeit des Armes akut mit heftigem Schmerz einsetzte und in kurzer Zeit zu Pulslosigkeit, Blässe und Kälte der Hand führte. Dieser Zustand war erst zwei Jahre nach erfolgtem Trauma behoben.

Die Aufzählung der genannten Arbeiten verfolgt keinen anderen Zweck, als zu zeigen, einmal dass die Entstehung einer arteriellen Thrombose nach einem stumpfen Trauma ein durchaus mögliches, wenn auch ungewöhnliches Ereignis dar-

1) Bulletin et mém. de la soc. méd. Jahrg. 40.

2) Presse méd. Jahrg. 34.

3) Presse méd. Jahrg. 31.

4) Soc. de chirurg. 1924.

5) British med. journ. 1920.

stellt, und ferner, dass dieses Krankheitsbild verschiedentlich klinisches Interesse geweckt hat, ohne jemals erschöpfend dargestellt und bearbeitet worden zu sein.

Den eingangs erwähnten klinischen Beobachtungen an den Patienten Robert K. und Alfred R., denen die vorliegende Arbeit ihre Entstehung verdankt, stehen also gewisse analoge Beobachtungen gegenüber.

Wenn man die mir von der Küttner'schen Klinik zur Verfügung gestellten Krankheitsberichte zum Ausgangspunkt der theoretischen Erörterungen macht, so fällt, wie bereits angedeutet, die weitgehende Analogie in der Lokalisation der Ausgangspunkte der Thrombosen auf. Um der Ätiologie dieser Arterienthrombosen näherzukommen, erscheint es angezeigt, zunächst auf die rein mechanischen Vorgänge bei den erlittenen Unfällen einzugehen. Bei dem Patienten Robert K. muss die direkte Gewalt auf die rechte Klavikel eingewirkt haben, und zwar von schräg oben vorn; sie führte zu einer Luxation in der Articulatio sternoclavicularis nach vorn und unten. Ein anfängliches grösseres Hämatom der gesamten Umgebung deutet auf Quetschung der umliegenden Gewebsteile und auf mit der Luxation notwendigerweise verbundene Abrisse und Risse kleinerer Gefässe: zugleich ein Beweiss dafür, dass eine erhebliche Dislokation der Clavicula stattgehabt haben muss. Die gleichzeitig hervorgerufene *Commotio cerebri* ist für die gegenwärtigen Erörterungen ohne Belang.

Bei dem Patienten Alfred R. traf die direkte äussere Gewalt vorstellende Brettstütze den Thorax in den Partien oberhalb der rechten Brustwarze und das Schlüsselbein selbst, ohne dieses, wenigstens für die Dauer, zu dislozieren. Die gleichzeitig statt habende Kompression des oberen Thorax einerseits und die für die vorliegenden Darstellungen belanglose Rekurrensschädigung andererseits geben Anlass zu dem sofort nach der Verletzung einsetzenden Hustenreiz.

Zusammenfassend lässt sich demnach sagen, dass es sich um jeweils stumpfe Traumen handelt, die keine groben Hautkontinuitätstrennungen, Gewebszerreissungen oder gröbere Verletzungen des Knochensystems verursachten, und leicht ohne schwerere Folgen hätten bleiben können. Im Gegensatz dazu der klinische Verlauf: Während der dem Unfall folgenden ersten zwei Wochen machten sich, trotz allgemeiner Besserung des

Gesamtzustandes, Störungen im rechten Arm bemerkbar, in dem einen Falle ausgesprochener als in dem anderen. Subjektiv bestanden, wie erwähnt, Schwächegefühl und Schmerzen im rechten Arm; objektiv liessen sich Atrophie, das eine Mal ausgesprochen, das andere Mal angedeutet, ferner in dem einen Fall Sensibilitätsstörungen, im Sinne der Hypo- bzw. Hyperästhesie, und endlich vor allem bei beiden Patienten gegenüber der linken Extremität Veränderungen der Qualität des Pulses nachweisen, der bei Robert K. nirgends, bei Alfred R. nur mit Mühe tastbar war; mit anderen Worten: die arterielle Blutzufuhr auf den natürlichen Wegen war vollständig resp. teilweise verlegt. Es sei hier vorausgeschickt, dass dieser Befund, etwa zwei Monate nach der Entlassung aus der Klinik, bei beiden Patienten sich nur sehr wenig gebessert hatte, ein Umstand, der, da die Patienten beide im besten, arbeitsfähigen Alter stehen, recht ernst bewertet werden muss.

Als wesentlichste Aufgabe ist nun im folgenden zu erörtern, wie die geschilderten Traumen auf das arterielle Gefässsystem der Hals-Achselgegend in der Weise wirkten, dass es zu einer thrombotischen Verlegung des Hauptarterienrohres kam.

Rein theoretisch hat die Frage des Zustandekommens einer Thrombose im arteriellen System nach einem das Gefäss nicht direkt verletzenden Trauma alle Autoren stark beschäftigt, die dergleichen Krankheitsbilder überhaupt beobachtet haben. Einigkeit der Auffassung herrscht in dieser Frage jedoch keineswegs.

Einzig auf dem Gebiete des chronischen Traumas, wie es langjähriger Krückengebrauch verursachen kann, neigen die verschiedenen Autoren zu derselben Auffassung, nicht zuletzt deswegen, weil autoptische oder operative Befunde oft genug eine sichere Diagnose im pathologisch-anatomischen Sinne zu stellen erlaubten. Wiederholt bot sich nämlich in diesen Fällen das Bild der arteriitis obliterans mit sekundärer Thrombose, die, z. T. rasch fortschreitend, zur Gangrän der oberen Extremität führte. In dem einen Fall derartiger Krückenschädigung ergab ein wegen Gangrängefahr vorgenommener operativer Eingriff das in diesem Zusammenhang sonst nirgends erwähnte Bild eines im Gebiete der oberen Arteria axillaris entstandenen Aneurysma dissecans mit nachfolgender Thrombose des Arterienrohres. Peukert ferner hält es in seiner Arbeit über „Thrombotische Extremitätengangrän“ für möglich, dass gewisse chro-

nische, selbst leichte Traumen die Widerstandsfähigkeit der Gefässintima derart herabzusetzen vermögen, dass eine Thrombose resultiert.

Zur Erklärung der vielfach beschriebenen traumatisch bedingten Thrombosen des Venensystems der Extremitäten ist wiederholt die Möglichkeit des primären Abreissens kleiner Gefässe angenommen worden. Ob und inwieweit ein derartiges Abreissen von Gefässästen auch im arteriellen System primär zur Entstehung von Thrombose Anlass geben könne, sei dahingestellt und lässt sich schwer nachprüfen; sicher ist, dass ein solches Abreissen des Gefässes zunächst zu einem umfangreichen Hämatom führen würde, das, sobald es organisiert ist, viel eher sekundär zu einer Drosselung des Blutstromes durch Druck auf das Gefäss zu führen vermöchte. In der Ätiologie traumatisch bedingter Thrombosen spielt die periarterielle Hämatombildung sicherlich bisweilen eine Rolle, zumal dort, wo das vorangegangene Trauma die Gefässwand direkt verletzt hat und dadurch zu Blutaustritt in die Umgebung führen muss. Klinisch wird die sichere Feststellung eines Hämatoms als ätiologischen Faktors für eine Abklemmung und sekundäre Thrombose oft schwierig sein, da ein solches Hämatom durchaus nicht palpabel zu sein braucht. Und ist es palpabel, so kann andererseits die zu Hämatombildung Anlass gebende Gefässverletzung primär eine Thrombose zur Folge gehabt haben. In dem Falle Auvrai's, der ein Versiegen der Blutzufuhr bei einer schweren Humerusfraktur beschreibt, ist es wahrscheinlich, dass die Dislokation der Fragmente rein mechanisch eine Abknickung des Gefässes (Arteria brachialis) herbeiführte. Blutige Reposition der Humerusfragmente und Thrombektomie stellten dort auch den arteriellen Blutdruck wieder her.

An dieser Stelle möchte ich nicht versäumen, auf eine andere mit vorangegangenen Trauma in enger Beziehung stehende Erscheinung am arteriellen Gefässsystem hinzuweisen, nämlich auf den traumatisch-segmentären Gefässverschluss. Mehrere solche unter den Zeichen einer akuten Thrombose posttraumatisch einsetzende Krankheitsbilder sind in der Literatur erwähnt. Es handelt sich hierbei um Affektionen, die grösstenteils operativ einwandfrei als Arteriospasmus imponierten, d. h. solche, bei denen Punktion des freigelegten Gefässes glatte Durchgängigkeit ergab. Das Bild dieses spastischen, im sofortigen Gefolge eines indirekten Traumas einsetzenden Gefässverschlusses ist insofern ein sehr

wechselndes, als es sich hierbei sowohl um vorübergehende, z. T. nur Stunden dauernde spastische Zustände mit restloser Ausheilung als auch um solche handeln kann, bei denen es innerhalb 20—29 Std. zu beginnender Gangrän kam.

Winterstein¹⁾ publiziert drei solche Fälle, von denen der eine auf blosser Kontusion mittleren Grades, der andere auf Überfahrenwerden, der dritte auf einen Hufschlag zurückzuführen war.

Gallo²⁾ beschreibt ein solches von bedrohlichen Erscheinungen begleitetes, übrigens nach zwei Tagen spontan abgeklungenes Krankheitsbild im Gefolge einer suprakondylären Humerusfraktur.

Erst vor kurzem hatten wir in der Breslauer Klinik einen Fussballspieler, der mit einem Bluterguss im rechten Knie eingeliefert wurde. Bei der Aufnahme fielen das prall gefüllte Kniegelenk und ein Hämatom in der Kniekehle auf. Der Patient hatte einen heftigen Schlag gegen die Kniescheibe bekommen in dem Moment, wo er den Ball in das Tor schlagen wollte. Das rechte Bein unterhalb des Knies war kalt, obwohl die Beine beide gleich bekleidet waren. Am Fuss war kein Puls zu finden; da die Kennzeichen eines arteriellen Aneurisma fehlten, wurde ein arterieller, segmentärer Gefässkrampf vermutet und die verletzte Extremität mit Wechselbädern behandelt. Nach 6 Stunden trat daraufhin die Pulsation der Arteria dorsalis pedis wieder ein. Nach Punktion des Kniegelenks und Schwamm-Druckverband verliess der Patient nach 10 Tagen die Klinik.

Es konnte sich nur um einen segmentären Krampf der Arteria poplitea handeln, der durch Streckung des Gefässes infolge der gewaltigen Hyperextension des Kniegelenks eintrat.

Dieser Modus der spontanen Lösung ist aber eben nicht der gewöhnliche, und die Tatsache, dass Arteriospasmus nach Trauma im ungünstigen Falle zu Gangrän führen und zur Absetzung zwingen kann, ist in der Literatur durch eine Reihe von Darstellungen erhärtet.

Hartmann³⁾ weiss, wie erwähnt, von einem Patienten zu berichten, der eine Schussverletzung erlitt; das Projektil war am äusseren Pectoralisende eingedrungen und hatte seinen weiteren Weg nach der Axilla zu genommen. Die

1) Schweizer med. Wochenschr. 1925.

2) Semana med. 1922.

3) Presse méd. Jahrg. 31.

wegen thrombotischer Symptome vorgenommene Operation ergab, dass die Kugel in unmittelbarer Nähe der Arteria axillaris lag, letztere aber völlig unverletzt gelassen hatte. Ein Hämatom oder irgendwelche einengende Prozesse lagen nicht vor; das Geschoss kann die Arterie nur kontusioniert haben, ein Vorgang, der innerhalb kurzer Zeit zu einer Thrombose der Arteria axillaris und z. T. der Arteria brachialis führte. Die vorgenommene Thrombektomie ergab eine makroskopisch unverletzte Gefässinnenwand. Mit grosser Wahrscheinlichkeit indessen muss man im vorliegenden Falle annehmen, dass anfangs echte, wenn auch vielleicht minimale Intimarrisse bestanden haben mögen. Die Bedeutung bestehender Intimarrisse für das Zustandekommen einer Thrombose ist hinlänglich bekannt; die thrombotischen Prozesse des Venensystems sind nachweislich in vielen Fällen auf Kontinuitätstrennungen der Intima zurückzuführen. Von daher wissen wir auch, dass selbst die kleinsten Einrisse an der Intima, normale Blutbeschaffenheit vorausgesetzt, eine weitgehende Thrombose hervorzurufen imstande sind. Es ist dies eine Tatsache, die in der Unfallheilkunde, wo das Gebiet der traumatisch bedingten venösen Thrombosen viel besprochen ist, hinlänglich bekannt ist.

Diese Erfahrungen darf man auf das arterielle Gefässsystem, bei dem die einschlägigen kasuistischen Beobachtungen allerdings recht wenig zahlreich sind, ohne weiteres übertragen, da das pathologisch-histologische Substrat der Blutgerinnung in beiden Systemen dasselbe ist, wenn auch gewisse Umstände, wie verlangsamte Strömungsgeschwindigkeit, oberflächliche Lage usw. im venösen System die Entstehung einer Thrombose begünstigen mögen. Man muss annehmen, dass auch im Arterienrohr die geringste Verletzung der Intima, und sei sie auch mikroskopisch klein, Veränderungen im Sinne einer Thrombose hervorzurufen imstande ist. Diese Annahme gibt den Schlüssel zu dem von Rowntree (British med. journ. 1920) beschriebenen Krankheitsbild bei einem 48-jährigen, völlig gesunden Hafenarbeiter, der, wie er erwähnt, im Anschluss an extreme Armmuskelarbeit bei Handhabung einer Winde akut unter den Zeichen einer Thrombose der Arteria axillaris erkrankte. Rowntree nahm damals an, was auch wahrscheinlich ist, dass infolge starker Muskelkontraktion die Clavicula kräftig gegen die erste Rippe gepresst wurde, wodurch die Arterie eine Quetschung erlitt. Diesen Vorgang

vorausgesetzt, versteht man die Entstehung der Thrombose, wenn man annimmt, dass auch hier bei der Quetschung die Intaktheit der Gefässintima irgendwie beschädigt worden sein muss.

Zu den beiden Krankheitsbildern, denen die vorliegende Arbeit ihre Entstehung verdankt, finden sich gerade im Anschluss an diesen Fall von traumatisch bedingter Thrombose in der Kasuistik fliessende Übergänge. Vergewegenwärtigt man sich nochmals die Art des Traumas bei dem Patienten Robert K., bei dem eine Luxatio claviculae resultierte, so ist anzunehmen, dass die Klavikel im Augenblick der Dislokation mit einer der Art des Traumas entsprechenden, nicht unerheblichen Gewalt gegen die erste Rippe gepresst worden sein muss. Bei der Erörterung der anatomischen Verhältnisse wurde darauf hingewiesen, dass die Arteria subclavia bei ihrem Austritt zwischen Musculus scalenus anterior und medius dem Periost der ersten Rippe hart aufliegt, ohne, wie die Vene, von einem nennenswerten Fettpolster umgeben und von dem Musculus subclavius so ausgiebig gedeckt zu sein. Unter Zuhilfenahme des Umstandes, dass der Puls der Arteria subclavia in der Fossa supraclavicularis bis an die palpatorisch eben erreichbare erste Rippe deutlich, im weiteren Verlauf als Arteria axillaris aber nicht mehr tastbar war, muss angenommen werden, dass die Arterie in dem kurzen Stück, wo sie über der ersten Rippe verläuft, durch das Trauma getroffen worden ist. Da in der Fossa supraclavicularis ein Hämatom oder Reste eines solchen nicht nachweisbar waren, hat eine Verletzung der gesamten Gefässwand der Arterie im Sinne einer direkten Zerquetschung an dieser Stelle nicht stattgefunden. Bei dem beschriebenen Mechanismus muss die Arterie, eingeklemmt zwischen Clavicula und erster Rippe, lediglich eine Quetschung erfahren haben. Bei einer derartigen plötzlichen und heftigen Kompression des Gefässes ist anzunehmen, dass die zarte Gefässintima nicht standhielt, mit anderen Worten, dass Intimarrisse in grösserem oder kleinerem Masse stattgefunden haben, die ihrerseits der Entwicklung einer Thrombose Vorschub leisteten. Irgendwelche qualitative Veränderungen des Blutes oder andere pathologische Verhältnisse, die begünstigend auf die Entwicklung thrombotischer Prozesse einzuwirken vermögen, liessen sich während der Dauer der klinischen Beobachtung bei dem Patienten nicht feststellen. Es sei dies an dieser Stelle deswegen besonders hervorgehoben, weil durch diese Tatsachen die Bedeutung der Verletzungen der Ge-

fässintima bei sonst völlig normalen Verhältnissen eine gehörige Würdigung erfährt.

Im Anschluss an diese Darstellung ist nun das Krankheitsbild des Alfred R. zu deuten. Seine Symptomatologie deutet darauf hin, dass auch hier das Trauma ein erhebliches gewesen sein muss. Zwar hat es nicht, wie in dem ersten Fall, eine Dislokation der Klavikel zur Folge gehabt oder gar Frakturen der Klavikel oder Rippen verursacht; jedoch das Bluthusten einerseits und die mit dem Unfall in Zusammenhang zu bringende Rekurrensschädigung andererseits setzen eine gröbere Kompression des obersten rechten Thoraxabschnitts und nachhaltige Gewebsquetschung voraus. Die einwirkende Gewalt traf, wie erwähnt, die Gegend direkt unterhalb der Clavicula und die Clavicula selbst, ohne, von Abschürfungen abgesehen, Hautverletzungen und Gewebstrennungen zu verursachen. Bei intakter clavicula und dem Fehlen von Rippenfrakturen waren also keine Verhältnisse gegeben, die eine direkte Verletzung der betroffenen Arterie möglich machen. Die Art des den Patienten treffenden Traumas lässt auch hier eine Erklärung des Mechanismus der Verletzung zu: die Schädigung des Arterienrohres hat stattgefunden in dem Bereiche seines Verlaufes zwischen Clavicula und erster Rippe, und zwar derart, dass durch komprimierende Gewalt von aussen her das Schlüsselbein plötzlich gegen die erste Rippe gepresst wurde, und hierbei die Arteria subclavia traf. Die Fossa supraclavicularis blieb auch hier frei von nachweisbarer Hämatombildung, d. h. eine Zerreissung oder Verletzung des gesamten Arterienrohres fand jetzt nicht statt.

Die Intensität der plötzlichen, ruckhaften Einklemmung der Arterien zwischen Knochengewebe muss hier ebenfalls die intima derart affiziert haben, dass Kontinuitätstrennungen in ihr resultierten. Die strenge Lokalisation der Verletzung gerade an dieser Stelle folgt auch hier aus dem völlig normalen Pulsbefund an der Arteria subclavia und der gleich abwärts hiervon nachweisbaren quantitativen Veränderung des Pulses im Sinne einer Verringerung der Schwingungsamplitude. Ob der Tatbestand, dass der periphere Puls der betroffenen Extremität in diesem Falle zwar nachweisbar, jedoch nur als sehr klein tastbar war, darauf zurückzuführen ist, dass der einsetzende thrombosierende Prozess a priori das Gefässlumen nicht völlig verschloss, oder ob a posteriori Kanalisation stattfand, lässt sich

nicht entscheiden, da der Patient erst etwa 14 Tage nach dem erlittenen Unfall in klinische Beobachtung trat. Jedenfalls aber entwickelten sich bei beiden Patienten im Anschluss an die Traumen Thrombosen. Ferner handelt es sich bei beiden um stumpfe Gewalteinwirkungen, die in den fraglichen Arterienstämmen mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit zu Einrissen der Gefässintima führten. Endlich finden sich rein klinisch-symptomatisch im weiteren Verlauf weitgehende Analogien, die im folgenden auch bei Erörterung prognostischer Fragen herangezogen werden müssen.

Das traumatische Bedingtsein ausgedehnterer Thrombosen, wie besonders solcher der oberen Extremitäten, hat neben dem rein klinischen Interesse überdies auch Bedeutung auf dem Gebiete der versicherungsrechtlichen Medizin, und zwar besonders, was die Anerkennung der traumatischen Ätiologie der Thrombosen und vor allem die Frage der Prognose anbelangt, also des nach Abklingen der akuten Erscheinungen resultierenden Dauerzustands, bezw. der möglichen Besserung der durch das Trauma bedingten Veränderungen.

Um die Frage der Prognose zu erörtern, ist es nötig, die zur Verfügung stehende Literatur heranzuziehen. Einheitliche Gesichtspunkte lassen sich dieser zufolge nicht feststellen.

Revault, der über thrombosierende Prozesse der oberen Extremität infolge chronischen Traumas durch Krückengebrauch berichtet, erlebte solche, die mit einfachen Ischämien, und solche, die mit schwerer, zur Absetzung zwingender Gangrän einhergingen. Ob dabei die Ausdehnung der thrombotischen Veränderungen oder der Sitz ihres Beginnens die entscheidende Rolle spielt, lässt sich nicht eruieren. Von einer gewissen Bedeutung mag hier auch das Alter der betroffenen Patienten sein.

Wie wechselvoll das Bild ist, erhellt am besten aus der Tatsache, dass selbst der traumatisch-segmentäre, spastische Gefässverschluss trotz im allgemeinen guter Prognose in einigen Fällen zu Gangrän führen kann, wofür die von Finelij beobachteten Erscheinungen sprechen. Auch Coenen, der Gelegenheit hatte an der oberen Extremität eine arterielle Thrombose zu beobachten, die sich im Anschluss an ein durch chronisches Trauma entstandenes Aneurysma dissecans entwickelt hatte, berichtet, sie habe zur Gangrän geführt.

Das Problem des Kollateralkreislaufs an der oberen Extre-

mität ist ein vielbesprochenes Thema, von dem wir, was die Frage der möglichen Ligatur der Arteria axillaris anbetriift, wissen, dass einheitliche Gesichtspunkte sich nicht aufstellen lassen. In prognostischer Hinsicht lässt sich also über arterielle Thrombosen der oberen Extremität nichts Bestimmtes sagen. Allgemein gesprochen, ist es sicherlich eine Reihe von Faktoren, durch die die Prognose weitgehend Bestimmt wird. Hierher gehört vor allem die Frage, wo die Thrombose begann, d. h. ob die Arteria axillaris in ihrem Anfangsteil oder weiter peripheriewärts oder gar erst die Arteria brachialis befallen ist; weiterhin scheint von gewissem Einfluss das Alter des Patienten, die Beschaffenheit des Blutes, ich nenne z. B. die Polyglobulie, — diejenige des Gefässsystems und nicht zuletzt der Zustand des Herzens zu sein.

Mit der einen Frage, ob ein Kollateralkreislauf sich entwickelt, ist die Prognosenstellung nicht erschöpft. Ist er garantiert, so bleibt noch die Frage offen, wie er funktioniert. Die beiden an der Chirurgischen Universitätsklinik Breslau zur Beobachtung gekommenen Patienten sind hierfür Beispiele. Bei beiden entwickelte sich der Kollateralkreislauf; irgendwelche Symptome, die zur Absetzung, sei es auch nur peripherer, Extremitätenabschnitte zwingen konnten, stellten sich nicht ein. Es entwickelte sich jedoch der typisch ischämische Symptomenkomplex, wie er eingangs geschildert wurde.

Bei einer zwei, resp. anderthalb Monate nach der Entlassung aus der Klinik stattgehabten Nachuntersuchung war bei dem schwerer betroffenen Patienten Robert K. der Befund noch unverändert, bei Alfred R. war inzwischen Arbeitsfähigkeit eingetreten; ischämische Symptome, wie Neuralgien, mässige Kraftlosigkeit und Schmerzen bei extremen Bewegungen in den Fingergelenken, bestanden indessen auch bei R. noch. Anschliessend sei hier erwähnt, dass in dem von Rowntree beschriebenen Krankheitsbild einer arteriellen Thrombose nach einem Unfall Besserung erst nach Verlauf von zwei Jahren eintrat.

Nach dem Geschilderten zu urteilen, muss die Prognose in jedem Falle von Thrombose des Arterienstammes der oberen Extremität als dubiös bezeichnet werden, und zwar in dem Sinne, dass in Fällen, bei denen es nicht zu Gangrän kommt, lange Zeit hindurch ischämische Beschwerden leichter oder schwererer Natur bestehen bleiben können.

Zusammenfassend lässt sich daher sagen, dass die Entwicklung einer arteriellen Thrombose nach einem stumpfen, die Arterie nicht direkt verletzenden Trauma ein durchaus mögliches, wenn auch seltenes Krankheitsbild darstellt, das bei äusserlich unverletztem Gefässrohr, mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit, auf kleine, bisweilen nur mikroskopisch nachweisbare Intimarisie zurückzuführen ist, und dessen Prognose als zweifelhaft bezeichnet werden muss.

Für die Überlassung der Fälle und die freundliche Anregung wie allseitiges und stetiges Entgegenkommen während meiner Tätigkeit an der Klinik möchte ich an dieser Stelle Herrn Geheimrat Prof. Dr. H. Küttner und Herrn Prof. L. Heidrich meinen ganz ergebenen Dank aussprechen.

ÜBER EIGENSCHWINGUNGSZAHLEN FREIER PLATTEN

VON

E. KRAHN

TARTU 1931

Hinsichtlich der Membranschwingungen hat R. Courant¹⁾ gezeigt, dass sich die Eigenwerte nicht nur durch die übliche, auf einer rekurrenten Bestimmung beruhende, Minimumeigenschaft bestimmen lassen, sondern, unabhängig von der Kenntnis der Eigenfunktionen, als Lösungen eines Maximum-Minimumproblems gegeben werden können. Eine analoge Bestimmung wird in der vorliegenden Arbeit für die Eigenwerte der freischwingenden Platte durchgeführt. Weiter wird die asymptotische Verteilung der Eigenwerte behandelt und gezeigt, dass sie mit derjenigen bei der eingespannten Platte²⁾ übereinstimmt.

Legen wir die Mittelebene der Platte im Ruhezustand in die xy -Ebene und bezeichnen das von ihr eingenommene Gebiet mit G , und wollen wir voraussetzen, dass G von endlich vielen Kurvenbögen mit stetig sich drehender Tangente begrenzt wird. Die Quadrate der Eigenfrequenzen, multipliziert mit einer nur von den physikalischen Eigenschaften der Platte abhängigen Konstanten, nennt man Eigenwerte, und man kann sie in bekannter Weise³⁾ durch folgende Minimaleigenschaft bestimmen:

Der n -te Eigenwert λ_n ist das Minimum des Integrals

$$(1) \quad J[\varphi] = \int_G \int \left\{ (\Delta \varphi)^2 - 2(1 - \mu) \left[\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} - \left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x \partial y} \right)^2 \right] \right\} dx dy^4),$$

1) Math. Zeitschrift Bd. 7. Vgl. zum Folgenden auch R. Courant und D. Hilbert. Methoden der math. Physik I, Kap. 5 und 6.

2) R. Courant. Math. Zeitschrift Bd. 15.

3) G. Kirchhoff. Gesamm. Abhandlungen S. 237. Lord Rayleigh. The theory of sound. W. Ritz. Werke, Abhandlung XVII.

4) Wie schon W. Ritz bemerkt, ist der Integrand für $0 < \mu < 1$ stets positiv.

wenn zum Vergleich solche Funktionen φ zugelassen werden, die einschliesslich ihrer ersten und zweiten Ableitungen in G stetig, deren dritte und vierte Ableitungen daselbst stückweise stetig sind, und die den Bedingungen

$$(2) \quad \int_G \varphi^2 dx dy = 1 \quad \text{und}$$

$$(3) \quad \int_G \varphi u_i dx dy = 0 \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n-1)$$

genügen, wobei μ eine Materialkonstante ist und die u_i die $n-1$ ersten Eigenfunktionen sind.

Die Funktion $\varphi = u_n$, die das Integral J zum Minimum macht, nennt man n -te Eigenfunktion. Die ersten $n-1$ Eigenfunktionen müssen also bei der Bestimmung des n -ten Eigenwertes bekannt sein.

Die Bedingungen (2) und (3) dienen zur Normierung und Orthogonalisierung der Eigenfunktionen.

Die Funktion φ stellt die Abweichung der Punkte der Mittelebene der Platte von ihrer Ruhelage dar.

Kirchhoff ⁵⁾ hat gezeigt, dass die Eigenfunktionen, auf Grund der Minimaleigenschaft, am Rande des Gebietes den Bedingungen

$$(4) \quad \frac{\partial}{\partial \nu} \Delta u_i - (1 - \mu) \frac{\partial}{\partial s} \left[\cos \vartheta \sin \vartheta \left(\frac{\partial^2 u_i}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 u_i}{\partial x^2} \right) + \right. \\ \left. + (\cos^2 \vartheta - \sin^2 \vartheta) \frac{\partial^2 u_i}{\partial x \partial y} \right] = 0$$

und

$$(5) \quad \mu \Delta u_i + (1 - \mu) \left(\cos^2 \vartheta \frac{\partial^2 u_i}{\partial x^2} + \sin^2 \vartheta \frac{\partial^2 u_i}{\partial y^2} + \right. \\ \left. + 2 \cos \vartheta \sin \vartheta \frac{\partial^2 u_i}{\partial x \partial y} \right) = 0$$

5) G. Kirchhoff. Vorlesungen über Mechanik S. 459.

genügen müssen, — wo ϑ den Winkel der x -Achse mit der inneren Normale, $\frac{\partial}{\partial \nu}$ die Differentiation nach dieser und $\frac{\partial}{\partial s}$ die Differentiation nach der Randkurve bedeutet.

H. Lamb ⁶⁾ hat bemerkt, dass u_i in den Ecken des Gebietes G noch einer weiteren Bedingung genügt, die im Falle einer quadratischen Platte, deren Seiten parallel der x - und y -Achse sind, die Form $\frac{\partial^2 u_i}{\partial x \partial y} = 0$ hat.

Die Lösungen des Minimalproblems — die Eigenfunktionen — genügen bekanntlich der Differentialgleichung

$$(6) \quad \Delta \Delta u = \lambda u ,$$

wo λ der zu u gehörige Eigenwert ist.

Die oben erwähnte Minimaleigenschaft gestattet die Bestimmung der Eigenwerte nur dann, wenn alle vorangehenden Eigenfunktionen bekannt sind. Nun kann man aber von der Differentialgleichung (6) ausgehen und unter der Voraussetzung der Existenz einer abzählbar unendlichen Folge von Eigenwerten und dazugehörigen Eigenfunktionen der Gleichung (6) ihre Eigenwerte durch folgendes Maximum-Minimumproblem bestimmen, das nicht mehr die Kenntnis aller vorangehenden Eigenfunktionen verlangt.

Wir bezeichnen mit $j(v_1, v_2, \dots v_{n-1})$ die untere Grenze des Integrals (1), wenn zum Vergleich solche Funktionen φ zugelassen werden, die nebst ihren ersten und zweiten Ableitungen in G stetig sind, deren dritte und vierte Ableitungen daselbst stückweise stetig sind und die den Bedingungen

$$(7) \quad \int_G \varphi^2 dx dy = 1 \quad \text{und}$$

$$(8) \quad \int_G \varphi v_i dx dy = 0 \quad (i = 1, 2, 3, \dots n-1)$$

6) H. Lamb. London Math. Soc. Proc. vol. XXI 1890.

genügen, wo v_i Funktionen sind, die denselben Stetigkeitsbedingungen genügen, wie die Funktionen φ . Der n -te Eigenwert λ_n der Differentialgleichung (6) ist dann gleich dem grössten Werte, den $j(v_1, v_2, \dots v_{n-1})$ annehmen kann, wenn für das System $v_1, v_2, \dots v_{n-1}$ alle zulässigen Funktionensysteme in Betracht gezogen werden.

Zum Beweise dafür zeigen wir, dass es bei jedem vorgegebenen System von Funktionen v_i Funktionen φ gibt, die dem Integral J einen Wert verleihen, der kleiner oder höchstens gleich dem n -ten Eigenwerte λ_n ist. Zu dem Zwecke bilden wir aus den n ersten Eigenfunktionen u_i und n Konstanten $c_1, c_2, \dots c_n$ die Funktion

$$(9) \quad \varphi = c_1 u_1 + c_2 u_2 + \dots + c_n u_n$$

und wählen die c_i so, dass sie den n Bedingungen (7) und (8) genügen. Dann müssen die c_i $n-1$ lineare Gleichungen und die Gleichung

$$(10) \quad c_1^2 + c_2^2 + \dots + c_n^2 = 1$$

befriedigen.

Auf Grund der Greenschen Formel

$$(11) \quad \int_G \Delta U \Delta V dx dy = \int_G V \Delta \Delta U dx dy + \int_R \left(V \frac{\partial \Delta U}{\partial \nu} - \Delta U \frac{\partial V}{\partial \nu} \right) ds$$

findet man für zwei Eigenfunktionen u_i und u_k , weil diese der Gleichung (6) genügen,

$$(12) \quad \int_G \Delta u_i \Delta u_k dx dy - \int_R \left(u_k \frac{\partial \Delta u_i}{\partial \nu} - \Delta u_i \frac{\partial u_k}{\partial \nu} \right) ds = 0$$

und

$$(13) \quad \int_G \Delta u_i \Delta u_k dx dy - \int_R \left(u_i \frac{\partial \Delta u_k}{\partial \nu} - \Delta u_k \frac{\partial u_i}{\partial \nu} \right) ds = 0.$$

Nun beachten wir noch, dass der Ausdruck

$$(14) \quad \int_G (\Delta \varphi)^2 dx dy - \int_R \left(\varphi \frac{\partial \Delta \varphi}{\partial \nu} - \Delta \varphi \frac{\partial \varphi}{\partial \nu} \right) ds,$$

falls φ den Randbedingungen (4) und (5) genügt, sich auf das Integral (1) reduziert, wovon man sich durch eine einfache Rechnung überzeugen kann, und setzen hier für φ die Summe (9) ein. Dann wird

$$(15) \quad \begin{aligned} J[\varphi] &= \int_G \int \left\{ (\Delta \varphi)^2 - 2(1-\mu) \left[\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} - \left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x \partial y} \right)^2 \right] \right\} dx dy = \\ &= \int_G \int (\Delta \varphi)^2 dx dy - \int_R \left(\varphi \frac{\partial \Delta \varphi}{\partial \nu} - \Delta \varphi \frac{\partial \varphi}{\partial \nu} \right) ds = \\ &= \int_G \int (c_1 \Delta u_1 + c_2 \Delta u_2 + \dots + c_n \Delta u_n)^2 dx dy + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &+ \int_R \left\{ (c_1 u_1 + c_2 u_2 + \dots + c_n u_n) \left(c_1 \frac{\partial \Delta u_1}{\partial \nu} + c_2 \frac{\partial \Delta u_2}{\partial \nu} + \dots + \right. \right. \\ &\left. \left. + c_n \frac{\partial \Delta u_n}{\partial \nu} \right) - (c_1 \Delta u_1 + \dots + c_n \Delta u_n) \left(c_1 \frac{\partial u_1}{\partial \nu} + \dots + c_n \frac{\partial u_n}{\partial \nu} \right) \right\} ds = \end{aligned}$$

$$(A) \quad = \sum_{i=1}^n c_i^2 \int_G \int (\Delta u_i)^2 dx dy +$$

$$(B) \quad + 2 \sum_{i=1}^n \sum_{k=i+1}^n c_i c_k \int_G \int \Delta u_i \Delta u_k dx dy -$$

$$(C) \quad - \sum_{i=1}^n c_i^2 \int_R \left(u_i \frac{\partial \Delta u_i}{\partial \nu} - \Delta u_i \frac{\partial u_i}{\partial \nu} \right) ds -$$

$$(D) \quad - \sum_{i=1}^n \sum_{k=i+1}^n c_i c_k \int_R \left(u_i \frac{\partial \Delta u_k}{\partial \nu} + u_k \frac{\partial \Delta u_i}{\partial \nu} - \Delta u_i \frac{\partial u_k}{\partial \nu} - \right. \\ \left. - \Delta u_k \frac{\partial u_i}{\partial \nu} \right) ds = \sum_{i=1}^n c_i^2 \lambda_i,$$

weil die Summe von (B) und (D) auf Grund von (12) und (13) gleich Null ist und für (A) und (C) die nach Formel (14) gemachte Bemerkung gilt.

Da nun $\lambda_i \leq \lambda_{i+1}$ ist, so folgt bei Beachtung von (10)

$$(16) \quad J[\varphi] \leq \lambda_n.$$

Folglich ist auch $j(v_1, v_2, \dots, v_{n-1}) \leq \lambda_n$ und λ_n der grösste Wert, welchen j bei $v_1 = u_1, v_2 = u_2, \dots, v_{n-1} = u_{n-1}$ wirklich erreicht. Damit ist die Maximum-Minimumeigenschaft bewiesen.

Die asymptotische Verteilung der Eigenwerte einer am Rande eingespannten Platte ist von R. Courant²⁾ berechnet worden. Es liegt nahe zu vermuten, dass, ähnlich wie im Falle der Membranschwingungen¹⁾, das asymptotische Verteilungsgesetz der Eigenwerte einer schwingenden Platte von der Form der Platte und von der Art der am Rande vorgeschriebenen Bedingungen unabhängig ist. Die bisher bekannten Untersuchungen scheinen dem allerdings zu widersprechen, wie gleich näher ausgeführt werden wird. Um das asymptotische Verteilungsgesetz für ein beliebiges Gebiet G zu finden, müssen die Eigenwerte wenigstens für irgendein spezielles Gebiet explizite bekannt sein. Einige Eigenfunktionen und dazu gehörige Eigenwerte der frei schwingenden kreisförmigen Platte sind allerdings seit Kirchhoff bekannt; der Berechnung beliebig vieler, der Grösse nach geordneter Eigenwerte stehen aber sehr grosse Schwierigkeiten im Wege. In Hinsicht der quadratischen Platte hat W. Ritz in seiner berühmten, schon oben zitierten Arbeit „Theorie der Transversalschwingungen einer quadratischen Platte mit freien Rändern“⁷⁾ die Eigenwerte und Eigenfunktionen durch ein Näherungsverfahren gefunden, und zwar, wie er zeigt, in guter Übereinstimmung mit der Erfahrung. Nun steht aber die Ritz'sche Formel Nr. 60

$$(17) \quad \lambda = [m^4 + n^4 + 2(1 - \mu)m^2n^2] \left(\frac{\pi}{2}\right)^4$$

nicht im Einklang mit den anderen Formeln derselben Arbeit. Es handelt sich anscheinend um ein Versehen, das schon in der

7) Werke, Abhdl. XVII oder Annalen d. Phys. XXVIII. 1909. S. 737.

Formel Nr. 59 untergelaufen ist. Führt man die Rechnung in der dort angegebenen Weise durch, so erhält man

$$(18) \quad \lambda = (k_m^2 + k_n^2)^2 + (6 - 8\mu) k_m k_n (k_m + k_n)$$

und danach nimmt die Formel Nr. 60 die Form

$$(19) \quad \lambda = [m^2 + n^2]^2 \left(\frac{\pi}{2} \right)^4$$

an. — Wäre die Ritz'sche Formel richtig, so würde das besagen, dass die Randbedingung einen wesentlichen Einfluss auf das Verteilungsgesetz hat, während die Formel in der Gestalt (19) eine Übereinstimmung mit der Eigenwertverteilung der eingespannten Platte zeigt. Auch R. Courant hat sich anscheinend des Ritz'schen Resultats wegen bei der Aufstellung des Verteilungsgesetzes der Eigenwerte auf die eingespannte Platte beschränkt.

Nach (19) ist für die quadratische Platte die asymptotische Anzahl $a_Q(\lambda)$ der unter λ gelegenen Eigenwerte, auf Grund der bekannten Abschätzung der Gitterpunkte im Kreise, gleich

$$(20) \quad a_Q(\lambda) \cong \frac{f}{4\pi} \sqrt{\lambda},$$

wo f den Flächeninhalt von Q bedeutet.

Wie man leicht einsieht, gilt diese Formel für ein Quadrat beliebiger Grösse.

Unter Zugrundelegung des Ritz'schen Resultats in der Form (19) soll nun gezeigt werden, dass das asymptotische Eigenwertverteilungsgesetz von der Form des Gebiets unabhängig ist.

Der gefundene Ausdruck (20) bleibt als obere Schranke für die Anzahl der Eigenwerte bestehen, falls das betrachtete Gebiet sich in Quadrate zerlegen lässt; denn die Anzahl der unter λ gelegenen Eigenwerte für das ganze Gebiet ist höchstens gleich der gesamten Anzahl der unter λ gelegenen Eigenwerte der Quadrate, aus denen sich G zusammensetzt. Der Beweis folgt aus nachstehender Überlegung: wird den im Maximum-

Minimumproblem für das ganze Gebiet zugelassenen Funktionen φ und ihren Ableitungen gestattet auf den Linien, durch die die Quadrateinteilung erzielt wird, unstetig zu sein, indem endliche Sprünge zugelassen werden, so werden die den Funktionen φ auferlegten Bedingungen gemildert und der Wert der Lösung des Problems jedenfalls nicht vergrößert.

Das so modifizierte Problem definiert aber gerade den n -ten Eigenwert für das aus den getrennten Quadraten bestehende Gebiet. Bezeichnen wir die Anzahl der unter λ gelegenen Eigenwerte des i -ten quadratischen Gebiets mit $a_i(\lambda)$, die entsprechende Anzahl für das ganze Gebiet mit $a(\lambda)$, die Fläche des i -ten Quadrats mit f_i , die des ganzen Gebiets mit f , so ist

$$(21) \quad a(\lambda) \leq \sum_i a_i(\lambda) \cong \frac{\sqrt{\lambda}}{4\pi} \sum_i f_i = \frac{\sqrt{\lambda}}{4\pi} f.$$

Haben wir es mit einem Gebiete G zu tun, das sich nicht in Quadrate zerlegen lässt, sondern das allgemeiner von endlich vielen, mit stetig sich drehender Tangente versehenen Kurvenbögen begrenzt ist, so können wir dieses Gebiet von aussen beliebig genau durch ein aus Quadraten bestehendes Gebiet G' approximieren. Setzen wir die Eigenfunktionen des Gebiets G in dem Gebiet G' so fort, dass die Funktionen nebst ihren ersten und zweiten Ableitungen dabei stetig bleiben, die dritten und vierten Ableitungen stückweise stetig, und die Funktionen selbst nebst den genannten Ableitungen beschränkt bleiben, so wird sich das über G' erstreckte Integral J von dem über G erstreckten Integral um eine Grösse von der Grössenordnung der Differenz der Flächeninhalte G' und G unterscheiden. Die im Gebiete G' erklärte Funktion kann mit einem beliebig wenig von eins verschiedenen Faktor multipliziert werden, damit die Bedingung

$$(22) \quad \iint_{G'} \varphi^2 dx dy = 1$$

erfüllt werde, und wird nun in dem Maximum-Minimumproblem für das Gebiet G' eine zulässige Funktion sein, nachdem wir auch die Funktionen v_i in das Gebiet $G' - G$ fortgesetzt und

mit einem beliebig wenig von eins verschiedenen Faktor multipliziert haben. Durch genügend genaue Approximation des Gebietes G mittelst eines aus Quadraten bestehenden Gebietes G' kann man es also erreichen, dass der Eigenwert für das Gebiet G sich um eine beliebig kleine Zahl von dem Eigenwert des Gebietes G' unterscheidet. Es bleibt also, wenn wir die Anzahl der unter λ gelegenen Eigenwerte des Gebietes G mit $A(\lambda)$ bezeichnen, die asymptotische Abschätzung bestehen

$$(23) \quad A(\lambda) \approx \frac{\sqrt{\lambda}}{4\pi} F,$$

wo F der Flächeninhalt von G ist.

Um eine untere asymptotische Schranke für diese Anzahl zu erhalten, vergleichen wir die Eigenwerte der freien Platte mit denen der eingespannten.

Verlangen wir im Maximum-Minimumproblem von den Funktionen φ , dass sie ausser den dort angegebenen Bedingungen am Rande des Gebiets noch den Bedingungen

$$(24) \quad \varphi = 0 \text{ und } \frac{\partial \varphi}{\partial \nu} = 0$$

genügen, so wird der Wert des Minimums von J vergrössert, jedenfalls nicht verkleinert. Wählen wir als Funktionen $v_1, v_2, \dots, v_{n-1}$ die $n-1$ ersten Eigenfunktionen der freien Platte, so finden wir einen Minimalwert des Integrals J , der grösser oder gleich dem Eigenwert der freien Platte ist und kleiner oder gleich dem Eigenwert der eingespannten. Der Eigenwert der eingespannten Platte ist also bestimmt grösser oder gleich dem Eigenwert der freien Platte, und die Anzahl der unter λ gelegenen Eigenwerte der freien grösser oder gleich der Anzahl der entsprechenden Eigenwerte der eingespannten Platte. Da diese letztere Anzahl aber asymptotisch gleich $\frac{\sqrt{\lambda}}{4\pi} F$ ist, so schliessen wir unter Benutzung von (23), dass

$$(25) \quad A(\lambda) \approx \frac{\sqrt{\lambda}}{4\pi} F.$$

Aus der Übereinstimmung der asymptotischen Anzahlen für die freie und die eingespannte Platte schliesst man, dass bei Randbedingungen, die schwächer als die bei der eingespannten Platte sind, z. B. im Falle der gestützten Platte ($\varphi = 0$ am Rande), die asymptotische Verteilung der Eigenwerte dieselbe ist, wie die hier angegebene.

ÜBER EINIGE KARBONATGESTEINE IM GLAZIALGESCHIEBE NW-ESTLANDS

VON

A. ÖPIK

MIT 4 TAFELN UND 4 ABBILDUNGEN IM TEXT

TARTU 1931

I. Einleitung.

Der Verfasser dieser Schrift hat schon in früheren Abhandlungen das Vorkommen verschiedener Geschiebe nördlich vom Glint behandelt. Es wurde dabei die Meinung ausgesprochen, dass die in diesen Gegenden vorkommenden ordovizischen Geschiebe aus dem Ostseeboden herkommen, da die Gesteine in ihrer Ausbildung den schwedischen und Ålandschen unähnlich sind und sich der estländischen Glintformation anschliessen.

Weitere Sammlungen haben Ergänzungen in derselben Richtung geliefert. So wurden auf den Riffen nördlich von Kakumägi Blöcke des Wesenberg-Kalkes mit *Cyclocrinus* und solche des *Megalaspis*-Kalkes mit *Gonambonites planus*, *Productorthis obtusa* und *Ampyx nasutus* angetroffen. Daneben fand man auch einen freigelegten grossen Stock von *Diplotrypa petropolitana*.

An denselben Orten, und zwar auf den Kakumägi-Riffen und der Nordspitze der Teliskopli-Halbinsel*), sind auch vereinzelt Blöcke anzutreffen, welche aus mehr oder weniger metamorphen Kalken und Dolomiten bestehen. Da ein solcher Dolomitblock sich als fossilführend erwiesen hatte, so schien es sich zu lohnen, diesen und die anderen einer näheren Untersuchung zu unterwerfen, um unter anderem möglicherweise auch das Alter und die Heimat des fossilführenden Dolomitblockes zu ermitteln.

Die Frage über die Heimat der Blöcke wurde brieflich mit Herrn A. Laitakari (Helsingfors) diskutiert, wobei der Verfasser der vorliegenden Schrift auch Vergleichsmaterial aus mehreren finnischen Lokalitäten von Herrn A. Laitakari zugeschickt erhielt. Nach den Mitteilungen von A. Laitakari stammen die Kalksteinblöcke aus SW-Finnland, wo im s. g. Sveko-Fennischen Zuge ähnliche unreine Kalke in mehreren Lokalitäten (Sillböle, Parainen u. a.) anstehen. Sie alle führen Phlogopit, Serpentin

*) Beide liegen nebeneinander westlich von Tallinna und sind durch ihre Aufschlüsse des Unterkambriums (Estoniums) bekannt geworden.

(aus Chondrodit entstanden), Diopsid, Amphibol, Spinell u. a. Zuweilen ist, nach derselben Mitteilung, der Serpentin aus Olivin entstanden, wie bei Attu auf Parainen (Pargas). Mit diesen Kalkvorkommen sollen auch Dolomiteinlagerungen verbunden sein, von denen unser Block Nr. 2 herrühren kann. Für die freundliche Mitteilung, gleichwie für die zugesandten Proben ist der Verfasser Herrn A. Laitakari zu bestem Dank verpflichtet.

II. Beschreibung der Gesteine.

Die Blöcke sind sehr selten. Es sind ihrer im ganzen 5 gefunden worden. Nur einer (Nr. 3) ist gross, die anderen können als relativ klein bezeichnet werden. Begleitet werden diese Blöcke von den ebenfalls seltenen, schon erwähnten ordovizischen Geschieben und einer reichlichen Auswahl verschiedener nordischer kristalliner Blöcke. Einige darunter sind genau bestimmt worden, so der Satakunta-Diabas und der rote Sandstein, welche vom Eise aus dem westlichen Finnland hergeführt worden sind. Als Sonderfall ist auch ein kleiner Skarnblock mit



Photo
des Verf.

Abb. 1. Stück des Blockes Nr. 1, etwas verkleinert. Die Löcher sind als das Negativ eines Fossils (offenbar des Siphon eines actinosiphonaten Cephalopoden) zu deuten.

grünem Diopsid, Granat, Magnetit, Kalzit und Pyrrhotin zu erwähnen. Er wird wohl derselben Herkunft sein, wie die Blöcke 3, 4 und 5.

Block Nr. 1. Heller, bräunlicher, kantengerundeter Dolomitblock, ca 1,5 kg schwer. Fundort: die nördliche Spitze der Halbinsel Teliskopli, am Strande, ausgewaschen aus der Grundmoräne.

Äusserlich ist der Block durch Eisenoxyd hellbraun gefärbt, innerlich gelblich mit einem Stich ins Rosa. Das Gestein ist ziemlich feinkörnig, einzelne Körner sind gerade noch dem unbewaffneten Auge erkennbar. Die glänzenden Flächen der Spaltungsrhomboëder verleihen dem Gestein ein zuckerartiges Aussehen. Bei weiterer Betrachtung, besonders unter der Lupe, bemerkt man im Gestein zerstreute, bis 2 mm grosse Quarzkörner und deutliche, der Schichtung entsprechende grünliche Streifen sowie ebenfalls nach der Schichtung geordnete grünliche Partikelchen, daneben auch kleine schwarze Glimmerblättchen.

Der Dolomit ist sehr fest, sein Bruch ist splittrig.

Auch kleine, mit Dolomitrhomboëdern ausgekleidete Hohlräume sind im Gestein sichtbar.

Das Fossil, von dem schon die Rede war, ist auf Abb. 1 zu sehen. Es ist nur als Negativ, als hohler Abdruck erhalten, welche Erhaltungsweise gerade bei Dolomiten als charakteristische Eigentümlichkeit vorkommt. Es sind eigentlich linsenförmige

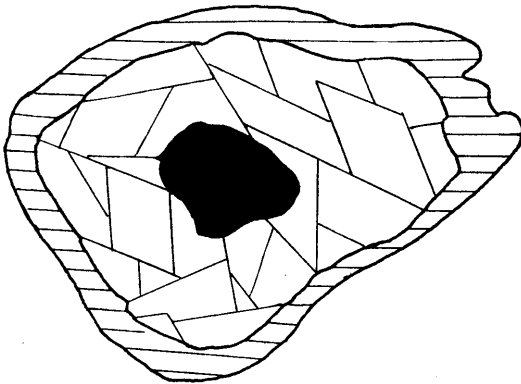


Abb. 2. Schematischer Querschnitt durch das Fossil im Blocke Nr. 1. Horizontal gestrichelt — braune Dolomitrinde, das Fossil gegen das Muttergestein abgrenzend; in Rhomben gestrichelt — etwas hellere innere Wand des Hohlraumes; schwarz ist der durch den Schnitt getroffene mittlere Teil des folgenden Hohlraumes, er ist z. T. durch sekundären Dolomit ausgefüllt.

mige Hohlräume, welche annähernd auf einer Achse liegen und mit kleinen Dolomithomboëdern ausgekleidet sind.

Der Aufbau des Fossils im Querschnitt ist in der Abb. 2 wiedergegeben. Im Längsschnitt gleicht es einem Abdrucke eines Nautiloideensipho, offenbar eines Actinosiphonaten mit grossen, aber relativ kurzen Kammern und Scheiben.

Das Fossil ist in der Schichtebene eingebettet, und ist nachträglich zerdrückt worden, wie aus der unruhigen Lage einzelner Segmente hervorgeht.

Die grosse Ähnlichkeit des Fossils mit einem Actinosiphonaten ist sehr auffallend; etwas anderes, ein unbekanntes, vorpaläozoisches Tier kommt offenbar nicht in Betracht. Das Alter des Blockes könnte somit die obere Hälfte des Ordoviziums oder das Gotlandium sein.

Mikrostruktur des Blockes Nr. 1. Im Schliff (Taf. I, Fig. 1) erkennt man, dass die Hauptmasse des Gesteins aus mehr oder weniger stark verzahnten Dolomitmörnern besteht. Zertrümmungszonen um die einzelnen Körner, wie im Blocke Nr. 2, sind hier nicht vorhanden. Offenbar ist hier eine Umkristallisation nur bei mässiger t^0 und Druck anzunehmen, die Umwandlung ist also relativ gering.

Akzessorisch sind im Dolomit kleine, aus hellem Glimmer und undulösem Quarz bestehende Partikeln (Taf. I, Fig. 1 und 2), Quarzkörner und Glimmerblättchen vorhanden, welche sich auf Schichtflächen angesammelt haben. Auch Zirkon ist beobachtet worden. Alle diese Beimengungen scheinen klastischen Ursprungs zu sein.

Der Dolomit bildet ca 90% des Gesteins. Er ist allotriomorph, von gleichmässigem Korn (Korngrösse 0,5—1 mm), und ohne jegliche Zwillingsbildung. Sehr auffallend ist die im polarisierten Licht auftretende, besonders starke Lichtabsorption, was mit dem hohen Eisengehalt zusammenhängen kann.

Obwohl kein Kalzit im Gestein vorhanden ist, so ist im Dolomit doch CaCO_3 im Übergewicht vertreten, wie es aus der folgenden Analyse (anal. E. Krusen berg) hervorgeht.

CaCO_3	53,13
MgCO_3	36,22
Fe_2O_3 (+ Al_2O_3) . . .	7,28
Unlöslich in HCl	1,67
	98,30

Es ist dies eine nur annähernde Analyse, da CO_2 nicht direkt bestimmt wurde. Die Karbonate sind daher nach den entsprechenden Oxyden berechnet worden. Auch ein Teil des Eisens könnte als Karbonat vorhanden sein, und nicht nur als limonitischer Farbstoff. Zweiwertiges Eisen ist bei qualitativer Untersuchung reichlich angetroffen worden.

Der unlösliche Anteil besteht vorwiegend aus Quarz und Glimmer sowie wenigem Zirkon. Diese Minerale sind zum Teil isoliert im Gestein vorhanden, z. T. aber bilden sie zusammenhängende Aggregate (Taf. I, Fig. 1, 2). Es scheinen sehr kleine, abgerundete Stücke eines feinkörnigen kristallinen Schiefers zu sein, welcher aus Muskovit, undulosem Quarz und trübem Feldspat aufgebaut ist. Der Muskovit enthält winzige zirkonartige Einschlüsse, und im Quarz sieht man sehr kleine apatitähnliche idiomorphe Nadeln. Dieselben Minerale, ausser dem Feldspat und dem vermeintlichen Apatit, trifft man auch lose im Dolomit. Es sind dies ebenfalls klastische Beimengungen.

Der Quarz kommt vor als Aggregate mehrerer xenomorpher Körner, und dann sind die inneren Berührungsflächen stark verzahnt. Oft haften an solchen Bildungen auch Muskovitfetzen. Ausserdem findet sich der Quarz auch in einzelnen abgerundeten Körnchen, welche oft Risse und Sprünge aufweisen. Der hier immer stark gepresste Quarz ist höchst undulös auslöschend.

Der Muskovit ist wasserhell und immer als kleine Fetzen und Schüppchen vorhanden. Pleochroitische Höfe fehlen.

Der Zirkon erscheint als winzige, wasserhelle, säulenförmige, vollständig idiomorphe Kristalle. Besonders schön erscheint er im Lösungsrückstand. Grösstenteils entspricht er seinem Aussehn nach dem granitischen Zirkon (vergl. Rosenbusch, Wülfing und Mügge, 1927, Mikroskop. Physiographie I, 2. Hälfte, Taf. IV, Fig. 3), aber auch einige parallelverwachsene Individuen sind vorhanden.

Es sind alles klastische Beimengungen, von einem zersetzten Muskovitgneis herrührend. Keine neugebildeten Minerale sind beobachtet worden.

Block Nr. 2. Hellbrauner, innen heller, schwach rosa gefärbter, kantengerundeter, ca 1 kg schwerer Dolomitblock, von

mittlerem Korn, quarzreich, mit einer Injektionsader. Fundort: Riff an der Nordspitze der Halbinsel Kakumägi.

Wie der Dolomitblock Nr. 1, ist auch dieser ziemlich drusig. Die Drusen sind klein und mit Dolomitrhomboedern ausgekleidet. Die äussere, braune Verwitterungsrinde gleicht ganz jener des Blockes Nr. 1; innerlich ist aber der zweite Block etwas intensiver rosa gefärbt, als der erste. Der Block Nr. 2 ist auch bedeutend reicher an Mineralen, deren regellose Bänder auch dem unbewaffneten Auge auffallen. Als weiterer Unterschied bei megaskopischer Betrachtung ist die im Blocke Nr. 2 vorhandene stark gefältete, dunkelgrüne, rotfleckige Injektion zu nennen, die aber nur einen kleinen Teil des ganzen Blockes einnimmt. Die Minerale des Muttergesteins (Quarz und Mikroklin) sind in der Nähe der Injektion reichlich vorhanden; doch ca 1 cm von dem Gange ist das Gestein auffallend mineralfrei. Da das Muttergestein des Blockes Nr. 2 mit kalter Salzsäure eine deutliche Reaktion gibt, so muss es kalkreicher sein, als der erste Block.

Mikrostruktur des Blockes Nr. 2. In Dünnschliffen erkennt man, dass die Hauptmasse des Gesteins aus Dolomit mit eingestreutem Quarz und Mikroklin besteht. Während die Berührungsflächen der akzessorischen Minerale mit dem Dolomit immer glatt sind, sind die Begrenzungen der Dolomitkörner gegeneinander verschieden gestaltet. Gewöhnlich ist die Struktur verzahnt und die Körner sind durch Mörtelkränze voneinander abgetrennt. Wird im Schliff (Taf. II, Fig. 3) eine solche Mörtelzone senkrecht zur Oberfläche des Kornes getroffen, so erscheint sie als ein schmales Band; geht der Schnitt dagegen gleichsinnig mit der Strukturfläche, so erscheint die zerriebene Zone als grosses Feld (Schliff Taf. II, Fig. 3). Neben diesen Strukturen sieht man in den Schliffen auch, wie Dolomitkörner sich in relativ ebenen Flächen berühren. Es scheint: je gleichsinniger die Körner untereinander kristallographisch orientiert sind, desto ebener erscheinen ihre Kontakte (Taf. II, Fig. 4).

Die Korngrösse des Dolomits beträgt ca 2 mm.

Der Quarz ist sehr reichlich vorhanden und ist als Neubildung zu deuten. Stets sieht man ihn als abgerundete klare Körner, welche vereinzelt, oder, in mineralreicheren Partien, zu kleinen Aggregaten verbunden vorkommen. Er ist

normal auslöschend, es ist keine Spur einer undulösen Auslöschung vorhanden. Bei manchen Individuen sind Anwachszone sichtbar. Der Quarz führt perlschnurartig geordnete Streifen kleiner Einschlüsse, welche nicht nur in benachbarten, sondern oft auch in voneinander entfernten Körnern in derselben Richtung sich fortsetzen. Von den Quarzrosetten werden oft kleine Dolomitrelikte umgeben (Taf. II, Fig. 5), und dann verläuft parallel dem Dolomitmikrokrin im Quarz ein Kranz derselben Einschlüsse. Fast in jedem Quarzkorn sieht man in der Nähe der Fläche seiner Berührung mit dem umgebenden Dolomit eine ähnliche, aus Einschlüssen bestehende Zone. Bei starker Vergrößerung erkennt man, dass diese Einschlüsse fast ausnahmslos von gleicher Natur sind und einem Mineral von relativ starker Licht- und Doppelbrechung angehören. Im allgemeinen sind diese Einschlüsse von regelloser Gestalt, bei einigen aber (besonders von den grösseren) werden abgerundete kurzsäulige Kristallgestalten gefunden.

Der Mikroklin ist im Dolomit relativ selten. Doch die Zahl und Grösse seiner Kristalle wächst, wenn man sich der injizierten Ader nähert. Falls man die Gestalt des Quarzes als hypidiomorph (in Berührung mit dem Dolomit) oder xenomorph bezeichnet, so ist der Mikroklin hypidiomorph oder vollständig idiomorph ausgebildet. Besonders schön erscheinen isolierte kleine Kristalle. Im Lösungsrückstand können geradezu modellartige Individuen beobachtet werden. Der Mikroklin ist immer frisch und klar. Oft sieht man in einem Kristall eine zentrale abgerundete ungegitterte Partie eingeschlossen. Auch Quarzkörner, besonders in der Nähe der Ader, werden in derselben Weise vom Mikroklin umschlossen.

Neben dem Mikroklin kommt im Dolomit selten auch ungegitterter Feldspat vor.

Die in den Dolomit eingepresste Ader besteht vorwiegend aus Feldspat, Quarz und sehr wenigem braunem Biotit. Auch Dolomitbrocken, die wohl mitgerissen wurden, sind reichlich vorhanden.

Der Feldspat steht der Masse nach an erster Stelle. Vorwiegend ist er hypidiomorpher Mikroklin, aber daneben scheint auch in manchen Partien Plagioklas vorhanden zu sein. Wo Feldspat und Quarz im Gleichgewicht vorhanden sind, kann von einer aplitischen Struktur geredet werden. Gewöhnlich sind die Quarz-

körner weniger zahlreich, und dann werden diese Körner vom Feldspat allseitig umschlossen. Oft sieht man auch die Zwischenräume einnehmend eine schwach grüne, kryptokristalline Grundmasse.

Einige Stellen der Ader enthalten auch ein xenomorph ausgebildetes, stark gelblichgrün gefärbtes Mineral, welches manchmal reichlich vorhanden ist. Es ist schwach pleochroitisch, etwas stärker lichtbrechend als Quarz und schwach negativ doppelbrechend. Am meisten Ähnlichkeit hat es mit einem Chlorit, auch die sehr deutlich hervortretenden Spaltungsrisse widersprechen dieser Annahme nicht. Es wird wohl ein sekundäres Zersetzungsprodukt sein.

In allen Mineralien der Ader findet man kleine säulenförmige, eingeschlossene Kristalle, die allem Anscheine nach einem Apatit angehören.

Es sei noch hinzugefügt, dass in der unmittelbaren Nähe der Ader, an den Strukturflächen des Dolomits, sich als Verwitterungsprodukt reichlich Eisenoxyd (Limonit) angesammelt hat.

Vergleich der Blöcke Nr. 1 und 2 miteinander.

Block Nr. 1.

Dolomit; verzahnte Struktur; feinkörnig; klastische Beimengungen, darunter Zirkon und undulöser Quarz; fossilführend.

Block Nr. 2.

Kalkreicher Dolomit mit Injektionsader; mittelmäßig, verzahnt, mit Mörtelzonen; keine klastischen Beimengungen, nur neugebildete Mineralien; kein Zirkon.

Es handelt sich hier also um zwei, zwar äusserlich einander ähnliche, trotzdem aber ganz verschiedene Gesteine. Der zweite, von einem aplitartigen Gestein injizierte Block wird wohl archaisch sein. Und wie verlockend es auch erscheint, den ersten Block ebenfalls für archaisch oder wenigstens für vorpaläozoisch zu erklären, wird es dennoch richtig sein, ihn samt seinem Fossil als silurisch im weiteren Sinne zu bezeichnen.

Block Nr. 3. Ein grobkörniger, grosser, ca. 70—80 kg schwerer Knollenkalkblock, mit sehr viel Serpentin, der äusserlich braun verwittert, innerlich aber grün ist. Fundort: Nordspitze der Teliskopli-Halbinsel, NW von Tallinna.

Der Block (Textabb. 4) ist deutlich geschichtet, und die

Minerale sind im Gestein gleichsinnig zur Schichtung geordnet. Dabei sieht man auch, dass die Knollen ebenfalls der Schichtung folgen (Abb. 4).

Die Grundmasse des Gesteins besteht aus grobkörnigem, spatigem, weissem Kalzit mit charakteristischer Zwillingsbildung. Im Schliff ist der Kalzit trübe und daher wenig durchsichtig. Seine Struktur ist eine mässig verzahnte. Das Gestein ist sehr reich an neugebildeten Mineralen, und zwar an Phlogopit, Serpentin und Diopsid resp. Malakolith (in den Knollen).

Der Phlogopit ist im Gestein ungleichmässig verteilt. Wo er reichlich vorhanden ist, lässt sich das Gestein leichter spalten, und die Spaltungsflächen zeigen gleichzeitig aufblitzende Glimmerblättchen. Der Phlogopit ist nämlich der Schichtung nach orientiert und erleichtert daher das Spalten sehr wesentlich. Ausgebildet ist der Phlogopit bald als abgerundete Körner, bald als hypidiomorphe, zuweilen tonnenförmige kleine Kristalle. Die grössten messen nicht über 4 mm.

Der Serpentin bildet bis 3 mm grosse Körner und, als Zersetzungsrinde einiger Diopsidknollen, derbe Massen. An der Oberfläche gelegene Serpentin körnchen sind verwittert und rostig. Megaskopisch ist der Serpentin dunkelgrün, beim Ritzen milde, seine Härte beträgt etwas über 3. Im Schliff erkennt man, dass er aus verschiedenen orientierten faserigen Lamellen aufgebaut ist (Taf. III, Fig. 7). An dickeren Lamellen ist auch seine positive, relativ geringe Doppelbrechung erkennbar; die Lichtbrechung steigt nicht über 1,55. Im Schliff ist er farblos, nur einige Stellen zeigen eine leichte grüne Färbung. Die rostige, braune, verwitterte Varietät zeigt im Schliff eine geringe Gelbfärbung, sonst verhält sie sich ganz wie der frische Serpentin.

Der Serpentin ist, seinem lamellaren und feinfaserigen Bau gemäss, nicht primär, sondern er stellt hier ein Umwandlungsprodukt des Diopsids, des Chondrodits oder Olivins dar (vergl. briefliche Mitteilung von A. Laitakari). Die feinen Fasern sind untereinander parallel und stehen senkrecht zu den Lamellen, resp. Spalten und Rissen des primären Minerals. Eine dünne feingefaserte Rinde umgibt äusserlich die Serpentin körner, der zuerst serpentinierten Schicht des Minerals entsprechend. Die abgerundeten Körner Taf. III, Fig. 6 und 7 und Taf. IV, Fig. 8 lassen noch die Risse und Sprünge erkennen, nach welchen die

Umwandlung stattgefunden hat. Die derben Serpentinmassen enthalten auch oft Kalzitrelikte (Taf. III, Fig. 7).

Der Diopsid resp. Malakolith ist nur in den Knollen vorhanden, ja diese bestehen eigentlich nur aus derbem, körnigem, seltener stengligem Diopsid. Der Diopsid ist blassgrün, im Schliff wasserhell. Neben der normalen Spaltbarkeit ist eine Absonderung nach der Endfläche sehr deutlich ausgeprägt. Manche Individuen erreichen eine Länge von 3 cm. Die Diopsidknollen werden stellenweise von Serpentinadern durchschnitten (Taf. IV, Fig. 9).

Der Diopsid (Malakolith) in den feinkörnigen Knollen ist stark zerklüftet (Taf. IV, Fig. 8), und den Sprüngen und Rissen

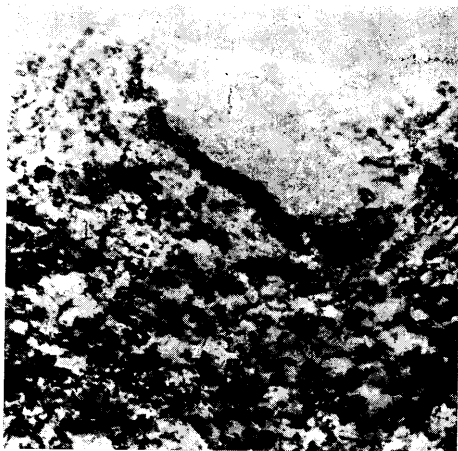


Photo A. Ö.

Abb. 3. Block Nr. 3, z. T. angeschliffen. Hell — eine Malakolithknolle, nach unten durch eine Serpentinrinde abgegrenzt. Grau ist Kalzit, mit eingesprengtem Serpentin und Phlogopit. Nat. Gr.

entlang ist eine Serpentinisierung, besonders in der Nähe der Serpentinadern, allgemein verbreitet. Also ganz wie es von Rosenbusch, Wülfing und Mügge dargestellt wird: „Allverbreitet ist die Umwandlung in Serpentin, dessen Fasern von den Spaltrissen und Querflächen aus vordringen und den Kristall als Netz durchziehen, in dessen Maschen unveränderte Teile des Diopsids liegen“.

Am Kontakt der Diopsidknollen mit dem Kalkstein sind gewöhnlich einige fast ganz in Serpentin umgewandelte Chondritkörner vorhanden. Von diesen dringen in den Diopsid,

den Sprüngen entlang, Serpentinadern hinein. Wie gesagt, werden die Knollen teilweise auch von derber, faseriger Serpentinrinde umgeben (Textabb. 3). In der Richtung der Knollen erscheinen im faserigen Serpentin der Rinde vereinzelt Diopsidreste, deren Zahl sich bald vermehrt und zuletzt das Übergewicht erreicht, obwohl diese Reste von zahlreichen Serpentinadern durchwoben bleiben. In diesem Fall ist also der Serpen-



Photo A. Ö.

Abb. 4. Block Nr. 3, metamorpher Kalkstein mit nach der Schichtung eingelagerten Diopsidknollen. Teliskopli-Spitze, NW von Tallinna. Ca $\frac{1}{5}$ der nat. Gr.

tin zweifellos aus Diopsid (Malakolith) entstanden, und dies ist in unserem Block eine ganz allgemeine Erscheinung. Der aus Diopsid entstandene Serpentin (Taf. III, Fig. 7) besitzt gröbere Lamellen, die den Spaltrichtungen des ursprünglichen Minerals folgen, im Unterschiede zu dem aus Chondrodit, resp. Olivin entstandenen Serpentin.

In den Knollen sind auch trübe Kalzitrelikte häufig.

Block Nr. 4. Ein ca 500 gr schwerer, abgerundeter grobkörniger Kalksteinblock mit viel Serpentin. Fundort: Riff an der Nordspitze von Kakumägi.

Der Kalzit ist hier von derselben Struktur, wie im Block Nr. 3, also mässig verzahnt und von grobem Korn. Doch ist er hier viel heller und durchsichtiger, was auch aus dem Vergleich von Taf. IV, Fig. 10 und Taf. III, Fig. 6 miteinander hervorgeht.

Von anderen Mineralen enthält der Block Phlogopit, Spinell und Olivin (resp. Chondroit). Der grösste Teil des Olivins und ein Teil des Spinells sind in Serpentin umgewandelt.

Der Phlogopit ist hier durch grössere, aber schlechter begrenzte Individuen vertreten als vorher.

Der Spinell (Taf. V, Fig. 10) ist megaskopisch fast schwarz und kann mit Magnetit verwechselt werden. Er ist idiomorph, seine Oktaeder erreichen eine Grösse von 1,5 mm. Im Schliff sieht man, dass die Spinelle durch relativ wenige, in einer Richtung parallel verlaufende Risse zerklüftet werden, welche von grünlichem, undeutlich gefasertem Serpentin angefüllt sind. Bei manchen Kristallen ist die Serpentinisierung ziemlich weit fortgeschritten. Doch vollständig serpentinisierte Körner mit spinellartigem Habitus sind nur ganz selten anzutreffen.

Der frische Spinell ist im Schliff blassgrün und wird wohl ein Pleonast sein.

Der Olivin (Taf. IV, Fig. 10) ist, wie in Proben aus Attu-Parainen, durch in den Serpentin Körnern schwebende farblose Reste vertreten. Es könnte auch Chondroit sein, der allerdings gewöhnlich gelb ist, aber ausnahmsweise farblos sein kann. Da aber auch beim farblosen Chondroit die charakteristischen Zwillingslamellen zu erwarten sind, welche in unserem Falle ganz fehlen, so ist mehr Wahrscheinlichkeit für den Olivin vorhanden. Die Unterscheidung ist dennoch unsicher, da nicht bei allen Chondroiten die Zwillingslamellen im Schliff hervorzutreten brauchen.

Block Nr. 5. Ein faustgrosser, aus faserigem Wollastonit und derbem blassrosa gefärbtem Granat bestehender Block. Es haften an ihm Reste von wasserhellem Kalzit mit kleinen

grünlichen abgerundeten Körnern eines zweiachsigen positiven Minerals. Im Schliff ist das letztere wasserhell; es fehlen ihm Spaltungsrisse; die Lichtbrechung und Doppelbrechung sind ziemlich bedeutend.

III. Über die mögliche Heimat der Blöcke.

Schon in der Einleitung zu dieser Schrift wurde darauf hingewiesen, dass der grösste Teil der beschriebenen Blöcke aus SW-Finnland stammt, und zwar aus den Gesteinen des Svekofennischen Zuges. Jedoch auf Grund literarischer Angaben und eines Vergleiches mit den von Herrn A. Laitakari zugesandten und vom Verf. der vorliegenden Schrift im Anstehenden gesammelten Proben kann man diese Blöcke doch nicht irgend-einer bestimmten Lokalität zuschreiben. Die unreinen Kalkeinlagerungen der svekofennischen Gesteine sind von schwankender Beschaffenheit, wobei sich ähnliche Abänderungen an verschiedenen Fundstellen wiederholen können. Doch ausgeschlossen ist die Lokalität Sillböle bei Helsingfors. Hier trifft man im Kalkstein Chlorit (Pennin), der in unseren Blöcken gänzlich fehlt. Dagegen ist die Serpentinisierung dort viel geringer. Aus dem grossen Kalksteinzuge von Parainen (Pargas) hat der Kalk von Attu Parainen gewisse Ähnlichkeit mit dem des Blockes Nr. 4 (Olivin!). Gleiches gilt auch für den Kalk von Tallbacka (Svartå, SW-Finland), der sich von jenem aus Attu gar nicht zu unterscheiden scheint. Doch auch hier sind die Minerale viel frischer als in unseren Blöcken, und es tritt hier (nach Laitakari) der Chondroit neben farblosem Olivin auf. Ganz unberührt von der Serpentinisierung ist hier der Spinell. Die genannten Lokalitäten sind aber nur Stichproben aus der grossen Anzahl der Fundstellen.

Als svekofennisch betrachten wir also die Blöcke Nr. 3 und Nr. 4; ebenfalls gehört dahin auch der Dolomitblock Nr. 2, mit Quarz und Mikroklin.

Der Wollastonitblock wird wahrscheinlich von demselben svekofennischen Alter sein, wie die Blöcke Nr. 3 und 4, da ähnliche Bildungen z. B. im Kalkstein von Pargas in genügender Menge anzutreffen sind.

Der fossilführende Dolomitblock Nr. 1 gehört aber sicher-

lich nicht zu den genannten Gesteinen. Er stammt offenbar aus einer unbekannten Lokalität des Festlandes (Finnland, Nordskandinavien) oder vom Boden der Ostsee.

IV. Zusammenfassung und Ergebnisse.

Es werden aus NW-Estland aus Karbonatgesteinen bestehende erratische Blöcke beschrieben. Ein Dolomitblock mit Resten eines actinosiphonaten Cephalopoden, enthaltend klastischen Quarz und Zirkon, neben unzersetzten Gneisbrocken, wird für silurisch gehalten. Sein Anstehendes ist unbekannt.

Ein weiterer Dolomitblock, mit neugebildetem Quarz und Mikroklin, neben einer Ader aus denselben Mineralen, wird als svekofennisch gedeutet, mit SW-Finnland als Heimat. Zwei Kalksteinblöcke mit Diopsid (Malakolith), Spinell, Phlogopit, Olivin, Chondrodit sind ebenfalls svekofennische Gesteine aus SW-Finnland. Die neugebildeten Minerale sind teilweise oder ganz in Serpentin umgewandelt. Der Grad der Umwandlung wächst von Phlogopit (frisch) über Spinell, Diopsid, Olivin bis Chondrodit (nur als Pseudomorphosen) in rascher Progression. An einem der beschriebenen erratischen Blöcke ist noch die Textur des ursprünglichen Sediments, eines Knollenkalkes, zu erkennen. Es muss also ein archaischer Knollenkalk gewesen sein.

Verzeichnis der benutzten Literatur.

1. A. Laitakari „Über die Petrographie und Mineralogie der Kalksteinlagerstätten von Parainen (Pargas)“. Bull. de la Comm. Géologique de Finlande Nr. 54, Helsingfors 1920.
2. A. Laitakari „Le gisement de calcaire cristallin de Kirmonniemi à Korpo en Finlande“. Ibid. Nr. 46, Helsingfors 1916.
3. P. Eskola „On the Petrology of the Orijärvi Region“. Ibid. Nr. 40, Helsingfors 1914.
4. A. Tamme Kann „Über die Petrographie des Grubenfeldes von Sillböle bei Helsinki“. Fennia 45, Nr. 10, Helsingfors 1910.
5. A. A. Th. Metzger „Die Kalksteinlagerstätten von Ruskeala in Ostfinnland“. Fennia 45, Nr. 14, Helsingfors 1925.
6. A. Öpik „Studien über das estnische Unterkambrium (Estonium) I—IV“. Publ. of the Geol. Inst. of the Univ. of Tartu Nr. 15 und Acta et Comm. Univ. Tartuensis (Dorpatensis) A XV. 2, 1929.

Erklärung der Tafeln.

TAFEL I.

1. Block Nr. 1, bei einem Nicol, vergr. ca $\times 35$. Mässig verzahnte Dolomitmörner, deren starke Lichtabsorption aus der verschiedenen Helligkeit der Körner zu ersehen ist. Kleine, zerstreute, helle, chagrinfreie Körner sind klastischer Quarz. Mit *a* ist ein Gneisbrocken bezeichnet. Von *a* nach links unten liegt ein Muskovitfetzen.

2. Block Nr. 1, Nic. +, vergr. ca $\times 60$. Die obere Hälfte der Mikrophotographie ist von einem Gneisbrocken eingenommen, der vorwiegend aus Muskovit und undulösem Quarz besteht.

TAFEL II.

3. Block Nr. 2, Nic. +, vergr. ca $\times 40$. Mörtelstruktur an der Berührungsfläche von Dolomitmörnern. Links oben ist eine solche Zone senkrecht (heller Bogen) und rechts unten gleichsinnig zur Oberfläche der Körner getroffen.

4. Block Nr. 2, Nic. +, vergr. ca $\times 35$. Glatte, chagrिनlose Körner sind Quarz. Ein Quarzkorn links oben zeigt helle Einschlüsse. Die Dolomitmörner zeigen ganz ebene oder schwach gegliederte Strukturen.

5. Block Nr. 2, Nic. +, vergr. ca $\times 60$. Rosettenartiges Quarzaggregat, Dolomitrelikte (schwarz) umschliessend. Die dunklen Einschlüsse im Quarz umgeben hofartig die Dolomitmörner.

TAFEL III.

6. Block Nr. 3, gew. Licht, vergr. ca $\times 35$. In der Mitte liegt ein Phlogopitkorn, rechts und links davon Serpentin Körner. Am Serpentin sind noch die Sprünge und Risse, sowie die Umgrenzung ehemaliger Relikte des ursprünglichen Minerals zu erkennen. Die Grundmasse ist grobkörniger, verzwillingter Kaizit.

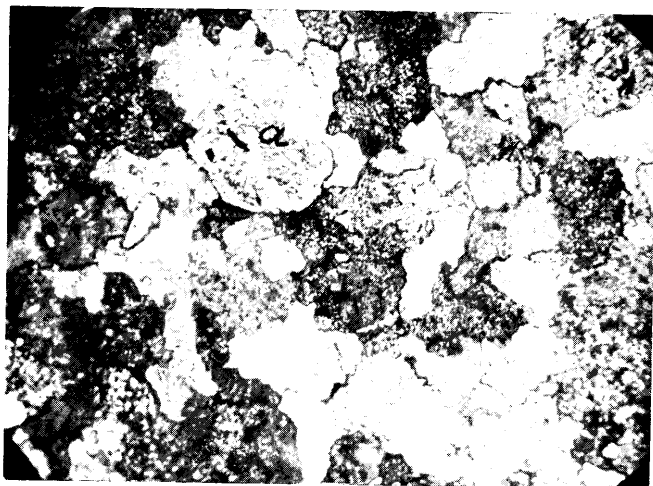
7. Block Nr. 3, gew. Licht, vergr. ca $\times 25$. Ganz in Serpentin umgewandelter Rand einer Malakolithknolle mit Kalzitrelikten und wenigem Phlogopit.

TAFEL IV.

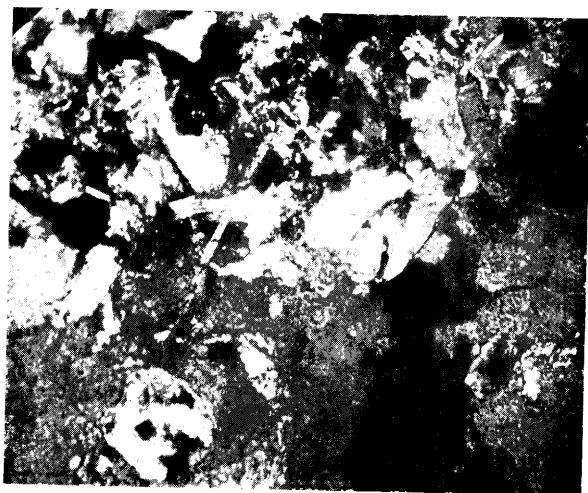
8. Block Nr. 3, gew. Licht, vergr. ca $\times 25$. Rand einer Malakolithknolle gegen den Kalzit (unten). Der Malakolith ist den Rissen entlang z. T. in Serpentin umgewandelt. Eine Serpentinrinde fehlt.

9. Serpentinader in einer Malakolithknolle. Alles wie in Fig. 8.

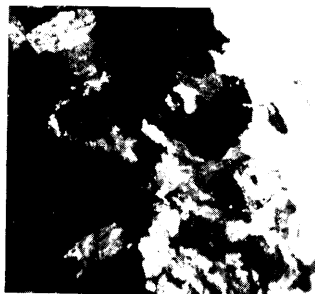
10. Block Nr. 4, bei einem Nicol, vergr. ca $\times 35$. Die Grundmasse besteht aus verzwillingten, relativ hellen, groben Kalzitkörnern. Rechts und unten teilweise in Serpentin umgewandelte Olivinkörner. Links oben ein Spinnellkorn (ganz in der Ecke).



1



2



3



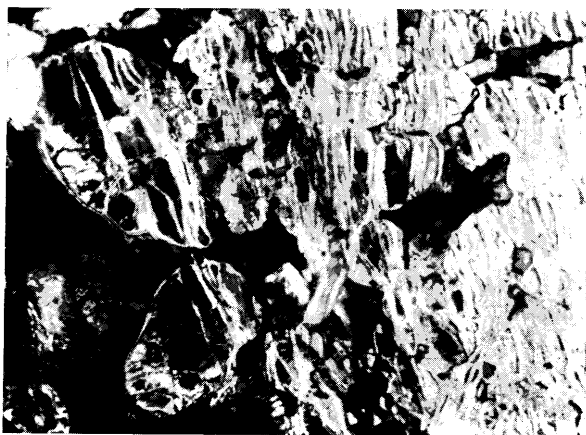
4



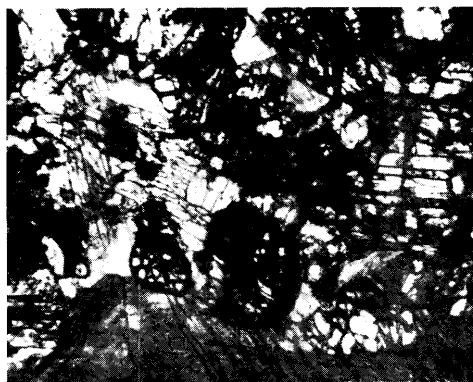
5



6



7



8



9



10

**WASSERKULTURVERSUCHE
MIT ORGANISCHEN STICKSTOFFVERBINDUNGEN,
ANGESTELLT ZUR ERMITTELUNG
DER ASSIMILATION IHRES STICKSTOFFS VON
SEITEN DER HÖHEREN GRÜNEN PFLANZE**

VON

PROF. EMER. **ARWID THOMSON**

MIT 3 TAFELN

TARTU (DORPAT) 1931

DER UNIVERSITÄT DORPAT
ZU IHREM
DREIHUNDERTJÄHRIGEN JUBILÄUM
IN DANKBARKEIT UND HOCHACHTUNG
GEWIDMET
VOM VERFASSER

I. Einleitendes.

Bei Vegetationsversuchen macht man die Erfahrung, dass sich die Grenzen zwischen den autotrophen und den heterotrophen Pflanzen nicht scharf ziehen lassen. Die die höhere Pflanze kennzeichnende Autotrophie hat nicht unter allen Bedingungen uneingeschränkt für alle erforderlichen Nährstoffe Bestand. Die autotrophe Pflanze braucht auch nicht immer bei der Beschaffung der Nährstoffe zum üppigeren Gedeihen, verbunden mit höherer Qualität, auf sich allein angewiesen zu sein, sondern es können ihr dabei auch andere Lebewesen, vorzüglich Kleinlebewesen, behilflich sein, wie das auch durch J. Stoklasas¹⁾ Experiment festgestellt ist. Man muss auch zugeben, dass es für die autotrophe Pflanze von Vorteil ist, wenn sie sich teilweise heterotroph zu zeigen vermag, falls sich ihr derartiges geeignetes Material darbietet. So haben des Verf. Versuche²⁾ mit verschiedenen Eisenverbindungen gezeigt, dass organische das beste Gedeihen zur Folge hatten. O. Heuser³⁾ will auch beobachtet haben, dass auf Moorboden erwachsene Kartoffelsorten mit üppigem Kartoffelkraut erhöhte Lebenskraft und Triebfähigkeit besitzen. Auch sind sie haltbarer und geben in der Miete geringeren Stärkeverlust. Es sind daher Versuche erforderlich, um zu untersuchen, wie die autotrophen Pflanzen sich verhalten, wenn ihnen einzelne Nährstoffe in organischer Form zugeführt werden. Derartige Untersuchungen werden ganz besonders von Bedeutung sein bei den anorganischen Nährstoffen, an denen im Boden leichter Mangel eintreten kann, wobei dann die Pflanze sich nur unvollkommen entwickeln könnte. Das trifft vor allem für den Stickstoff zu. Es ist daher wohl ganz erklärlich, dass man sich verhältnismässig früh derartigen Versuchen zugewandt hat, nämlich um

1) J. Stoklasa u. E. G. Doerell, Handbuch d. biophysikalischen u. biochemischen Durchforschung d. Bodens, Berlin 1926, S. 30.

2) Bisher unveröffentlicht.

3) Mitteilungen d. Vereins zur Förderung d. Moorkultur 41 (1923), S. 66; nach Jahresber. f. Agrik.-Chem. 1923, S. 154.

die Mitte des 19. Jahrhunderts. Leider haben mehrere der seit dieser Zeit angestellten Versuche die Frage nicht eindeutig beantworten können, da der Ausschluss der Mikroorganismen dabei nicht ausreichend durchgeführt wurde, was wohl entschuldbar ist, weil im Anfang der einschlägige Zweig der Bakteriologie noch nicht genügend entwickelt war. In den Fällen, in denen die Versuche exakt, d. h. unter solchen Verhältnissen, dass eine Zersetzung der angewandten organischen Stoffe nicht statthaben konnte, zur Ausführung kamen, wurde der Beweis erbracht, dass gewisse organische Stickstoffverbindungen der höheren grünen Pflanze als Stickstoffquelle dienen können. Einige solche Versuche befriedigen aber insofern nicht, als den Versuchspflanzen nicht eine genügend lange Vegetationsperiode zuteil wurde.

Unter natürlichen Bedingungen wird die höhere chlorophyllführende Pflanze am ehesten die Möglichkeit haben, auf gewissen natürlichen Böden, die durch höheren Gehalt an organischen Substanzen gekennzeichnet sind, organische stickstoffhaltige Substanzen aufzunehmen. Solche Böden sind häufig arm an Mikroorganismen, besonders an Bakterien; diese aber sind wesentlich an der Zersetzung der organischen Substanzen mit Hilfe ihrer Enzyme beteiligt. Zu dieser Kategorie von Böden gehören die sauren Torfböden und Mineralmoore. Bei zu grosser Azidität kann die Mehrzahl der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen sich auf diesen Böden, wenn überhaupt, nicht normal entwickeln. Die Gegenwart von Säure ist auch hauptsächlich der Grund der Abwesenheit oder des Mangels an Bakterien. Von niederen Organismen finden sich hier vor allem Pilze, deren Wachstum die Säuren sehr fördern. Namentlich ist auf die Schimmelpilze, die sich in derartigen Böden mit kleinerer Luftkapazität vermehren, hinzuweisen. Spezielle Studien über das Wirken der Schimmelpilze und anderer Pilze in den genannten Böden und über die dabei auftretenden stickstoffhaltigen Stoffe liegen vor von Selman A. Waksman ¹⁾. Ein dem Hochmoor gegebener Kalküberschuss lässt ebenfalls keine Vermehrung der Bakterien zu, wie E. Gully ²⁾ gefunden hat. Auch die Waldböden, die reich an organischen Stoffen und Stickstoff sind, zeigen infolge grosser Azidität und beträchtlicher

1) Repr. fr. Soil Science I (1916), S. 363; nach Jahresber. f. Agrikult.-Chem. 1922, S. 60.

2) Landw. Jahrbuch f. Bayern 6 (1916), S. 1; nach Jahresber. f. Agrikult.-Chem. 1916, S. 66.

Menge unzersetzter organischer Substanz Armut an Mikroben. Die Waldvegetation würde hier dem Oxalis-, Myrtillus- und Calluna-Typus Cajanders¹⁾ entsprechen. Was von den Waldböden gilt, trifft auch für die sauren Wiesenböden zu. Der Bakteriengehalt der nächsten Umgebung der Pflanze, der Rhizosphäre, wird gewiss auch von der Wasserstoffionenkonzentration des Wurzelsaftes der Pflanzen beeinflusst. Schwankt sie zwischen $p_H = 2 - 4$, so weist die Rhizosphäre verhältnismässig wenig Bakterien auf (Stoklasa und Doerell)²⁾. Höhere aktive Azidität schwächt überhaupt stark den gesamten Stoff- und Kraftwechsel der Mikroorganismen im Boden (Stoklasa und Doerell)³⁾. Als Massstab für die Mikrobiodynamik dient die vom Boden produzierte Kohlendioxidmenge.

Was die Natur der stickstoffhaltigen organischen Substanzen in den Böden betrifft, so liegen darüber eine Anzahl von Untersuchungen vor. Zu den ersten gehören die Untersuchungen von Valmari⁴⁾, der fand, dass im Moorboden und in der Gartenerde der Proteinstickstoff, grösstenteils in Form von Nucleinen, den grössten Teil des Bodenstickstoffs (85—97%) darstellt. Nuclein verfallt dann der Hydrolyse, wobei schliesslich Ammoniak und Aminosäuren entstehen. Von amerikanischen Forschern, unter denen Verf. hier O. Schreiner und J. J. Skinner⁵⁾, Edmund C. Shorey⁶⁾, S. L. Jodidi⁷⁾ und Elbert C. Lathrop⁸⁾ erwähnt, sind eine ganze Reihe organischer Bodenbestandteile ausgeschieden worden. Auf Grund seiner Untersuchungen vertritt A. Schmuk⁹⁾ die Ansicht, dass die Mehrzahl der von amerikanischen Forschern gefundenen Stoffe nicht beständig im Boden gegenwärtig ist, sondern eng zusammenhängt mit vorhergegangenen Kulturen. Die Hauptmasse der organischen Bodensubstanz stellt nach Schmuk eine eigenartige, für ver-

1) Ztrbl. f. Agrikult.-Chem. 1927, S. 196.

2) a. a. O. S. 469.

3) a. a. O. S. 203 und 204.

4) Ztrbl. f. Agrikult.-Chem. 1914, S. 217. Bereits Berthelot und André haben nachgewiesen, dass Stickstoff im Boden in eiweissähnlichen Verbindungen von amidartiger Konstitution vorhanden ist (Jahresber. f. Agrikulturchemie 1887, S. 13).

5) U. S. Department of Agriculture, Bulletin No. 87, December 1912, S. 1.

6) U. S. Department of Agriculture, Bulletin No. 88, January 1913, S. 1.

7) Landw. Versuchsstat. 85 (1914), S. 359.

8) Journ. Franklin Inst. 183 (1917), S. 169; Jahresber. f. Agrikult.-Chem. 1920, S. 47.

9) Abhandlung d. Kubanischen Landw. Instituts, Tl. I, Lief. 2, S. 1, Krasnodar 1923; Ztrbl. f. Agrikult.-Chem. 1927, S. 289.

schiedene Böden gehaltlich nicht gleichartige stickstoffhaltige organische Substanz von saurem Charakter dar. Letzteren verleiht ihr die kolloidale Huminsäure, die in überwiegender Menge vorhanden ist, und deren Karboxylgruppen. Der stickstoffhaltige Teil der Huminsäure steht den Eiweissstoffen nahe und gibt ähnliche Produkte hydrolytischer Spaltung. Das Eiweiss der organischen Bodensubstanzen ist nicht ausschliesslich Plasmaeiweiss, wie S. A. Waksman annimmt. 80% der Huminsäure ist Humussäure, die sauren Charakters und kolloidal ist. Ihr Stickstoff ist in gewöhnlichen Eiweissverbindungen enthalten. Huminsäure kann aus verschiedenen komplizierten organischen Substanzen durch Abspaltung von Wasserelementen und Kondensation entstehen. C. A. Morrows und R. A. Gortners¹⁾ Untersuchungen ergaben das Resultat, dass die Verteilung des organischen Stickstoffes in den verschiedenen Bodenarten eine sehr gleichartige ist.

Was zur Klärung der Frage der Brauchbarkeit organischer stickstoffhaltiger Substanzen resp. Verbindungen zur Versorgung der Phanerogamen mit Stickstoff getan worden ist, findet sich eingehend dargelegt bei Fr. Czapek in seiner „Biochemie der Pflanzen“, Bd. II (1920 erschienen), S. 318. Diese Literatur ist auch von Reed O. Brigham (Soil Science, vol. III, January-June 1917, S. 155) gehörig berücksichtigt. Was Brighams Versuche mit organischem Stickstoff zwecks Erforschung seiner Resorbierbarkeit von Seiten der Kulturpflanze betrifft, so bediente sich B. zur Bereitung des Kulturmediums in der Regel des Agars, der die nötigen Zusätze erhielt. Bei der Ausführung dieser seiner Versuche sorgte B. sorgfältig für Sterilerhaltung der Kulturen, wie sich das aus ihrer eingehenden Beschreibung ergibt. Andere Versuchsreihen wurden mit denselben Nährsubstanzen, aber mit Impfung durch einen Bodenauszug oder durch Reinkulturen mit *Bacillus subtilis* ausgeführt. Als Versuchspflanzen wählte B. Puffmais (*Zea Mays everta*) und Zahnmais (*Zea Mays indentata*), und zwar gut und gleich ausgebildete Körner derselben, von welchen die nach 3—4-tägigem Keimen gleich entwickelten auf die Agaroberfläche übertragen wurden. Auf diese Weise musste die Entwicklung der einzelnen Pflanzenindividuen sehr verschieden voneinander erfolgen. Dazu kam noch, dass die Versuchsreihen zu verschiedenen Jahreszeiten, im Sommer und Winter, angestellt

1) Soil Science, vol. III, January — June 1917, No. 4, S. 297.

wurden, wobei sich dann nicht nur Licht-, sondern auch Temperatureinflüsse geltend machten. Die Resultate der Versuche interessieren uns, da sie mit mehreren organischen stickstoffhaltigen Verbindungen resp. Substanzen bei Zahnmais zur Ausführung kamen und sich letzterer mitunter verschieden von Puffmais verhielt.

Bevor Verfasser sich seinen Versuchen zuwendet, möchte er sich noch der angenehmen Pflicht entledigen, für die Zusendung von Literatur über die von ihm bearbeitete Frage ergebenst zu danken, und zwar dem Herrn Kollegen Professor Dr. U. Suzuki in Tokio für die Zusendung eigener Arbeiten und einer ganzen Reihe von Arbeiten anderer japanischer Forscher, dem Herrn Kollegen Professor Dr. G. B. De Toni in Modena für Zusendung eigener Arbeiten, darunter einer gemeinsam mit Professor Dr. A. Benedicenti veröffentlichten Untersuchung, und dem Herrn Kollegen Professor Dr. N. H. J. Miller an der Rothamstedter Versuchsstation für Zusendung einer gemeinsam mit Professor Dr. H. B. Hutchinson publizierten Arbeit.

Schliesslich fühlt sich der Verfasser der Universität Tartu zu Dank verpflichtet, die den kostspieligen Abdruck dieser Arbeit auf sich genommen hat.

II. Beschreibung der Versuchsmethode und der Ausführung der Versuche im allgemeinen.

Verfasser wählte zur Anstellung seiner Versuche die Wasserkulturmethode, und zwar aus mehrfachen Gründen.

Durch eigene Erfahrungen hatte sich Vf. davon überzeugt, dass diese Kulturmethode bei Einhaltung gewisser wichtiger Abweichungen von dem gewöhnlichen Verfahren die Bakterienwirkung auszuschliessen gestattet, selbst wenn der Versuch, um sichrere Schlüsse aus ihm zu gewinnen, längere Zeit fortgesetzt wird. Ferner bleibt die Wurzelentwicklung gut beobachtbar. Nicht minder ausschlaggebend für die Bevorzugung der Methode war, dass so die Möglichkeit bestand, für die Versuche nicht Samen, sondern Pflänzchen, die eher als jene in den folgenden Vegetationsstadien eine gleiche oder mindestens ähnliche Entwicklung versprechen, zu wählen. Denn leider besagt die normale Ausbildung der Samen nicht, dass die aus ihnen hervorgehenden Pflänzchen gleichförmig sein und auch sich gleichförmig entwickeln werden, weswegen eine

Auswahl unter ihnen vorgenommen werden muss. Selbst nackte Samen gleichen Gewichtes, nicht einer reinen Linie angehörig, ergeben nicht Pflanzen gleicher Entwicklung, da auch die individuellen Eigenschaften der Samen hierbei in Betracht kommen.

Es empfiehlt sich überhaupt nicht, wenn nicht die Wirkung auf den Keimungsvorgang untersucht werden soll, organische Stoffe direkt auf die Samen wirken zu lassen, da sie letztere leicht schädigen oder sogar abtöten können, während sie den Pflänzchen und Pflanzen nicht in demselben Masse zu schaden brauchen, wie Vf. das mehrmals hat beobachten können. Bei der stattgehabten Schädigung des Keimlings ist dann auch seine Weiterentwicklung in Mitleidenschaft gezogen, was besonders in einer künstlichen Atmosphäre in Erscheinung tritt.

Bei der Wasserkulturmethode, in der modifizierten Form des Verfassers, können die Pflanzen sich in einer natürlichen Atmosphäre entwickeln; nur ist es erforderlich, dann die Stickstoffaufnahme in Vergleich zu stellen nicht zum Gehalt der Samen an Stickstoff, sondern zu demjenigen von Pflanzen, die gleich gezogen worden sind, aber unter Ausschluss einer Stickstoffgabe.

Vf. hatte bei früheren Versuchen¹⁾ die Erfahrung gemacht, dass eine Nährlösung, die alle, soweit bekannt, notwendigen Bestandteile mit Einschluss der den mineralischen Stickstoff ersetzenden organischen Stickstoffverbindung enthält, nicht in allen Fällen bakterienfrei bleibt, auch wenn sie täglich erneuert wird. Es zeigte sich das bei der Prüfung der Hippursäure oder richtiger des hippursäuren Natriums auf Assimilationsfähigkeit. Unter besagten Bedingungen stellte sich hier bakterielle Tätigkeit ein. Vf. sah sich daher veranlasst dieses Kulturverfahren abzuändern. Die Abänderung bestand darin, dass die organische Substanz gesondert in Lösung gebracht der Pflanze geboten wurde, damit man so die Möglichkeit habe, sie minder lange, als die Nährlösung mit den mineralischen Nährstoffen, der Pflanze zur Aufnahme darzubieten. Die Pflanze verblieb je nach den Insulationsverhältnissen 4—6 Tagesstunden in der organischen Nährlösung: bei guter Insolation wurde sie kürzere Zeit darin belassen, als bei weniger guter. Die angegebene Zeitdauer erwies

1) Separat-Abzug aus d. Sitzungsberichten d. Naturforscher-Gesellschaft bei d. Universität Jurjew (Dorpat), Jahrg. 1899, S. 307 ff.: „Die Kulturpflanze und organische Stickstoffverbindungen“.

sich als durchaus geeignet und genügend zur Aufnahme, deren Ausmass durch die Art der Stickstoffverbindung bedingt wurde. Die übrige Zeit verbrachte die Pflanze in der stickstofffreien mineralischen Nährlösung. Beim Hinübersetzen der Pflanzen aus der einen Nährlösung in die andere erfolgte jedesmal eine sorgfältige Spülung der Wurzeln mit sterilem destilliertem Wasser. Beide Nährlösungen wurden täglich erneuert.

Um eine den Anforderungen entsprechende Nährlösung für die Versuchspflanze, Hafer, ausfindig zu machen, kam eine Reihe von Vorversuchen mit Lösungen verschiedener Zusammensetzung zur Ausführung. Neben der in Tharandt üblichen Lösung wurde eine vom Vf. modifizierte Tharandter Lösung und ferner 4 andere Lösungen mit vom Vf. aufgestellter Zusammensetzung geprüft. Ausserdem wurden auch die den Pflanzen gebotenen Stickstoffmengen variiert. Als Resultat dieser Vorversuche sei hier nur erwähnt, dass als der Vegetation förderlichere sich die Nährlösung herausstellte, welche in 1000 ccm 0,296 g KCl, 0,444 g CaCl_2 , 0,135 g KH_2PO_4 und 0,25 g $\text{MgSO}_4 + 7 \text{ aq.}$ enthielt. Um eine klare mineralische Nährlösung zu erhalten, wurden die genannten Salze in folgender Reihenfolge gelöst: KCl, CaCl_2 , KH_2PO_4 , MgSO_4 . Stets wurde die Lösung dieser reinen Salze konzentrierter hergestellt, als für die Nährlösung erforderlich war, und zwar war sie zehnmal so stark. Von letzterer Lösung wurden bei Versuchsbeginn kleinere Mengen, 25 ccm, genommen und dieselben nach und nach bis zu 100 ccm zur Herstellung von 1 Liter Nährlösung gesteigert. Als Lösungs- u. Verdünnungsmittel wurde benutzt steriles zweimal destilliertes Wasser; es war möglichst befreit von Kupfer und Ammoniak, von denen ersteres, wie andere und auch Vf. beobachtet haben, leicht das Pflanzenwachstum schädigen kann¹⁾.

Zur Herstellung der stickstoffhaltigen Nährlösung wurden Mengen der verschiedenen zu den Versuchen gewählten organischen Verbindungen abgewogen, in denen das gleiche Stickstoffquantum enthalten war. Als genügende Stickstoffmenge war durch die Vorversuche 0,051 g pro Pflanze festgestellt. Anfäng-

1) Weniger oder fast gar nicht macht sich wohl diese Wirkung bei den Zerealien, stärker aber bei den Leguminosen, Gespinstpflanzen und Wurzelfrüchten geltend. Was die Gespinstpflanzen und Wurzelfrüchte betrifft, so hat Vf. eine derartige Wirkung beim Lein und bei der Zuckerrübe konstatieren können. Gleiches Verhalten zeigte auch der Buchweizen.

lich wurde der Pflanze nur ein Fünftel dieser Menge gegeben, welches Verfahren besonders bei Verbindungen, die leicht schädigen, angebracht ist. Auf solche Weise konnte die Schädigung sicherer und genauer festgestellt werden, wenn eine solche selbst bei langsamer Angewöhnung zu konstatieren war. Um die Pflanze nicht an Stickstoff Mangel leiden zu lassen, ward in der Regel im Laufe von ca. 2 Wochen der Stickstoffgehalt dieser Nährlösung bis zur erforderlichen Höhe gebracht. Die der Prüfung unterzogenen organischen Verbindungen gehören den verschiedensten Gruppen der organischen Chemie an. Auch solche von recht komplizierter Zusammensetzung sind darunter. Vertreten sind auch aromatische isomere Verbindungen, die je nach der gegenseitigen Lage der Substituenten als Ortho-(o-), Meta-(m-) und Para-(p-) Verbindungen zu unterscheiden sind. Es ist also bei der Auswahl der organischen Stickstoffverbindungen die Aufmerksamkeit nicht nur auf die im Boden vorgefundenen gerichtet worden.

Diese Substanzen, ebenso wie die übrigen Nährsalze, waren von der Firma E. Merck in Darmstadt bezogen und wurden nur in reiner Form angewandt.

Die für die Pflanze erforderliche Eisenmenge wurde in Form von stets frisch gefälltem phosphorsaurem Eisenoxyd geboten. Nach genügendem Auswaschen des Niederschlages mit destilliertem, zuletzt sterilem, Wasser wurde ein Brei von ähnlicher Konsistenz daraus hergestellt, der in gleicher Menge den Pflanzen gleicher Entwicklung gegeben wurde, und zwar zu 0,5—5,0 ccm.

Die Kulturgefäße fassten im Mittel 1100 ccm und wurden nur mit je einer Pflanze besetzt. Sie waren zylindrisch und kurzhalsig, von weissem Glase, und bekamen zunächst, um das Licht von den Wurzeln abzuhalten, einen sorgfältig aufgetragenen Überzug von schwarzem Lack und alsdann zwecks Verminderung der Absorption von Wärmestrahlen und ihrer besseren Abgabe einen Anstrich mit dickerer weisser Ölfarbe. Die erwähnten Zwecke wurden auf diese Weise gut und leicht erreicht und während der ganzen Vegetationsdauer war keine Algenbildung zu bemerken, trotzdem die Gefäße frei und unverhüllt auf den Tischen standen. Gefäße in der angegebenen Ausstattung wurden zuerst 1900 angewandt und haben sich auch in der Folge bei der Ausführung von Wasserkulturen zur Entscheidung anderer Fragen der Ernährungslehre gut bewährt, nicht allein in der Hand des Verfassers, sondern auch in den Händen seiner Schüler.

Selbstverständlich wurden die Gefässe bei jeder Erneuerung der Lösungen sorgfältig gereinigt und schliesslich mit sterilem Wasser abgespült. Inbetreff der weiteren Beschaffenheit der Kulturgefässe wäre noch anzuführen, dass die Korkplatten gut, mit dem Zusatz von einem Desinfiziens, paraffiniert waren.

Als Versuchspflanze wählte Vf. den Hafer, und zwar Ligowo-Hafer (*Avena sativa* L.)¹⁾. Die Körner desselben waren von bester Entwicklung und Sortierung, sowie von guter Keimungsenergie und Keimfähigkeit. Vf. fand es richtig, eine Zerealie zu seinen Versuchen zu wählen, weil auch die früheren Versuche mit diesen landwirtschaftlichen Kulturpflanzen angestellt worden waren, und damit wenigstens in dieser Hinsicht vergleichbare Resultate erhalten werden konnten. In vielen Fällen oder, man könnte fast sagen, in der Mehrzahl der Fälle ist früher allerdings der Mais verwandt worden, doch lässt sich seine Saat hier schwer in guter Qualität beschaffen. Kann auch das Verhalten des Maises zu den organischen Stickstoffverbindungen von dem des Hafers zu den letzteren abweichen, so dürfte dies immerhin bei Zufuhr derselben in angemessener Form keine grosse Bedeutung haben. Beide Zerealien besitzen die gemeinsame Eigenschaft, gegen ein Wachstumsmedium von saurer Reaktion weniger empfindlich zu sein.

Es soll der Hinweis nicht unterlassen werden, dass zu solchen Versuchen auch Pflanzen aus den anderen in der Pflanzenbaulehre unterschiedenen Gruppen herangezogen werden sollten: das übersteigt natürlich die Kräfte und Mittel eines einzelnen Forschers. Wie aus der Literatur zu ersehen ist, schädigen manche organische Stickstoffverbindungen die Zerealien, während sie den Ölfrüchten Nutzen bringen. Auch Hülsenfrüchte zeigen bei der Aufnahme organischer Stickstoffverbindungen ein von den Zerealien verschiedenes Verhalten.

Für die Stickstoffassimilationsversuche suchte Vf. aus den angegebenen Saatproben in möglichst gleichem Grade normal entwickelte Aussenkörner von gleicher Grösse und Schwere aus. Das Sterilisieren derselben wurde in folgender Weise ausgeführt. Sie wurden zunächst mechanisch abgerieben, dann auf 5 Stunden in kaltem destilliertem Wasser eingequellt, darauf auf 10 Minuten in 54° C warmes destilliertes Wasser gebracht, alsdann vorsichtig

1) Proben dieses Hafers wurden freundlichst vom Baltischen Samenbauverbände in Dorpat dem Vf. zur Verfügung gestellt, wofür er demselben seinen Dank ausspricht.

künstlich getrocknet, weiter während 30 Minuten mit 1% Sublimatlösung behandelt und schliesslich in sterilem destilliertem Wasser gewaschen. Das Keimen erfolgte in durch Wattebäusche verschlossenen sterilisierten Eprouvetten auf steriler befeuchteter Watte. Als sich die Würzelchen soweit entwickelt hatten, dass sie mit ihrem unteren Teile in das sterile Wasser eintauchen konnten, welches dem auf einem sterilisierten Becherglase placierten sterilen und paraffinierten Bobbinnetsiebe nahe stand, wurden normal und gleichmässig gekeimte Körner auf die eben erwähnten Siebe hinübergelegt. Dabei befanden sich die mit schwarzem sterilisiertem Papier umhüllten Bechergläser mit den Sieben in einem sorgfältig mit Sublimatlösung gereinigten Glaskasten, der auf einer gleich behandelten Unterlage ruhte und in den man Dampf einströmen liess. Alle Hilfsvorrichtungen waren gleichfalls sterilisiert. Das Wechseln der Kulturflüssigkeit erfolgte ebenfalls unter Vorbeugung einer Infektion. Im Glaskasten entwickelten sich die Keimlinge weiter bis zum Erscheinen der ersten grünen Blätter. Als die für die Versuche erforderliche Zahl Pflänzchen mit möglichst gleichmässig entwickelten grünen Teilen und Wurzeln vorhanden war, wurden die Pflänzchen, deren Gesamtlängen, Längen des zweiten Blattes, Dimensionen des Wurzelkörpers, sowie Zahl ähnlich langer Wurzeln möglichst gleich waren, in die Vegetationsgefässe hinübersetzt und dort in der bekannten Weise befestigt.

Obiges Verfahren der Auswahl garantiert nach den Erfahrungen des Verf. häufig auch eine gleichmässige Entwicklung der Pflanzen in den späteren Lebensphasen. Erheblichere Differenzen im Erntegewicht der für den Einzelversuch gewählten Pflanzen lassen sich wohl damit erklären, dass bei Nichtvorhandensein anderer Ursachen die individuellen Eigenschaften der Pflanzen sich auch in späteren Entwicklungsperioden produktionserhöhend geltend machen können. Namentlich macht man diese Beobachtung, wenn die Entwicklungszeit eine kürzere ist. In den letzten Lebensphasen der Pflanze kann noch ein Ausgleich der Produktionsleistungen statthaben, vorausgesetzt, dass gleichgute Lebensbedingungen herrschen. Unter schlechteren Ernährungsbedingungen aber, wenn z. B. ein Nährstoff schwer absorbier- und assimilierbar ist, können grössere Abweichungen in der Entwicklung der Parallelpflanzen eintreten. In solchem Falle kann es selbst zu vorzeitigem Eingehen der Pflanze kommen. Wendet

man das oben angegebene Auswahlverfahren an, so lässt sich der Einzelversuch mit zwei Pflanzenindividuen durchführen. Der Einstellung einer grösseren Zahl von Pflanzen bei einem Versuch stand auch der hohe Preis mancher organischer Stickstoffverbindungen im Wege.

Vf. hat sich ferner bestrebt, einen anderen Fehler früherer Versuche zu vermeiden, indem er die Vegetationsversuche längere Zeit fortsetzte. Das Wachstum kann eine Zeitlang bei verschiedenen Verbindungen ziemlich gleichmässig vor sich gehen, erst später stellen sich Verschiedenheiten heraus, so dass der wahre Nutzeffekt einer Verbindung erst nach einer längeren Wachstumsdauer sicher festgestellt werden kann. Auch der Verlauf und die Intensität einer Schädigung wird mitunter erst nach ihrem längeren Bestehen richtig abschätzbar. Der physiologische Nutzeffekt einer stickstoffhaltigen Verbindung wurde ermittelt, indem das absolute Gewicht und der Stickstoffgehalt dieser Pflanzen und ihrer Teile mit denen der ohne Stickstoffzufuhr erzogenen Pflanzen verglichen wurden.

Ein Teil der Stickstoffassimilationsversuche konnte zeitig im Sommer des Jahres 1900 begonnen werden, ein anderer Teil musste aber für eine spätere Periode des Sommers zurückgestellt werden, da es dem Vf. nicht möglich war alle Versuche mit einem Male durchzuführen. Ein Teil der Versuche konnte auch erst im folgenden Sommer zur Ausführung kommen. Die später im Sommer begonnenen Versuche wurden fortgesetzt bis zu dem Zeitpunkt, wo die schwächere Intensität und die minder lange Dauer der Belichtung im Herbst dem Wachstum der Pflanzen hinderlich zu werden drohten. Letztere Pflanzen wiesen daher auch bei vollständig günstiger Stickstoffquelle meist noch nicht Rispen auf. Die Pflanzen befanden sich während der ganzen Versuchszeit in einem geräumigen Glashause, das ventiliert werden konnte und vor zu starker Bestrahlung geschützt wurde.

Während der Ausführung der Versuche wurde in der Regel täglich die Entwicklung der Pflanzen verfolgt und das Registrieren der hinzukommenden Blätter des Haupthalmes und der erscheinenden Seitenhalme und Rispen vorgenommen. Auch auf die Entwicklung des Wurzelsystems von seiten derselben wurde geachtet. Die Pflanzen erfuhren bei günstig wirkenden organischen Stickstoffverbindungen starke Bestockung, die mehr der vereinzelte Stand der Pflanzen veranlasste. Die bei den Versuchen des

Jahres 1900 zur Entwicklung gekommenen Halme werden vom Vf. in Sommer- und Herbsthalme geschieden. Zu den ersteren werden diejenigen, die sich bis zum letzten Drittel des Septembers entwickelt haben, gerechnet, und zu den letzteren solche späterer Entwicklung. Diese waren bei der Ernte der Pflanzen, die von den Stickstoffverbindungen nicht geschädigt worden waren, noch vollständig grün und zeichneten sich durch stärkere Streckung ihrer Internodien aus, so dass ihre Längen vielfach die der früher entwickelten Halme übertrafen. Auch die Dimensionen der Blätter und ihrer Teile waren beträchtlichere. Sie täuschten quasi üppigeren Wuchs vor; sie waren natürlich wasserreicher. Es wurde daher auch von der Bestimmung des Frischgewichts der Pflanzen abgesehen und das absolute Gewicht der lufttrockenen und der bei 105° C getrockneten Pflanzen bestimmt, und zwar letzteres zwecks genauerer Ermittlung bei Anwendung trockener Luft.

Durch Bakterien und Pilze veranlasste Erkrankungen der Pflanzen blieben aus, ebenso auch das Befallenwerden durch Blattläuse etc. So konnten die Pflanzen fortwachsen, solange die Vegetationsverhältnisse günstig waren. Die Aberntung erfolgte bei den dem Wachstum förderlichen und nicht Absterben veranlassenden Stickstoffverbindungen im Oktober resp. November. Die übrigen Pflanzen wurden gleich nach ihrem Eingehen geerntet. Bei der so schnell wie möglich ausgeführten Ernte wurden die biologischen Merkmale derselben festgestellt. Zu dem Zweck wurde bestimmt: der Habitus, die Länge und Breite (letztere an der Basis gemessen) des Wurzelkörpers, die Länge des breiteren Teiles des letzteren, die Zahl der Halme jeder Pflanze, die Ordnung, der der Halm angehörte, die Länge eines jeden Halmes, die Zahl seiner Internodien, die Zahl seiner Blätter, die Länge und Breite der Blattspreiten, die Zahl der Rispen jeder Pflanze, ihre Längen, die Zahl ihrer Astquirle, die Zahl der Äste im Quirl und die Zahl und Länge der Ährchen der Rispe.

Vorher voneinander abgetrennte Halme sowie Wurzeln wurden lufttrocken gemacht und alsdann gewogen. Es ist zu bemerken, dass die Rispenhalme einzeln gewogen wurden; auch das Gewicht der zugehörigen Rispe wurde bestimmt. Der Wägung folgte die Vorbereitung des Pflanzenmaterials zur Analyse. Wurzeln und Halme wurden sorgfältig zerkleinert, und zwar letztere mittels der Zerkleinerungsmühle, bis sie das 1 mm-Sieb passierten. Die Wurzeln wurden meist vorsichtig im Mörser zerrieben. (Kleinere

Wurzelmengen wurden zur Vermeidung von Verlusten auch unzerkleinert getrocknet.) Darauf wurde ein sorgfältiges Durchmischen der einzelnen Partien vorgenommen. Nachdem die entsprechenden Teile der zu einem Versuch gehörenden Pflanzen zusammengemischt waren, wurden sie in einem dicht-verschliessbaren Glasgefäss, und zwar die oberirdischen Teile zur Vornahme der Bestimmung des Wasser-, Gesamtstickstoff- und Eiweissstickstoffgehalts, aufgehoben. Bei den Wurzeln beschränkte sich Vf. auf die Bestimmung des Wassergehalts, weil die verfügbare Wurzelmenge meist nicht zur Vornahme der Bestimmung des Gesamtstickstoffgehalts ausreichte. Auf Grund der Bestimmung des Gesamtstickstoffgehalts der oberirdischen Teile der Versuchspflanzen lässt sich sicher darüber urteilen, ob eine bestimmte organische Stickstoffverbindung mehr oder weniger dazu geeignet ist, der Pflanze als Stickstoffquelle zu dienen. Bestätigt und ergänzt wird dieses Urteil durch die Bestimmung des Eiweissstickstoffgehalts der Pflanzenteile. Vf. musste sich freilich in den Fällen, in welchen geringere Mengen oberirdischer Teile der Pflanzen verfügbar waren, mit der Bestimmung des Gesamtstickstoffgehalts begnügen. Der Nähreffekt, der durch die zu den Versuchen hinzugezogenen Stickstoffverbindungen erzielt worden war, entsprach unverkennbar auch dem Plus an Erntegewicht, das im Vergleich zu dem Gewicht der ohne Stickstoffgabe erwachsenen Pflanzen erhalten ward. Die Bestimmung des Gesamtstickstoffgehalts erfolgte nach der Methode von Kjeldahl-Wohltmann. Der Eiweissstickstoff wurde nach dem Verfahren von Barnstein bestimmt. Alle Bestimmungen des Gesamtstickstoff- und Eiweissstickstoffgehalts sind vom Vf. selbst ausgeführt worden. Soweit es möglich war, sind auch Kontrollbestimmungen vorgenommen worden.

Nach der Darstellung der Versuchsmethode und der Ausführung der Versuche im allgemeinen folgen nun die einzelnen Versuche in Serien zusammengefasst, deren jede aus mehreren gleichzeitig unternommenen Versuchen besteht. Da die Versuche in verschiedenen Sommern und in verschiedenen Perioden des Sommers stattfanden, war es auch möglich einige Versuche vorzunehmen, die den Beweis erbrachten, dass der Entwicklungsstand der Pflanzen einen Einfluss hat auf den Gehalt des Stoffes, der in so verschiedenen Verbindungen der Pflanze dargeboten wird. Genauer referiert wird in dieser Arbeit über Versuche, die in den Jahren 1900 und

1901 zur Ausführung kamen. In späteren Jahren sind noch einzelne Versuche betreffend die Verwertung des organischen Stickstoffs vom Vf. ausgeführt worden, mit denen bezweckt wurde teils frühere Resultate nachzuprüfen, teils zu eruieren, ob Stoffe, die sich bei früheren Versuchen des Verfassers als zur Ernährung der Pflanze wenig geeignet oder ungeeignet erwiesen hatten, in geringerer Menge dargereicht, eventuell eine bessere Wirkung zeigen.

III. In der Vegetationszeit des Jahres 1900 ausgeführte Versuche. (Tafeln I—III.)

Diese Versuche konnten nicht alle zu gleicher Zeit durchgeführt werden. Eine grössere Zahl derselben wurde am 21. VI¹⁾ begonnen, und zwar mit folgenden organischen Stickstoffverbindungen: Formamid, Acetamid, Glykokoll, Asparaginsäure, Hippursäure, Urethan, Guanidin, Nitroguanidin, Chinolin, Morphin, Chinin, Strychnin.

Die 2. Serie der Versuche desselben Vegetationsjahres, die am 24. VII begann, wurde ausgeführt mit den Verbindungen: Nitromethan, Rhodannatrium, o-Nitrophenol, Pikrinsäure, o-Nitrobenzoesäure, p-Aminobenzoesäure, Pyridin, Albumin, Pepton.

Die 3. Versuchsserie wurde am 15.—18. VIII begonnen, und zwar mit Pikrinsäure und Koniin.

Nach dieser Orientierung über die im bezeichneten Jahre unternommenen Versuche sei nun näher die Ausführung der 1. Versuchsserie dargelegt.

IV. Erste Versuchsserie. (Tafeln I und II.)

Der Anfangstermin für diese Versuche musste um ein paar Wochen hinausgeschoben werden, da die zuerst verwendete Saatprobe nicht genügend gesunde Pflänzchen erwachsen liess. Solche gewährte erst der dem Vf. vom Baltischen Samenbauverbande in Dorpat zur Verfügung gestellte Ligowohafer der 1899-er Ernte. Von dieser Hafersorte wurden ausgesucht gut entwickelte, gleichgrosse, heile Aussenkörner, deren Gewicht nur zwischen 46 und 47,5 mg schwankte. Dieselben wurden den oben angegebenen Operationen zwecks Sterilisierung unterworfen und als-

1) Die Tagesdaten beziehen sich auf den alten Stil. Die Monate werden mit römischen Ziffern bezeichnet.

dann am 9. VI in der oben geschilderten Weise zum Keimen ausgelegt. Die erhaltenen Keimlinge wurden dann, wie angegeben, weiter behandelt. Als die nötige Zahl der Pflänzchen bis zum 21. VI 2 Laubblätter, von denen das jüngere die Blattspreitenlänge von 6—7 cm aufwies, und 8 Würzelchen von ca. 4 cm Länge entwickelt hatte, wurden sie in die Kulturlösungen hinübergesetzt. Sowohl die stickstofffreie als die stickstoffhaltige Kulturlösung wurden anfänglich verdünnter als später dargeboten. Am 21. VI und ebenso am folgenden Tage wurden je 25 ccm der konzentrierteren stickstofffreien Nährlösung auf 1000 ccm verdünnt. Die stickstoffhaltige Lösung enthielt davon nur eine Menge, die einem Fünftel der nötigen Stickstoffgabe entsprach. Vom 23.—25. VI wurden für die stickstofffreie Kulturlösung 50 ccm der hergestellten Nährlösung verwendet und betrug die Stickstoffgabe zwei Fünftel der nötigen. Am 26. und 27. VI war die Konzentration der stickstofffreien Kulturlösung dieselbe, wie an den vorhergehenden Tagen, und wurde nur die Stickstoffgabe um ein Fünftel erhöht. Vom 28. VI an erfuhr die Konzentration der stickstofffreien Kulturlösung eine Erhöhung, indem 75 ccm auf 1000 ccm verdünnt wurden; der Gehalt der stickstoffhaltigen Lösung blieb derselbe. Vom 5. VII an bekamen die Pflanzen die volle Stickstoffgabe. Vom 6. VII an wurde die stickstofffreie Kulturlösung so hergestellt, dass 100 ccm der Nährlösung auf 1000 ccm verdünnt wurden. Ausser den in Lösung gebrachten Nährstoffen bekamen die Pflanzen stets Eisen als in Wasser feinverteiltes Eisenoxydphosphat in Mengen von 0,5—5,0 ccm, je nach dem Entwicklungszustande, und zwar während des Verweilens in der stickstofffreien Kulturlösung.

Was die bereits genannten organischen Stickstoffverbindungen, die bei dieser Versuchsreihe auf ihre Fähigkeit die Pflanze mit Stickstoff zu versorgen geprüft wurden, betrifft, so wäre hier anzuführen, dass von denselben als Salze folgende verwendet wurden: Asparaginsäure, Hippursäure, Guanidin, Chinolin, Chinin, Morphin und Strychnin. Erstere beide wurden als Natriumsalze geboten, um den gleichzeitigen Einfluss noch eines anderen wichtigeren Nährstoffs auf die Entwicklung der Pflanzen auszuschliessen. Die übrigen fünf genannten organischen Stoffe bekamen die Pflanzen als salzsaure Verbindungen.

Um die Wirkung auch anderer Salze als salzsaurer auf die Pflanze kennen zu lernen, ist in einem der folgenden Sommer

ein Versuch mit schwefelsaurem Chinin zur Ausführung gekommen.

Entsprechend der Zahl der gewählten organischen Stickstoffverbindungen sind in dieser Serie 12 Ernährungsversuche ausgeführt worden. Zu jedem Versuche wurden 2 möglichst gleich entwickelte Exemplare der betreffenden Versuchspflanze genommen. Im ganzen umfasste die Versuchsserie 24 resp. 26 Haferpflanzen, da neben den mit organischem Stickstoff zu ernährenden noch weitere 2 kultiviert wurden, welche letztere keinen Stickstoff erhielten. Beim Vergleich des Entwicklungsganges und der Erntemengen der Stickstoffpflanzen mit demjenigen resp. denjenigen der ohne Stickstoffgabe gebliebenen liess sich dann der Nähreffekt der verschiedenen organischen Stickstoffverbindungen beurteilen. Im allgemeinen war die Entwicklung der Pflanzen durch die Witterung begünstigt, indem die Tage mit wolkenlosem Himmel die anderen überwogen.

Als massgebende Erscheinungen für den Entwicklungsgang der Pflanzen wurden die Daten des Hervortretens neuer Blätter beim Haupttrieb, des Erscheinens der Nebentriebe und des Hervorschiessens der Rispen angemerkt. In den späteren Vegetationsstadien, besonders im letzten Drittel der Vegetationsperiode, konnte freilich das Hinzukommen der Triebe nicht beständig verfolgt werden, da bei der grossen Zahl derselben das Zählen zu viel Zeit verlangte und auch nicht ohne Irrtum durchführbar war. Von Zeit zu Zeit wurden die Pflanzen nach ihrem äusseren Aussehen untereinander verglichen und eine Reihenfolge derselben, die mit den bestentwickelten beginnt und mit den schlechtest entwickelten schliesst, aufgestellt. Das Aussehen der Versuchspflanzen in vorgeschrittenerem Entwicklungsstadium, nämlich um den 10. IX, zeigen die beigegebenen Lichtdruckbilder auf den Tafeln I und II. Unter den zur Entwicklung gekommenen Halmen werden, wie erwähnt, Sommer- und Herbsthalme unterschieden. Einzelne der ersteren, jüngere, konnten sich minder gut entwickeln, da die Herbsthalme zur rascheren Entwicklung einen grossen Aufwand an Nährstoffen erforderten.

Um die Mitte Oktober, als die Licht- und Temperaturverhältnisse minder günstig wurden, begann das Abernten der Pflanzen. Dabei wurden die oben erwähnten Zählungen, Messungen und sonstigen Abschätzungen vorgenommen. Die Länge und Breite des Wurzelkörpers wird in cm resp. mm, die Länge der

Halme in cm, die Blattspreitenlänge und -breite und die Rispenlänge in mm angeführt. Die Massbezeichnungen werden bei den Angaben stets fortgelassen. Kennlich sind die Halme (H) gemacht durch Hinzufügung ihrer Längenziffer, oder letztere steht allein da. Es ist das auch insofern nötig, als unter den Sommerhalmen unterschieden werden: 1) solche mit hervorgeschobener Rispe (1. Gruppe), 2) solche mit nur z. T. hinausgeschobener Rispe (2. Gruppe) und 3) solche ohne Rispe (3. Gruppe). Bei den zur 1. Gruppe gehörigen Halmen wird das Einzel-, Gesamt- und mittlere Gewicht derselben, sowie das Einzel- und mittlere Gewicht ihrer Rispen angeführt. Zur genaueren Charakterisierung dieser Rispen (R) ist noch die Zahl ihrer Äste (as) und diejenige ihrer Ährchen (ar) hinzugefügt. Für die Bezeichnung der Länge der Rispe ist der Buchstabe l gewählt. Rt bedeutet die Länge des hervorgeschobenen Teiles unentwickelter Rispen; seine Länge wird in mm angeführt. Die mit minder gut ausgebildeten Rispen versehenen und rispenlosen Halme sind zusammen gewogen worden. Ferner wird das Gewicht sämtlicher Sommer- und Herbsthalme angegeben. Letzteres plus das Gewicht der Wurzeln ergibt das Gewicht der ganzen Pflanze. Berechnet ist auch das Verhältnis des Gewichts der Trockensubstanz der Wurzeln zu demjenigen der Trockensubstanz der oberirdischen Teile der Pflanze ($W : H$).

Ausser den Angaben über die biologischen Eigenschaften der einzelnen Versuchspflanzen finden sich dann für jeden Ernährungsversuch Mittelwerte angegeben, die auf Grund der Daten für die Einzelpflanzen berechnet sind. Mittelwerte werden für die Halm- und Rispenzahl, für die Trockensubstanzmengen der Rispenhalme, der Rispen, des Durchschnittshalmes, der oberirdischen Teile der Pflanze, der Wurzeln derselben und der ganzen Pflanze sowie für $W:H$ angeführt. Die Angaben des Gesamtstickstoff- und Eiweissstickstoffgehalts beziehen sich auf die Trockensubstanz der Pflanzen.

Vf. wendet sich nun den Einzelversuchen und zwar zunächst dem Formamidversuch zu. Die Formamidpflanze, bezeichnet mit II, findet sich auf Tafel I abgebildet. Die auf den Tafeln an erster Stelle abgebildeten Vergleichspflanzen, die ohne Stickstoffgabe erzogen sind, sollen erst nach der Besprechung der Versuche mit den organischen Stickstoffverbindungen jeder Versuchsreihe Berücksichtigung erfahren.

1. Ernährungsversuch mit Formamid.

Formamid ist bekanntlich eine Flüssigkeit. Entsprechend der für jede Pflanze erforderlichen Stickstoffmenge von 0,051 g, war 0,164 g Formamid abzuwägen. Der Versuch begann, wie schon früher bemerkt, mit einem Fünftel dieser Menge. Die Steigerung dieser Gabe wurde, wie angegeben, ausgeführt. Die Weiterentwicklung der für den Versuch gewählten Pflanzen erfolgte unter den einzuhaltenden Versuchsbedingungen in folgender Weise.

Die nächsten Halmblätter traten gleichzeitig bei beiden Pflanzen hervor, und zwar das 3. am 24. VI, das 4. am 28. VI, das 5. am 2. VII und das 6. am 6. VII. Ein 7. Blatt zeigte sich nur bei Pflanze II am 10. VII. Die Bestockung begann bei Pflanze I am 13. VII, bei Pflanze II am 16. VII. Letztere wies an diesem Tage 2 Seitenhalme auf, während Pflanze I den 2. Seitenhalm am 14. VII hatte. Am 30. VII zeigte sich bei beiden Pflanzen ein neuer Halm. Am 5. VIII hatten beide Pflanzen 6 Halme. Am 11. VIII betrug die Zahl der Halme 8, am 16. VIII bei Pflanze I 12 und bei Pflanze II 10. Am 9. IX konnten bei Pflanze I 17 Halme und bei Pflanze II 16 gezählt werden, die also der Unterscheidung des Verfassers gemäss zu den Sommerhalmen zu rechnen wären. Das Erscheinen der 1. Rispe wurde bei Pflanze I am 19. VII und bei Pflanze II am 30. VII beobachtet. Am 3. VIII zeigten sich die 2. und 3. Rispe bei Pflanze I und die 2. Rispe bei Pflanze II. Letztere streckte die 3. Rispe heraus am 11. VIII, die 4. am 15. VIII und die 5. am 18. VIII. Bei Pflanze I erschien die 4. Rispe am 18. VIII und die 5. am 19. VIII. Eine 6. Rispe, die aber nicht ganz hervorgetreten war, fand sich noch bei Pflanze I.

Die Formamidpflanzen zeichneten sich während der ganzen Vegetationsdauer durch besseres Wachstum aus, als die übrigen Versuchs- und Kontrollpflanzen¹⁾. Photographiert wurde Pflanze I, und das Bild derselben, mit II bezeichnet, ist auf Tafel I an der 2. Stelle wiedergegeben. Beim Abschluss der Versuche konnte folgender Entwicklungsstand dieser Pflanzen konstatiert werden. Pflanze I hatte 48 Halme gebildet, also ausser den 17 Sommerhalmen noch 31 Herbsthalme, unter welchen letzteren sich freilich eine Anzahl ganz kurzer befand. Von den Sommerhalmen gehörten zur 1. Gruppe: 57,7 ($R = 100\text{ l}$, 3 as, 4 ar), 47,8 ($R = 108\text{ l}$, 6 as), 46,2 ($R = 100\text{ l}$, 5 as, 6 ar), 44 ($R = 110\text{ l}$, 7 as), 40 ($R = 75\text{ l}$, 3 as); zur 2. Gruppe: 32,8 ($R_t = 15\text{ l}$); zur 3. Gruppe: 45,5, 44, 43, 41,7, 40,2, 39,8, 39,6, 33,5, 27, 25,2, 14,3. Die Messungen der Dimensionen der Blattspreiten ausgewachsener Halme ergaben als mittlere Länge 225 und als mittlere Breite 6. Die 31 Herbst-

1) Unter Kontrollpflanzen sind die ohne Stickstoffzufuhr erwachsenden zu verstehen.

halme besaßen folgende Längen: 75,5, 72, 67, 60, 59, 54, 53, 52,5, 50, 39,8, 38, 35, 22,3, 14,9, 14, 12,6, 12,4, 12,1, 12, 11,2, 9,4, 8,8, 8,5, 8,2, 7,7, 6,3, 4,6, 4,3, 3, 2,8, 2. Die mittlere Breite der Blattspreiten dieser Halme betrug 17 und die mittlere Länge 465. Der Wurzelkörper dieser Pflanze hatte die Länge 29,5 und in einer Ausdehnung von 11 cm (gerechnet von seiner Basis) eine Breite von ca. 50. Im Folgenden sei angeführt das Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzgewicht der rispenträgenden Halme, der Rispen derselben, der übrigen Halme, sämtlicher Halme, der Wurzeln und schliesslich der ganzen Pflanze:

	lufttrocken	trocken	lufttrocken	trocken
Halm	57,7 = 0,2575	rsp. 0,2337 g;	Rispe = 0,0395	rsp. 0,0358 g;
"	47,8 = 0,273	" 0,2478 "	" = 0,025	" 0,0227 "
"	46,2 = 0,233	" 0,2115 "	" = 0,028	" 0,0254 "
"	44 = 0,2105	" 0,1911 "	" = 0,029	" 0,0263 "
Mittel		= 0,221 g;		= 0,0275 g.

Die übrigen Halme = 4,392 rsp. 3,9866 g; sämtliche Halme = 5,366 rsp. 4,8707 g; Wurzeln = 0,712 rsp. 0,6395 g; ganze Pflanze = 6,078 rsp. 5,5102 g; W:H = 1:7,62.

Bei Pflanze II betrug die Zahl der Halme 44, von denen 28, darunter mehrere kurze, zu den Herbsthalmen zu zählen waren. Von den 16 Sommerhalmen gehörten der 1. Gruppe an: 58 (R = 125 l, 7 as), 53,4 (R = 110 l, 6 as), 48,2 (R = 100 l, 5 as, 6 ar); der 2. Gruppe: 50 (Rt = 35 l), 42,5 (Rt = 42 l); der 3. Gruppe: 57,3, 49,2, 49, 47, 44,3, 44, 43, 41,8, 40, 38,3, 21,9. Dieselben Blattspreitendimensionen wie für Pflanze I wurden auch für Pflanze II gefunden. Als Herbsthalme sind anzuführen folgende: 69,7, 68,8, 62,4, 62, 61,3, 61,2, 44, 38, 34,2, 33, 31,5, 31,1, 28, 27,5, 26,5, 22,5, 20,6, 17,8, 17,5, 15,8, 10,7, 7,7, 2, 2, 2, 2, 2, 2. Die mittlere Blattspreitenbreite zeigte keine Verschiedenheit von der der Pflanze I. Die Länge des Wurzelkörpers der Pflanze II betrug 31, bei einer Breite von ca. 55 in einer Ausdehnung von 13 cm. Die Bestimmung des Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzgewichts der Pflanze II und ihrer Teile ergab folgende Resultate:

	lufttrocken	trocken	lufttrocken	trocken
Halm	58 = 0,262	rsp. 0,2378 g;	Rispe = 0,0565	rsp. 0,0513 g;
"	53,4 = 0,26	" 0,236 "	" = 0,0335	" 0,0304 "
"	48,2 = 0,207	" 0,1879 "	" = 0,0325	" 0,0295 "
Mittel		= 0,2206 g;		= 0,0371 g.

Die übrigen Halme = 5,37 rsp. 4,8743 g; sämtliche Halme = 6,099 rsp. 5,5360 g; Wurzeln = 0,763 rsp. 0,6853 g; ganze Pflanze = 6,862 rsp. 6,2213 g; W:H = 1:8,08.

Da der Wachstumsverlauf der beiden Pflanzenindividuen ein ganz ähnlicher war, so zeigen sich auch bei den ermittelten Gewichtsmengen derselben keine starken Abweichungen. Mithin können folgende Mittelzahlen für die Formamidpflanzen aufgestellt werden:

$$\begin{aligned}\text{Halmzahl} &= 46; \\ \text{Rispenzahl} &= 5,5;\end{aligned}$$

Trockensubstanzgewicht der Rispenhalme = 0,2208 g;

$$\text{„ „ Rispen} = 0,0316 \text{ „};$$

$$\text{„ „ Halme} = 5,2033 \text{ „};$$

$$\text{„ 1 Halmes} = 0,1131 \text{ „};$$

$$\text{„ der Wurzeln} = 0,6624 \text{ „};$$

$$\text{„ „ ganzen Pflanze} = 5,8657 \text{ „};$$

$$W:H = 1:7,86.$$

Der Gesamtstickstoffgehalt dieser Pflanzen betrug 3,57% und ihr Eiweissstickstoffgehalt 1,495%.

Vergleicht man die Formamidpflanzen mit den übrigen Versuchspflanzen, die sich in der gleichen Zeit bei Fehlen eines schädigenden Einflusses entwickeln konnten, so zeigt sich, dass sie im allgemeinen durch die beste Entwicklung unter den Pflanzen dieser Versuchsserie hervorragen. Das mittlere Gewicht des Rispenhalmes und der Rispe lässt sich allerdings nicht als Stütze für diese Behauptung heranziehen; aber das erklärt sich durch die grosse Zahl der gebildeten Halme und die dementsprechend schlechtere Entwicklung der Rispen. Durch den Reichtum an Halmen zeichnen sie sich vor den übrigen Versuchspflanzen aus, in welcher Eigenschaft sie, wie hier beiläufig bemerkt sei, nur von den mit Nitrat unter sonst gleichen Bedingungen erzogenen Pflanzen übertroffen wurden. Dementsprechend ist auch das Gesamtgewicht der Halme und der Pflanze ein sehr hohes; es beträgt mehr als das Zehnfache, nahezu das Zwölfwache, der ohne Stickstoffgabe kultivierten Pflanzen. Dazu trägt natürlich auch die starke Ausbildung des Wurzelkörpers der Pflanzen bei; er ist reich verzweigt, was sich in der beträchtlichen Dicke seines oberen Teiles ausspricht. Dadurch wird auch sein Maximalgewicht erklärlich. Auch das Verhältnis der Wurzeln zu den sog. ober-

irdischen Teilen ist das höchste unter den bei dieser Versuchsreihe ermittelten. Die Formamidpflanzen weisen endlich einen höheren Gesamtstickstoff- und Eiweisstickstoffgehalt, als die übrigen Versuchspflanzen, auf. Auch die absoluten Mengen an diesen Stickstoffformen sind daher bei diesen Pflanzen bedeutend. Dieselben können auch als reich an solchen stickstoffhaltigen Produkten, die nicht zu den Eiweisskörpern zu zählen sind, bezeichnet werden, denn ihre Menge beträgt in Prozenten des Gesamtstickstoffs der Pflanzentrockensubstanz 58,12 %.

Die erhaltenen Resultate berechtigen zu dem Schlusse, dass der Formamidstickstoff eine so günstige Nährstoffquelle ist, dass die Haferpflanze sich üppig entwickelt. Vielleicht findet das zum Teil seine Erklärung darin, dass Formamid auch die Kohlenstoffassimilation günstig beeinflussen kann, wie das von Th. Sabalitschka¹⁾ bei Formaldehyd beobachtet worden ist. Jedenfalls steht das Hauptresultat des Versuches des Verfassers in vollstem Gegensatz zu demjenigen von G. Ciamician und C. Ravenna²⁾; diese fanden, dass Formamid giftig wirkt, und zwar am stärksten bei der Bohne. Gleich hier zeigt sich also, dass verschiedene Kulturpflanzenarten sich gegenüber denselben organischen Stickstoffquellen sehr verschieden verhalten können.

2. Ernährungsversuch mit Acetamid.

Jede Versuchspflanze hatte zur Befriedigung ihres Stickstoffbedürfnisses von der kristallisierten Verbindung 0,215 g zu erhalten. Bei der Ernährung mit dieser Substanz ist in betreff des Entwicklungsganges der beiden Versuchspflanzen Folgendes zu bemerken.

Das Erscheinen der Blätter erfolgte bei beiden Pflanzen gleichzeitig, und zwar des 3. am 25. VI, des 4. am 28. VI, des 5. am 2. VII und des 6. am 6. VII. Das 7. Blatt der Pflanze II trat am 10. VII hervor. Diese Daten stimmen auch mit den beim Formamid erhaltenen überein. Überhaupt hielt das Wachsen der Acetamidpflanzen mit dem der Formamidpflanzen gleichen Schritt, erst in späterer Zeit stellte sich ein Nachlassen desselben ein, so dass der schliessliche Produktionseffekt von Acetamid ein geringerer als der von Formamid war. Den 2. Halm wies Pflanze I am 14. VII auf, einige Tage später Pflanze II, die am 22. VII ausserdem den 3. Halm hervortrieb. Letzterer zeigte sich auch bei Pflanze I. Der 4. Halm trat bei Pflanze I am 30. VII und bei Pflanze

1) Ztrbl. f. Agrikulturchemie 1923, S. 177.

2) Gazz. chim. ital., Jahrg. 50 (1920), S. 13; nach Jahresber. f. Agrikulturchemie 1921, S. 137.

II am 31. VII hervor. Am 5. VIII fand sich der 5. Halm bei Pflanze I, am 6. VIII bei Pflanze II ein. Am 11. VIII waren beide Pflanzen mit dem 6. Halme versehen. Am 16. VIII wies Pflanze I den 7. Halm und Pflanze II den 7. und 8. Halm auf. Am 22. VIII besass Pflanze I 8 Halme, Pflanze II 9 Halme. Am 9. IX war ihre Zahl bei beiden Pflanzen auf 13 gestiegen. Die 1. Rispe war bei Pflanze I am 18. VII und bei Pflanze II am 30. VII sichtbar. Die 2. Rispe von Pflanze I schoss am 8. VIII hervor, ihre 3. Rispe am 11. VIII und ihre 4. Rispe am 16. VIII. An letzterem Datum schob Pflanze II die 2. und 3. Rispe hervor; die 4. Rispe folgte am 24. VIII. Das Hervorschiessen der 5. und 6. Rispe wurde bei Pflanze I am 1. IX beobachtet.

Photographiert wurde Pflanze II (Pflanze III auf Tafel I). Bei der Aberntung konnten bei jeder Pflanze 30 Halme gezählt werden. Die Halme von Pflanze I liessen sich in folgender Weise gruppieren. Die 1. Gruppe der Sommerhalme bildeten: 53,1 ($R=1071$, 6 as), 51,7 ($R=891$, 5 as), 48,2 ($R=961$), 46,2 ($R=1001$, 4 as, 5 ar), 41,3 ($R=651$, 2 as, 3 ar); die 2. Gruppe derselben: 13,3 ($R_t=181$); die 3. Gruppe: 42,3, 41,4, 31,8, 30,1, 29,2, 28,8, 27,7. Die mittlere Länge und Breite der Blattspreite gut entwickelter Sommerhalme betrug 180 resp. 5. Die 17 Herbsthalme hatten folgende Längen: 55,2, 44,2, 43,3, 38,1, 36,1, 28,5, 27,5, 25,5, 25,4, 24,6, 21,6, 14,6, 14,4, 9,6, 6,7, 4,9, 3. Die Blattspreitenbreite war bei der Länge von 336 14. Der Wurzelkörper hatte eine Länge von 29,5 und in seinem oberen Teile auf einer Ausdehnung von ca. 13 cm die Breite von 45. Die Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen der Pflanze I und ihrer Teile zeigten sich folgendermassen verteilt:

Halm	53,1	= 0,2585	resp.	0,2346	g;	Rispe	= 0,053	resp.	0,0481	g;
„	51,7	= 0,25	„	0,2269	„;	„	= 0,041	„	0,0372	„;
„	48,2	= 0,218	„	0,1979	„;	„	= 0,04	„	0,0363	„;
„	46,2	= 0,1995	„	0,1811	„;	„	= 0,0365	„	0,0331	„;
„	41,3	= 0,1535	„	0,1393	„;	„	= 0,0315	„	0,0286	„;
Mittel				= 0,1960	g;				= 0,0367	g.

Die übrigen Halme = 1,6385 resp. 1,4873 g; sämtliche Halme = 2,7180 resp. 2,4671 g; Wurzeln = 0,5585 resp. 0,5015 g; ganze Pflanze = 3,2765 resp. 2,9686 g; W:H 1:4,92.

Von den 30 Halmen der Pflanze II hatten sich, wie erwähnt, 13 im Sommer gebildet. Von den letzteren gehörten zur 1. Gruppe: 64,2 ($R=1201$, 5 as, 6 ar), 61,1 ($R=1041$, 4 as, 6 ar); zur 2. Gruppe: 50,7 ($R_t=701$), 35,4 ($R_t=101$), 29,7 ($R_t=201$), 28,5 ($R_t=151$); zur 3. Gruppe: 50, 45, 35,7, 34, 32,3, 20,7, 20,4. Die

Dimensionen der Blattspreite stimmten mit denen der Blattspreite der Pflanze I überein. Die von dieser Pflanze gebildeten 17 Herbsthalme besaßen folgende Längen: 65,2, 62,8, 61,8, 50,9, 48,9, 41,7, 17, 13,8, 11,4, 9,2, 7,5, 2,5, 2, 2, 2, 2, 1,5. Die Blattspreitenbreite war dieselbe wie bei Pflanze I. Die Wurzellänge betrug 31, die obere Verbreiterung des Wurzelkörpers 45 (sie erstreckte sich auf 12—13 cm). Die Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen sind mit folgenden Ergebnissen bestimmt worden:

Halm 64,2 = 0,338 rsp. 0,3068 g; Rispe = 0,0565 rsp. 0,0513 g;
 „ 61,1 = 0,3015 „ 0,2737 „; „ = 0,059 „ 0,0535 „;
 Mittel = 0,2902 g; = 0,0524 g.

Die übrigen Halme = 3,01 rsp. 2,7322 g; sämtliche Halme = 3,6495 rsp. 3,3127 g; Wurzeln = 0,669 rsp. 0,6009 g; ganze Pflanze = 4,3185 rsp. 3,9136 g; W:H = 1:5,51.

Pflanze II hat bei wenig verschiedenem Wachstumsverlauf eine bessere Ausbildung ihrer älteren Halme erfahren, was sich in ihrer beträchtlicheren Länge und ihrem höheren Gewicht dokumentiert. Diese Differenzen bieten aber kein Hindernis die nachfolgenden Mittelwerte zu berechnen:

Halmzahl = 30;

Rispenzahl = 6;

Trockensubstanzgewicht der Rispenhalme = 0,2229 g;

„ „ Rispen = 0,0412 „;

„ „ Halme = 2,8899 „;

„ 1 Halmes = 0,0963 „;

„ der Wurzeln = 0,5512 „;

„ „ ganzen Pflanze = 3,4411 „;

W:H = 1:5,21.

Der Gesamtstickstoffgehalt der Acetamidpflanze wurde zu 2,997%, ihr Eiweissstickstoffgehalt zu 1,40% ermittelt. Dem Resultate dieses Versuches gemäss muss Acetamid zu den guten organischen Stickstoffnährstoffen gezählt werden, worauf auch der hohe Eiweissstickstoffgehalt, der demjenigen der Formamidpflanze sehr nahe kommt, hinweist. Ja, selbst einen grösseren Anteil des Gesamtstickstoffs macht bei Ernährung mit Acetamid der Eiweissstickstoff aus, nämlich 46,71%. Doch zeigt sich beim Vergleich der Resultate bei Darreichung von Formamid einer-

seits und Acetamid andererseits deutlich, dass der Ernährungseffekt des letzteren minder beträchtlich ist, was besonders in der geringeren Zahl der gebildeten Halme und in dem niedrigeren Gewicht des Einzelhalmes und demnach der ganzen Pflanze zum Ausdruck kommt. Es war daher auch die Entwicklung der Teile der Acetamidpflanze eine minder gute, wie sich das z. B. beim Vergleich der Dimensionen der Blattspreiten zeigt. Auf das Wurzeltrockengewicht bezogen hat sich mit Acetamid viel weniger Halmmasse als mit Formamid gebildet. Immerhin kann man, wie schon bemerkt, Acetamid zu den Verbindungen mit gut wirkendem organischem Stickstoff rechnen. Ein derartiges Resultat haben besonders H. B. Hutchinson und N. H. I. Miller¹⁾ (Rothamsted Experiment Station) bei ihren Versuchen mit Erbsen erhalten.

3. Ernährungsversuch mit Glykokoll.

Die Menge des einer Pflanze gereichten Glykokolls wurde allmählich auf 0,2732 g gesteigert, was der vollen Stickstoffgabe entspricht. Die Pflanzen zeigten im Anfang keine Unterschiede in der Wachstumsenergie, aber nach einiger Zeit wurden solche bemerkbar.

Am 24. VI zeigte sich das 3. Blatt bei Pflanze II, am 25. VI bei Pflanze I. Das 4. Blatt erschien bei beiden Pflanzen am 28. VI, das 5. am 3. VII und das 6. am 7. VII. Das 7. Blatt der Pflanze I kam am 10. VII hervor. Während die Pflanzen bis zum 3. VII einen minder guten Entwicklungsstand als selbst die Nitroguanidin-, Hippursäure- und Asparaginsäurepflanzen zeigten, trat bis zum 6. VII in dieser Hinsicht eine Änderung ein, da nun nur noch die Asparaginsäurepflanzen eine etwas bessere Entwicklung aufwiesen. Die Bestockung der Glykokollpflanzen ging nicht ganz gleichmässig vor sich. Pflanze II trieb am 14. VII den 2. und 3. Halm, Pflanze I aber trieb dieselben erst am 22. VII. Der 4. Halm zeigte sich bei Pflanze II am 30. VII, bei Pflanze I am 11. VIII. Am 5. VIII wies Pflanze II 6 Halme auf. Am 16. VIII wurden bei Pflanze I 6 Halme und bei Pflanze II 7 Halme gezählt. Am 22. VIII war die Zahl der Halme der Pflanze II auf 11 gestiegen. Am 9. IX betrug die Zahl der Halme der Pflanze II 13 und diejenige der Halme der Pflanze I 8. Die 1. Rispe erschien bei Pflanze II, und zwar am 18. VII. Bei Pflanze I wurde sie am 24. VII beobachtet. Die 2. Rispe war bei Pflanze II am 1. VIII und zugleich mit der 3. bei Pflanze I am 11. VIII sichtbar, an welchem Tage auch Pflanze II die 3. Rispe aufwies. Am 18. VIII kam bei Pflanze II eine 4. Rispe und am 19. VIII eine 5. hinzu.

¹⁾ Separatabdruck aus d. Ztbl. für Bakteriologie etc. Abt. II, Bd. 30 (1911), S. 513 ff., für dessen Zusendung den Vff. freundlicher Dank.

Zum Photographieren wurde Pflanze II gewählt (Pflanze V auf Tafel I). Zur Zeit des Aberntens besass Pflanze I 17 Halme, von denen, wie bemerkt, 8 im Sommer zur Entwicklung gekommen waren. Unter den Sommerhalmen liessen sich unterscheiden als zur 1. Gruppe gehörig: 54,4 ($R=93$ l, 5 as, 6 ar), 54 ($R=100$ l, 5 as, 6 ar); als zur 2. Gruppe gehörig: 29,2 ($R=57$ l); als zur 3. Gruppe gehörig: 45, 41,5, 36,5, 30,8, 21,7. Die Breite der Blattspreite mit der Länge 160 betrug 4,5. Die Längen der 9 Herbsthalme waren: 54,7, 40, 38,6, 34,8, 26, 15,8, 8, 7,7, 1,9. Die Länge des Wurzelkörpers erreichte 26 und die Breite seines oberen Teiles 20 bei einer Erstreckung auf 8 cm. Die Bestimmung der Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen von Pflanze I und ihren Teilen ergab folgende Resultate:

Halm 54,4	= 0,3125	rsp.	0,2837 g;	Rispe	= 0,0443	rsp.	0,0402 g;
„ 54	= 0,271	„	0,246 „;	„	= 0,0635	„	0,0576 „;
„ 29,2	= 0,148	„	0,1343 „;	„	= 0,015	„	0,0136 „;
Mittel		=	0,2213 g;			=	0,0371 g.

Die übrigen Halme = 1,102 rsp. 1,000 g; sämtliche Halme = 1,8335 rsp. 1,6640 g; Wurzeln = 0,2425 rsp. 0,2178 g; ganze Pflanze = 2,0760 rsp. 1,8818 g; W:H = 1:7,64.

Pflanze II wies beim Abernten 29 Halme auf, von denen 13 Sommerhalme waren. Von letzteren waren zu rechnen zur 1. Gruppe: 60,7 ($R=97$ l, 3 as, 4 ar), 54,3 ($R=95$ l, 3 as), 50,4 ($R=97$ l, 4 as, 5 ar), 43,2 ($R=98$ l, 5 as, 6 ar), 41,7 ($R=97$ l, 6 as, 7 ar); zur 3. Gruppe: 39,5, 38,7, 32,8, 32,6, 30,5, 28,2, 25,8, 23,2. Die Blattspreitenbreite und -länge der Halme differierten nicht von denen der Pflanze I. Die Längen der 16 Herbsthalme waren folgende: 48,5, 46,8, 45, 44,7, 43,2, 32,9, 32,6, 32, 29,6, 21,2, 17,4, 16,2, 14,8, 14,3, 11,5, 9,3. Die Länge des Wurzelkörpers betrug 27 und seine obere Breite bei einer Erstreckung auf 12 cm ca. 30. Die Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen dieser Pflanze wurden folgendermassen verteilt gefunden:

Halm 60,7	= 0,259	rsp.	0,2351 g;	Rispe	= 0,046	rsp.	0,0417 g;
„ 54,3	= 0,199	„	0,1806 „;	„	= 0,032	„	0,029 „;
„ 50,4	= 0,1625	„	0,1475 „;	„	= 0,028	„	0,0254 „;
„ 43,2	= 0,149	„	0,1352 „;	„	= 0,027	„	0,0245 „;
„ 41,7	= 0,1865	„	0,1693 „;	„	= 0,027	„	0,0245 „;
Mittel		=	0,1735 g;			=	0,029 g.

Die übrigen Halme = 2,03 rsp. 1,8426 g; sämtliche Halme = 2,986 rsp. 2,7103 g; Wurzeln = 0,3895 rsp. 0,3498 g; ganze Pflanze = 3,3755 rsp. 3,0601 g; W:H = 1:7,75.

Wie obigen Daten zu entnehmen, haben sich die beiden Glykokollpflanzen in ihrer Wachstumsenergie verschieden verhalten. Pflanze II hat sich beim Wachsen durch grössere Energie hervorgetan, was sich bereits gegen Ende des Sommers dadurch verriet, dass eine grössere Zahl besser entwickelter Halme vorhanden war. Dieses intensivere Wachstum von Pflanze II hielt dann auch bis zum Ende der Vegetationsperiode an, so dass sie sich überhaupt durch das Überwiegen der Halmzahl auszeichnete; dies tat sich denn auch durch ein höheres Erntegewicht von Lufttrocken- und Trockensubstanz kund. In diesem Falle, wo die eine der Pflanzen bei jeglichem Fehlen äusserer schädigender Einflüsse ein nicht gleichgutes Wachstumsvermögen zeigt, handelt man wohl am richtigsten, das Mittel aus den für beide Pflanzen gefundenen Zahlen zu nehmen, um den am besten entsprechenden Wert für die tatsächliche Wirkung des Glykokolls als Stickstoffnährstoff zu finden. Demnach erhält man folgende Mittelwerte:

Halmzahl = 23;

Rispenzahl = 4;

Trockensubstanzgewicht der Rispenhalme = 0,1915 g;

„ „ Rispen = 0,0321 „;

„ „ Halme = 2,1871 „;

„ 1 Halmes = 0,0951 „;

„ der Wurzeln = 0,2838 „;

„ „ ganzen Pflanze = 2,4709 „;

W:H = 1:7,69.

Der Gesamtstickstoffgehalt der Glykokollpflanzen betrug im Mittel 2,74%, der Eiweissstickstoffgehalt derselben 1,30%. Beide Gehalte, besonders derjenige des Gesamtstickstoffs, sind also niedriger als bei den Acetamidpflanzen. In Prozenten des Gesamtstickstoffs findet sich aber bei den Glykokollpflanzen mehr Eiweissstickstoff vor, nämlich 47,45%. Freilich ist die Differenz zwischen diesen Prozentanteilen des Eiweissstickstoffs der einen und der anderen Pflanze nicht gross. Sowohl die Trockensubstanzmenge der Wurzeln als auch das Bild der Wurzeln zeigen, dass das Glykokoll das Wurzelwachstum beeinträchtigt hat. Das Verhältnis der

Wurzeln zu den Halmen tut aber dar, dass, verglichen mit den Acetamidpflanzen, die Glykokollpflanzen an Halmmasse mehr gebildet haben. Das absolute Gewicht des mittleren Halmes letzterer Pflanzen ist fast dasselbe, wie dasjenige des mittleren Halmes der Acetamidpflanzen. Das Gesamtgewichtsmittel der Halme bleibt aber wegen der geringeren Halmzahl hinter dem der zuletzt genannten Pflanzen zurück. Die Reduktion der Halmzahl hat zum Teil das schwächere Bestockungsvermögen der Pflanze I herbeigeführt. Die Entwicklungsleistung der einzelnen Halme dieser Pflanze ist aber kaum geringer gewesen, wie sich das besonders bei Berücksichtigung der Rispenhalme erweist.

Die Resultate, die mit Glykokoll erhalten wurden, lassen keinen Zweifel daran aufkommen, dass es zu den guten organischen Stickstoffnährstoffen für die höhere grüne Pflanze gehört, berechtigen aber auch zu dem Schlusse, dass das Glykokoll nicht so gut, wie das Acetamid, die Entwicklung der Pflanzen gefördert hat, welche Behauptung auch dann keine Änderung erfährt, wenn man — wozu man nicht berechtigt ist — von der schwächer bestockten Pflanze absehen will. In der einschlägigen Literatur finden sich sonst günstige Urteile über die Glykokollwirkung bei der höheren Pflanze, und nur O. Schreiner und H. S. Reed ¹⁾ bemerken, dass Glykokoll bei höheren Konzentrationen den Weizen schädigte.

4. Ernährungsversuch mit Asparaginsäure.

Die Asparaginsäure erhielten die Pflanzen, wie erwähnt, in Form des Natriumsalzes. Die nötige Gewichtsmenge dieses Salzes beträgt 0,6302 g. In betreff der Entwicklungsweise der Pflanzen sei gleich bemerkt, dass sie eine miteinander sehr übereinstimmende war, was auch durch die bei der Ernte erhaltenen Resultate bestätigt wird.

Das 3. Blatt kam bei beiden Pflanzen am 25. VI, das 4. am 28. VI, das 5. am 3. VII und das 6. am 7. VII hervor. Am 3. VII waren die Pflanzen fast ebenso gut wie die Hippursäurepflanzen entwickelt, deren Entwicklungsstand nur wenig von demjenigen der Acetamidpflanzen abwich. Am 6. VII zeigten aber die Asparaginsäurepflanzen einen besseren Stand als die Hippursäure- und auch die Glykokollpflanzen. Nach einiger Zeit wurden sie jedoch von letzteren im Wachstum überholt. Am 14. VII wies Pflanze II 2 Seitenhalme, am 16. VII Pflanze I 1 Seitenhalm auf. Letztere Pflanze entwickelte den 3. Halm am 30. VII. Am 5. VIII war die Halmzahl der Pflanze I auf 5, diejenige der Pflanze II auf 6 gestiegen. Am

¹⁾ Bot. Gaz., vol. 45 (1908), S. 73; nach Reed O. Brigham, Soil Science, vol. III (1917), S. 155.

22. VIII besass Pflanze I 8 Halme, Pflanze II 9. Bis zum 30. VIII war je 1 neuer Halm hinzugekommen. Am 9. IX fanden sich sowohl bei Pflanze I als bei Pflanze II 12 Halme vor. Die 1. Rispe schoss bei Pflanze I am 17. VII, bei Pflanze II am 22. VII hervor. Am 5. VIII erschienen die 2. und 3. Rispe der Pflanze I und die 2. der Pflanze II. Die 3. Rispe der letzteren kam am 16. VIII hervor. Am 18. VIII wies Pflanze I die 4. Rispe auf, der am 20. VIII die 5. folgte. Zugleich wurde auch die 4. Rispe der Pflanze II sichtbar.

Photographiert wurde Pflanze I (Pflanze VI auf Tafel I). Beim Abschluss der Versuche besass diese Pflanze 27 Halme. Von ihren 12 Sommerhalmen waren einzureihen in die 1. Gruppe: 58,1 (R = 95 l, 5 as, 6 ar), 50,2 (R = 98 l, 7 as), 43,1 (R = 80 l, 5 as, 7 ar), 42,7 (R = 95 l, 5 as, 6 ar), 36 (R = 80 l, 5 as, 7 ar), und in die 3. Gruppe: 35,2, 28,8, 28, 27, 25,5, 18,3, 9,3. Die Breite der Blattspreite von der Länge 133 war 4,5. Die 15 Herbsthalme hatten folgende Längen: 45, 41,2, 38,5, 33,8, 30,8, 18,2, 15,3, 12,8, 11,4, 7,5, 4,2, 3,8, 3,7, 2,8, 2,7. Der Wurzelkörper wies eine Länge von 21 und eine obere Breite von 23, die sich auf 8 cm erstreckte, auf. Folgende Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen von Pflanze I und ihren Teilen wurden ermittelt;

Halm 58,1	= 0,253	rsp. 0,2296 g;	Rispe = 0,0525	rsp. 0,0476 g;
„ 50,2	= 0,223	„ 0,2024 „;	„ = 0,041	„ 0,0372 „;
„ 43,1	= 0,13	„ 0,118 „;	„ = 0,0275	„ 0,025 „;
„ 42,7	= 0,16	„ 0,1452 „;	„ = 0,032	„ 0,029 „;
„ 36	= 0,11	„ 0,0998 „;	„ = 0,0215	„ 0,0195 „;
Mittel		= 0,159 g;		= 0,0317 g.

Die übrigen Halme = 0,994 rsp. 0,9022 g; sämtliche Halme = 1,87 rsp. 1,6972 g; Wurzeln = 0,3 rsp. 0,2695 g; ganze Pflanze = 2,17 rsp. 1,9667 g; W : H = 1 : 6,3.

Pflanze II hatte im ganzen 28 Halme zur Entwicklung gebracht, von denen 12 auf den Sommer kamen. Von letzteren gehörten zur 1. Gruppe: 51,3 (R = 78 l, 3 as, 4 ar), 39,8 (R = 78 l, 4 as, 5 ar), zur 2. Gruppe: 26,5 (Rt = 10 l), 25,7 (Rt = 27 l) und zur 3. Gruppe: 36, 33,6, 33, 32,2, 31,7, 31,5, 31,4, 13,7. Die Blattspreitendimensionen dieser Pflanze waren die gleichen, wie diejenigen der Pflanze I. Die Messung der 16 Herbsthalme ergab folgende Längen: 59,8, 47, 46,4, 32,5, 29,8, 24,2, 20,9, 20,3, 15,8, 13,3, 13,2, 12,2, 5,2, 4,8, 3,1, 2,5. Der Wurzelkörper hatte eine Länge von 26,2 und eine Breite von 30 in einer Ausdehnung von 8,5 cm. Die Resultate der Bestimmung der Lufttrockensubstanz- und

Trockensubstanzgewichte der Pflanze II und ihrer Teile waren folgende:

Halm	51,3 = 0,177	rsp.	0,1607 g;	Rispe	= 0,028	rsp.	0,0254 g;
"	39,8 = 0,14	"	0,1271 "	"	= 0,025	"	0,0227 "
Mittel			= 0,1439 g;				= 0,024 g.

Die übrigen Halme = 1,703 rsp. 1,5458 g; sämtliche Halme = 2,020 rsp. 1,8336 g; Wurzeln = 0,467 rsp. 0,4195 g; ganze Pflanze = 2,487 rsp. 2,2531 g; W:H = 1:4,37.

Obige Angaben ergeben folgende Mittelwerte:

Halmzahl = 27,5;

Rispenzahl = 4,5;

Trockensubstanzgewicht der Rispenhalme	= 0,1547 g;
" " Rispen	= 0,0295 "
" " Halme	= 1,7654 "
" 1 Halmes	= 0,0642 "
" der Wurzeln	= 0,3445 "
" " ganzen Pflanze	= 2,1099 "
W:H	= 1:5,33.

Der Gesamtstickstoffgehalt der Asparaginsäurepflanzen war höher als derjenige der Glykokollpflanzen, nämlich 3,05%. Der Eiweisstickstoffgehalt der Pflanzen differierte sehr wenig, freilich ebenfalls in positivem Sinne, von demjenigen der letzteren und betrug 1,34%. Im Verhältnis zum Gesamtstickstoffgehalt fand sich also mehr Eiweisstickstoff in den Glykokoll-, als in den Asparaginsäurepflanzen vor, in welcher letzteren davon 44,0% enthalten war. Bei näherer Betrachtung der oben angeführten Resultate und bei ihrem Vergleich mit den für die früher besprochenen organischen stickstoffhaltigen Substanzen erhaltenen ergibt sich, dass auch die Asparaginsäure keine besonders gute Stickstoffquelle für die höhere Pflanze vorstellt und eventuell in dieser Beziehung noch niedriger als das Glykokoll eingeschätzt werden kann, wenn man es für richtig findet, hierbei das geringe Gewicht der rispentragenden Halme und der Halme überhaupt zu berücksichtigen. Obgleich die Halmzahl bei den Asparaginsäurepflanzen nur wenig kleiner als bei den Acetamidpflanzen ist, ist die Ausbildung der Mehrzahl der Halme der ersteren hinter derjenigen der Halme letzterer Pflanzen beträchtlich zurückgeblieben. Das eben Hervorgehobene wird durch das Bild der Pflanze gut veranschaulicht. Das Gesagte gilt auch vom

Wurzelwachstum, wenn man letzteres mit dem bei Acet- und Formamid konstatierten in Vergleich stellt. Zu einem anderen Schlusse aber kommt man, wenn die Wurzel Ausbildung der Asparaginsäurepflanzen zu derjenigen der Glykokollpflanzen in Parallele gestellt wird. Es zeigt sich dann deutlich die bessere Ausbildung der Wurzeln der ersteren Pflanzen. Trotz dieser günstigen Bedingung für die Gesamtentwicklung des Organismus haben aber diese Pflanzen doch nicht in demselben Grade, wie die Glykokollpflanzen, ihre oberirdischen Teile entwickeln können. Dasselbe wird auch klar bei einem Vergleich des in den betreffenden Fällen gefundenen Verhältnisses zwischen den Wurzelmassen und den Massen der oberirdischen Teile. Das Bild der Pflanze zeigt ebenfalls eine stärkere Entwicklung der Basis des Wurzelkörpers.

Auch andere Experimentatoren haben mit Asparaginsäure positive Ernährungserfolge erhalten.

5. Ernährungsversuch mit Hippursäure.

Die Hippursäure wurde ebenfalls als Natriumsalz den Pflanzen dargeboten. Von diesem Salz hatte das einzelne Pflanzenindividuum als Maximalmenge 0,7977 g zu erhalten. Der Hippursäureversuch ist vom Vf. zum zweitenmal ausgeführt worden, da der erste (veröffentlicht in der Arbeit des Vf.'s: „Die Kulturpflanze und organische Stickstoffverbindungen“¹⁾) nicht einwandfrei durchgeführt werden konnte, wie das in der zitierten Arbeit vom Vf. näher vermerkt ist.

Die Entwicklung der Pflanzen ging im grossen und ganzen recht gleichmässig vonstatten.

Das 3. Blatt wurde bei beiden Pflanzen am 25. VI, das 4. am 28. VI, das 5. am 3. VII und das 6. am 7. VII sichtbar. Am 3. VII zeigten sich die Pflanzen so entwickelt, dass sie in dieser Hinsicht gleich auf die Formamid- und Acetamidpflanzen folgten. Aber bereits zum 6. VII waren die Glykokoll- und Asparaginsäurepflanzen ihnen im Wachstum mehr oder minder vorausgeeilt, von denen jedoch die ersteren ihnen noch einmal zeitweilig ihren Platz abtreten mussten. Am 22. VII waren bei beiden Pflanzen 4 Halme vorhanden, zu denen am 30. VII bei jeder der 5. hinzukam. Am 16. VIII fanden sich 6 Halme vor. Am 20. VIII besass Pflanze I 9 Halme und Pflanze II 10. Bis zum Schluss des Sommers hatte Pflanze I es auf 11 Halme und Pflanze II auf 12 gebracht. Die 1. Rispe erschien bei Pflanze I, und zwar am 11. VIII. Am 13. VIII. bekam Pflanze II eine Rispe. Eine 2. Rispe wurde nur zum Teil von Pflanze I hervorgeschoben.

Photographisch aufgenommen wurde Pflanze I (Pflanze IV

1) Separatabzug aus den Sitzungsberichten d. Naturforscher-Gesellschaft bei der Universität Jurjew (Dorpat), Jhrg. 1899, 16 Seiten.

auf Taf. I). Zum Zeitpunkt der Erntevornahme wies Pflanze I 20 Halme auf. Von den 11 Sommerhalmen gehörte der 1. Gruppe an: 38,8 ($R = 95$ l, 4 as), der 2. Gruppe: 27 ($R_t = 30$ l) und der 3. Gruppe: 41, 36,5, 29,2, 16,2, 11,5, 6,5, 5,7, 5,5, 4,5. Die Blattspreitenlänge und -breite wurde zu 80 resp. 4 gefunden. Die 9 Herbsthalme besaßen folgende Längen: 54, 48, 36,3, 31,2, 6,5, 6, 2, 2, 2. Die Länge des Wurzelkörpers betrug 39, seine Breite, die sich auf 20 cm erstreckte, ca. 45. Die Mengen an Lufttrocken- und Trockensubstanz von Pflanze I und ihren Teilen waren folgende:

Halm 38,8 = 0,2955 resp. 0,2682 g; Rispe = 0,055 resp. 0,0499 g. Die übrigen Halme = 1,031 resp. 0,9358 g; sämtliche Halme = 1,3265 resp. 1,2040 g; Wurzeln = 0,35 resp. 0,3144 g; ganze Pflanze = 1,6765 resp. 1,5184 g; W : H = 1 : 3,83.

Die Anzahl der Halme von Pflanze II betrug am Ende des Versuchs 24, von denen die Hälfte sich während des Sommers gebildet hatten. Zur 1. Gruppe gehörte: 39,1 ($R = 105$ l, 4 as und 5 ar), zu der 3. Gruppe: 45, 42, 40, 38,5, 38, 35, 32,5, 29, 15,2, 11,8, 7. Die Blattspreitenbreite stimmte mit derjenigen der Pflanze I überein. Als Längen der Herbsthalme wurden gefunden: 54, 47, 44,5, 43, 40, 40, 39,6, 29,5, 25,6, 21,8, 4,2, 4. Die Messungsergebnisse des Wurzelkörpers waren: seine Länge 49 und seine obere Breite 40 in einer Ausdehnung von 20 cm. Folgende Mengen von Lufttrocken- und Trockensubstanz der Pflanze II und ihrer Teile wurden bei der Bestimmung erhalten:

Halm 39,1 = 0,207 resp. 0,1879 g; Rispe = 0,04 resp. 0,0363 g. Die übrigen Halme = 1,686 resp. 1,5304 g; sämtliche Halme = 1,893 resp. 1,7183 g; Wurzeln = 0,41 resp. 0,3683 g; ganze Pflanze = 2,303 resp. 2,0866 g; W : H = 1 : 4,67.

Für die Hippursäurepflanzen kommen folgende Mittelwerte in Betracht:

Halmzahl = 22 ;		
Rispenzahl = 1,5 ;		
Trockensubstanzgewicht der Rispenhalme = 0,22805 g ;		
"	" Rispen	= 0,0431 "
"	" Halme	= 1,4611 "
"	1 Halmes	= 0,0664 "
"	der Wurzeln	= 0,34135 "
"	" ganzen Pflanze	= 1,8025 "
	W : H	= 1 : 4,25.

Dass bei der Anwendung von Hippursäure die Rispenhalme und ihre Rispen ein höheres absolutes Gewicht als bei derjenigen von Asparaginsäure und Glykokoll besaßen, ist wohl dadurch erklärlich, dass jede der Hippursäurepflanzen nur einen einzigen derartigen Halm aufwies. Das Auftreten nur einer ausgebildeten Rispe spricht jedenfalls für einen mangelhafteren Entwicklungszustand des pflanzlichen Organismus. Diese Annahme wird auch durch die folgenden Tatsachen gestützt. 1) Trotz der geringeren Halmzahl erweist sich das Gewicht des mittleren Halmes und der Wurzeln als keineswegs erhöht. 2) Das mittlere Gewicht der ganzen Hippursäurepflanze ist zudem geringer als dasjenige der Asparaginsäurepflanze. Das Wachstum der Wurzeln ist bei jener Pflanze gleichsam besser vor sich gegangen und von ähnlicher Grösse, wie bei der Asparaginsäurepflanze. Die stärkere Wurzel Ausbildung dokumentiert sich auch dadurch, dass auf die Wurzeleinheit weniger Halmmasse kommt. Dieser Befund kann auch als Beweis dafür dienen, dass während des Versuchs keine Zersetzung der dargebotenen Hippursäuremenge durch äussere Einflüsse erfolgt ist. Wie der Vf. in seiner zitierten Arbeit betont, beeinflussten die bei der Zersetzung der Hippursäure in der Lösung erscheinenden Produkte gerade das Wurzelwachstum so ungünstig.

Der Gesamtstickstoffgehalt der Pflanzen wurde zu 2,56%, der Eiweissstickstoffgehalt derselben zu 1,42% gefunden. Der erstere ist also niedriger, als bisher beobachtet, und kommt dem beim Glykokoll erhaltenen am nächsten. Der Eiweissstickstoffgehalt aber ist hoch und ergibt in Prozenten des Gesamtstickstoffgehalts ausgedrückt die höchste bisher gefundene Grösse, nämlich 55,47%. Mithin darf man wohl behaupten, dass die Hippursäure minder gut absorbiert, aber gut assimiliert wird. Eine grössere Anhäufung derselben in der Pflanze findet nicht statt. Die schlechtere Absorption der Hippursäure ist auch von anderen Experimentatoren beobachtet worden. Die für die Hippursäure erhaltenen Ernährungsergebnisse lassen schliessen, dass ihr Nähreffekt ein weniger guter als derjenige der Asparaginsäure und des Glykokolls ist.

6. Ernährungsversuch mit Urethan.

Zur Gewährung der ganzen für eine Pflanze erforderlichen Stickstoffmenge waren von dieser Substanz 0,3242 g abzuwägen.

Die Entwicklung der beiden für den Versuch gewählten Pflanzen erfolgte in ziemlich analoger Weise.

Das 3. Blatt trat am 25. VI, das 4. am 28. VI, das 5. am 3. VII und das 6. am 6. VII bei Pflanze I resp. am 7. VII bei Pflanze II hervor. In der Folge bekam Pflanze I noch ein 7. Blatt, und zwar um den 12. VII. Am 3. VII wiesen die Pflanzen einen schlechteren Habitus auf als die Nitroguanidin- und Glykokollpflanzen. Die Wachstumsintensität der ersteren verminderte sich aber sehr bald, so dass am 6. VII die Urethanpflanzen in der Entwicklung ihnen voraus waren. Der 2. Halm zeigte sich bei Pflanze II am 13. VII, der 3. folgte am 16. VII und der 4. am 3. VIII. Pflanze I wies den 2. Halm am 19. VII und den 3. am 5. VIII auf. Am 11. VIII hatten beide Pflanzen 5 Halme. Bis Ende des Sommers wurde die Zahl der Halme bei Pflanze I nur um 1, bei Pflanze II aber um 3 vermehrt. Das Hervorschieben der ersten Rispen erfolgte bei beiden Pflanzen am 22. VII. Die 2. Rispe erschien bei Pflanze II am 5. VIII und bei Pflanze I am 9. VIII. Pflanze II liess auch noch eine 3. Rispe hervortreten, und zwar am 28. VIII.

Photographiert wurde Pflanze II (Pflanze II auf Tafel II). Bei der geernteten Pflanze I wurden 15 Halme gefunden. Von ihren 6 Sommerhalmen gehörte zur 1. Gruppe: 44,1 ($R=86\text{ l}$, 5 as, 6 ar), zur 2.: 32,3 ($Rt=57\text{ l}$) und zur 3.: 38,1, 32,5, 11, 9,8. Die Breite der Blattspreite von der Länge 111 betrug 3. Die 9 Herbsthalme wiesen folgende Längen auf: 50,3, 47,7, 44, 15,8, 14, 12,4, 10,6, 10,3, 1,8. Der Wurzelkörper der Pflanze besass die Länge 57 und die Breite 15 auf einem grösseren Teile seiner Länge (ca. 40 cm). Was die Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzgewichte betrifft, so wurden bei dieser Pflanze folgende gefunden:

Halm 44,1 = 0,202 resp. 0,1834 g; Rispe = 0,02 resp. 0,0181 g;

„ 32,3 = 0,154 „ 0,1398 „; „ = 0,016 „ 0,0145 „;

Mittel = 0,1616 g; = 0,0163 g.

Die übrigen Halme = 0,843 resp. 0,7652 g; sämtliche Halme = 1,199 resp. 1,0884 g; Wurzeln = 0,417 resp. 0,3745 g; ganze Pflanze = 1,616 resp. 1,4629 g; W:H = 1:2,91.

Pflanze II hatte 14 Halme, von denen 8 Sommerhalme waren, und zwar der 1. Gruppe zugehörig: 44,6 ($R=87\text{ l}$, 5 as, 6 ar), 38,2 ($R=71\text{ l}$, 3 as, 4 ar), der 2. zugehörig: 33,2 ($Rt=5\text{ l}$) und der 3. zugehörig: 34,9, 33,4, 32,6, 32,3, 26,6. Das Messen der Dimensionen der Blattspreite ergab 93 als Länge und 3 als Breite. Die 6 Herbsthalme waren durch folgende Längen gekennzeichnet: 48,7, 39,2, 39, 28,6, 2,7, 2,4. Die Wurzelkörperlänge betrug 70

und die Breite in einer Ausdehnung von 20 cm ca. 15. Der Wurzelkörper zeigte sich demnach allmählich verschmälert. Folgende Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen wurden für Pflanze II und ihre Teile festgestellt:

Halm	44,6	= 0,167	rsp.	0,1516	g;	Rispe	= 0,029	rsp.	0,0263	g;
"	38,2	= 0,1125	"	0,1021	" ;	"	= 0,015	"	0,0136	" ;
Mittel		= 0,1268			g;		= 0,0199			g.

Die übrigen Halme = 0,9135 rsp. 0,8292 g; sämtliche Halme = 1,1930 rsp. 1,0829 g; Wurzeln = 0,313 rsp. 0,2811 g; ganze Pflanze = 1,5060 rsp. 1,3640 g; W : H = 1 : 3,85.

Obige Angaben berücksichtigend, erhält man nachstehende Mittelwerte :

	Halmzahl	= 14,5 ;
	Rispenzahl	= 2,5 ;
Trockensubstanzgewicht der	Rispenhalme	= 0,1442 g ;
"	" Rispen	= 0,0181 " ;
"	" Halme	= 1,0856 " ;
"	1 Halmes	= 0,0749 " ;
"	der Wurzeln	= 0,3278 " ;
"	" ganzen Pflanze	= 1,4134 " ;
	W : H	= 1 : 3,38.

Der Gesamtstickstoffgehalt der Urethanpflanzen wurde auf 1,99 %₀, der Eiweissstickstoffgehalt derselben auf 1,31 %₀ bestimmt. Der Gesamtstickstoffgehalt ist also wesentlich niedriger als bei den bisher geprüften organischen Stickstoffverbindungen. Der Eiweissstickstoffgehalt aber hat sich wenig geändert und steht demjenigen der Asparaginsäure- und Glykokollpflanzen am nächsten. Durch diese Gehaltsverhältnisse wird veranlasst, dass der Eiweissstickstoff, in Prozenten des Gesamtstickstoffs ausgedrückt, 65,83 %₀ ausmacht. Entsprechend dem niedrigen Gesamtstickstoffgehalt der Pflanze ist auch die von ihr erreichte Wachstumsleistung eine minder gute. Das wird bewiesen einmal durch die geringere Zahl der gebildeten Halme, dann durch die schwächere Entwicklung der rispentragenden Halme und die Verminderung des Rispengewichts. Infolge der geringeren Halmzahl stellt sich freilich das mittlere Trockensubstanzgewicht eines Halmes höher, als bei der Hippur- und Asparaginsäure. Aber dadurch ist andererseits bedingt, dass das Gesamtgewicht der Pflanze wesentlich niedriger ausfällt, als bei den

Pflanzen der bisher betrachteten Versuche. Das Wurzelgewicht erweist sich jedoch nicht als durch das Urethan reduziert. Dementsprechend ist auch das Verhältnis des Trockensubstanzgewichts der Wurzeln zu demjenigen der Halme ein engeres. Vf. glaubt sich sogar berechtigt zu behaupten, dass die vertikale Wurzelausbreitung durch das Urethan gefördert wird, da der Wurzelkörper dieser Pflanzen eine beträchtlichere Länge aufweist. Schwächer angedeutet zeigte sich das schon bei den Hippursäurepflanzen. Es macht sich bei diesen Verbindungen sozusagen Mangelretiolement (Noll¹⁾ spricht von Hungeretiolement, F. Merckenschlager²⁾ von Nährstoffetiolement) bemerkbar. Es handelt sich in solchen Fällen um eine ungenügende Zufuhr von Stickstoff, die das Wachstum der Wurzeln stimuliert und Fadenwachstum derselben bedingt. Ähnliches wird auch bei anderen phytopathologischen Zuständen beobachtet, so z. B. nach der Infektion durch Parasiten. Näher auf diese Erscheinungen hier einzugehen ist nicht gut möglich.

Der Versuch erlaubt uns den Schluss, dass das Urethan die Pflanze mit Stickstoff versorgen kann, aber minder gut als die bisher betrachteten organischen Verbindungen. Diese Wirkung des Urethans erklärt sich wohl dadurch, dass es schwieriger aufgenommen wird, wohl noch schwieriger als die Hippursäure. Dann kann auch nur eine schwächere Entwicklung der oberirdischen Teile der Pflanze statthaben, während die Wurzeln das Gegenbild gewähren. Zur Assimilation aber ist der Stickstoff des Urethans geeignet. Bisher sind bei höheren Pflanzen nur vom Vf. Versuche mit Urethan ausgeführt worden.

7. Ernährungsversuch mit Guanidin.

Guanidin wurde der Pflanze als salzsaure Verbindung dargeboten. Die der angegebenen Stickstoffnorm entsprechende Menge dieser Verbindung beträgt für die einzelne Pflanze 0,1159 g. Anfänglich ging die Entwicklung der Pflanzen so vor sich, wie bei den schon besprochenen Versuchen.

Am 24. VI besaßen die Pflanzen das 3. Blatt, am 28. VI das 4. Blatt und am 3. VII das 5. Blatt. Letzteres zeigte aber schon beim Hervortreten gelbliche

1) Sitzungsber. Niederrhein. Ges. Natur- und Heilkunde, Bonn 1901; nach Ernst Küster, Patholog. Pflanzenanatomie, 2. Aufl. 1916, S. 30.

2) Ztrbl. f. Agrikult.-Chemie 1927, S. 340.

Färbung, während das 4., das grün hervorkam, inzwischen diese Färbung angenommen hatte. Die übrigen älteren Blätter wiesen dabei abgetrocknete Spitzen auf. Das Wachstum der Pflanzen ging trotzdem noch weiter fort, wenn auch in unbedeutendem Masse. Während dieselben bis zum 3. VII etwas besser als die Alkaloidpflanzen (Strychnin-, Morphin-, Chininpflanzen) entwickelt waren, konnte vom 6. VII ab das Gegenteil beobachtet werden. Sie wiesen dabei vollständig gelbliche Färbung auf. Pflanze I liess am 9. VII und Pflanze II am 13. VII das 6., gelblich gefärbte Laubblatt hervortreten. Als bald machte sich aber Verminderung des Turgors bei den Pflanzenteilen bemerkbar. Pflanze II zeigte die Welkeerscheinung um den 22. VII, Pflanze I am 30. VII. Am 5. VIII begann Pflanze I abzutrocknen, Pflanze II trieb 2 Seitenhalme hervor, von denen aber der wenig ältere bereits welkte. Am 11. VIII zeigte sich bei Pflanze I der 2. Halm unter Fortschreiten der Welke- und Absterbeerscheinungen; auch welkte der 3. Halm von Pflanze II. Am 16. VIII kam der 3. Halm von Pflanze I hervor. Weiterhin kamen bei Pflanze I noch 2 Halme, bei Pflanze II noch 1 Halm hinzu. Rispen erschienen nur bei Pflanze II; die 1. Rispe zeigte ihr 2. Halm am 19. VIII, die 2. in der Folge einer ihrer jüngeren Halme. Daneben ging aber das Abtrocknen der Teile der älteren Halme langsam fort.

Zum Photographieren wurde Pflanze II (Pflanze III auf Tafel II) genommen. Pflanze I hatte bis zum Abschluss der Versuche 5 Halme getrieben, von denen 4 Sommerhalme waren mit den Längen: 20, 5,7, 2,5, 2,5. Zwei derselben waren früh eingegangen. Der 1. Seitenhalm hatte bei aller Kürze 8 Blätter gebildet. Die Blattspreitenlängen waren sehr reduziert. Die Blattspreitenbreite erreichte 3. Die Länge des 7 Blätter tragenden einzigen Herbsthalmes dieser Pflanze war 18. Der Wurzelkörper war ebenfalls sehr kurz geblieben, von der Länge 12, und bestand nur aus wenigen Strängen, von denen 3 bis ans Ende des Körpers reichten. Die Wägungen der Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen dieser Pflanze wurden mit folgendem Resultat ausgeführt: Halme = 0,181 resp. 0,1643 g; Wurzeln = 0,059 resp. 0,053 g; ganze Pflanze = 0,240 resp. 0,2173 g; W:H = 1:3,1.

Pflanze II bestand nur aus 4 Sommerhalmen mit den Längen: 21,2, 15,6, 8,4, 2,9. Die Rispe des Halmes 21,2 war nur sehr wenig hervorgetreten ($R_t = 5$ l). Halm 15,6 hatte die Rispe seitlich hervorgeschoben ($R = 40$ l, 2 ar). Die Blattspreitenlänge und -breite waren gleich denjenigen der Pflanze I ausgebildet. Der Wurzelkörper war ebenfalls schwach entwickelt, schmal und besass die Länge 17. Folgende Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzgewichte wurden für Pflanze II und ihre Teile ermittelt: Halme = 0,1505 resp. 0,1366 g; Rispe = 0,0175 resp. 0,0159 g; Wurzeln = 0,043 resp. 0,0386 g; ganze Pflanze = 0,1935 resp. 0,1752 g; W:H = 1:3,54.

Für die Guanidinpflanzen sind also folgende Mittelwerte anzuführen:

Halmzahl = 4,5;

Rispenzahl = 1;

Trockensubstanzgewicht der Halme = 0,1504 g;

„ 1 Halmes = 0,0334 „;

„ der Wurzeln = 0,0458 „;

„ „ ganzen Pflanze = 0,1962 „;

W:H = 1:3,32.

Der Gesamtstickstoffgehalt der Pflanzen wurde auf 5,23% bestimmt. Die Bestimmung des Eiweissstickstoffgehalts konnte wegen der geringen Menge der vorhandenen Pflanzensubstanz nicht ausgeführt werden. Der Gesamtstickstoffgehalt ist höher, als er bisher bei diesen Versuchen beobachtet werden konnte. Damit ist gewiss erwiesen, dass eine Aufnahme des Guanidinstickstoffs stattgefunden hat. Der schädigenden Wirkung des Guanidinsalzes wegen konnte aber ein Auswachsen der Pflanze nicht erfolgen und daher auch nicht der von ihr aufgenommene Stickstoff wie unter für die Kultur günstigen Verhältnissen Verwendung finden. Auch von anderen, z. B. O. Lemmermann¹⁾, ist beobachtet worden, dass schädigende stickstoffhaltige Stoffe den Stickstoffgehalt der Pflanze erhöhen können. Jedenfalls ist der Guanidinstickstoff relativ leicht aufgenommen worden, und nachdem dann ein bestimmter Schwellenwert bei der Guanidinspeicherung erreicht war, wie das O. Drechsel²⁾ für derartige schädigende Stoffe annimmt, äusserte sich die Schädigung, deren Intensität sich dann mehr und mehr steigerte. Mitunter kann noch ein jüngerer Trieb sich zu entwickeln beginnen, aber auch dieser erfährt infolge der angegebenen Ursache kein besonderes Fortkommen. Als Resultat ergibt sich, dass das Trockengewicht der Pflanze und ihrer einzelnen Teile, sowie die Halmzahl weit hinter denjenigen der bei Stickstoffausschluss erwachsenen Pflanze zurückbleiben. Die auf Hafer geäusserte Giftwirkung des Guanidins war aber nicht solchen Grades, dass das Leben der Pflanze alsbald völlig

1) Ztrbl. f. Agrikult.-Chem. 1920, H. 8, S. 291.

2) Ztrbl. f. Bakteriologie Abt. II, Bd. 53, S. 258; Ztrbl. f. Agrikult.-Chem. 1922, S. 78.

sistiert wurde, da es sich, wenn auch wenig merklich, noch bis in den Spätherbst fortsetzte. Der Versuch zeigt auch, dass die Pflanze bei Gegenwart einer schädigenden Substanz dahin strebt, alle Teile, wenn auch den Wachstumsverhältnissen entsprechend dürrig, auszubilden.

Was die Versuche anderer Forscher betrifft, so ist zu erwähnen, dass bei Zerealien zu ähnlichen Resultaten gekommen sind J. Kawakita ¹⁾, O. Schreiner und H. S. Reed ²⁾, P. Wagner ³⁾ und R. O. Brigham ⁴⁾. Von H. B. Hutchinson und N. H. J. Miller ⁵⁾ ist bei Erbsen kein besonders schädigender Einfluss des salzsauren Guanidins beobachtet worden, wenigstens bei kürzerer Wachstumszeit. Dasselbe und selbst Begünstigung des Wachstums durch Guanidinnitrat ist bei Cruciferen (Senf, Rübsen, Radieschen) von L. Hiltner und M. Kronberger ⁶⁾ konstatiert worden.

8. Ernährungsversuch mit Nitroguanidin.

Jede Versuchspflanze bekam entsprechend der erforderlichen Stickstoffgabe 0,0947 g Nitroguanidin. Zunächst entwickelten sich beide Versuchspflanzen recht gleichmässig; nach einigen Wochen aber trat bei Pflanze I ein Stillstand in der Entwicklung ein, der längere Zeit andauerte, bis ihr Eingehen folgte.

Das 3. Blatt kam bei den Pflanzen am 24. VI, das 4. am 28. VI, das 5. am 3. VII hervor. Nach ihrem äusseren Aussehen beurteilt, nahmen die Pflanzen am letztgenannten Datum eine Mittelstellung zwischen den Glykokoll- und Asparaginsäurepflanzen ein. In nächster Zeit erfuhr aber das Wachstum der Pflanzen eine Verlangsamung, und bereits am 6. VII waren die Nitroguanidinpflanzen schlechter als die Urethanpflanzen entwickelt. Zugleich mit der Erscheinung der Abnahme der Wachstumskraft trat schwachgelbliche Färbung der Pflanzenorgane, die mit der Zeit noch abblasste, auf. Die Periode des schwächeren Wachstums hielt eine Zeitlang an, und so wurde zeitweilig der Entwicklungsstand der Pflanzen selbst von demjenigen der Strychninpflanzen übertroffen. Das 6. Blatt zeigte sich bei Pflanze I am 8. VII, bei Pflanze II am 9. VII. Das 7. Blatt der Pflanze I erschien am 13. VII. Damit stellte auch diese Pflanze ihr Wachstum mehr oder minder ein. Der 2. Halm trat bei Pflanze II am 30. VII hervor. Der 3. und 4.

1) Abdruck aus d. Bull. of the College of Agricult., Tokyo Imp. University, vol. VI (1904).

2) U. S. Dept. Agr. Bur. Soils, Bull. 47 (1907).

3) Mittl. d. D. Landw.-Gesellsch. 1914.

4) l. c.

5) l. c.

6) Prakt. Blätter f. Pflanzenbau und Pflanzenschutz 1917, S. 110.

Halm derselben wurden am 16. VIII sichtbar. Im ganzen kamen bei dieser Pflanze 5 Sommerhalme zur Entwicklung. Die Rispe dieser Pflanze erschien am 9. VIII.

Auf der Tafel II findet sich Pflanze II mit IV bezeichnet. Was die Pflanze I betrifft, so zeigte sie seit Mitte Juli kein merkliches Wachstum, und ihre Blätter trockneten in der zweiten Augushälfte ab. Als eingegangen konnte die Pflanze Anfang September angesehen werden. Ihr einziger Halm hatte die Länge: 37,3. Die Länge und Breite der Blattspreite desselben betrugen 107 resp. 3. Der Wurzelkörper war von beträchtlicher Länge, 69, aber sehr schmal (seine obere Basisbreite = 4). Die für diese Pflanze ermittelten Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen verteilten sich folgendermassen: Halm = 0,176 resp. 0,1597 g; Wurzeln = 0,079 resp. 0,071 g; ganze Pflanze = 0,255 resp. 0,2307 g; W: H = 1:2,25.

Pflanze II wuchs bis zum Abschlusstermin der Versuche fort und brachte im ganzen 10 Halme zur Entwicklung. Von den 5 Sommerhalmen gehörte zur 1. Gruppe: 35,5 (R = 74 l, 2 as) und zur 3. Gruppe: 33, 22,4, 20,8, 17,2. Die Blattspreitendimensionen waren die nämlichen, wie bei Pflanze I. Die Herbsthalme zeigten die Längen: 20, 17,4, 15,3, 4,8, 1,8. Der Wurzelkörper erreichte die Länge 49, und seine Breite oben betrug 5. Seine Verschmälerung war eine ganz allmähliche. Folgende Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzgewichte wurden bei der Bestimmung erhalten:

Halm 35,5	= 0,1	resp. 0,0908 g;	Rispe	= 0,0255	resp. 0,0231 g;
die übrigen Halme	= 0,37	resp. 0,3358 g;			
sämtliche Halme	= 0,47	" 0,4266 "	1 Halm	= 0,0427	g;
Wurzeln	= 0,13	" 0,1168 "			
ganze Pflanze	= 0,60	" 0,5434 "			
W: H	= 1:3,65.				

Von der Berechnung von Mittelwerten musste bei dieser Verbindung abgesehen werden, da die Pflanzen ein zu verschiedenes Verhalten ihr gegenüber zeigten. Die eine derselben offenbarte eine gewisse Empfindlichkeit, freilich erst nachdem sie einige Wochen das Nitroguanidin aufgenommen hatte; die andere vegetierte dabei nahezu ebenso fort, nämlich nur um wenig besser, als die ohne Stickstoff erwachsene Pflanze. Nitroguanidin

schädigt jedenfalls keineswegs wie Guanidin, gehört aber immerhin zu den für die höhere grüne Pflanze ungeeigneten Stickstoffnährmitteln, da es keine normale Entwicklung zustande bringt. Seine Aufnahme von seiten der Pflanze wird dadurch bewiesen, dass ihr Stickstoffgehalt höher als derjenige der ohne Stickstoff gebliebenen ist. Der Gesamtstickstoffgehalt der Nitroguanidinpflanze wurde nämlich zu 3,35% der Trockensubstanz der Pflanze gefunden. Auf Grund dessen, dass die Wurzeln wieder Etiolement zeigten, ist Vf. geneigt anzunehmen, dass die Aufnahme dieses Stickstoffs nicht gut vor sich gegangen ist. Erst recht nicht Hand in Hand mit seiner Aufnahme ist seine Assimilation gegangen. Andere Versuche mit Nitroguanidin sind nicht bekannt geworden.

9. Ernährungsversuch mit Chinolin.

Chinolin wurde den Pflanzen, als salzsaure Verbindung, und zwar in der Menge von 0,6026 g pro Pflanze, gegeben. Das bei den ersten Teilgaben dieser Menge normal weitergehende Wachstum der Pflanzen erfuhr bei der allmählichen Steigerung derselben bis zur vollen Stickstoffgabe mehr und mehr Hemmung, so dass es alsbald stillzustehen anfang. Schnell folgte alsdann das Eingehen der jungen Pflanzen.

Das 3. Blatt der Pflanzen trat am 25. VI, das 4. am 28. VI hervor. Die erscheinenden Blättchen waren aber von hellerer Färbung. Die Spitzen derselben wurden zunächst weiss und dann rostfarben. Auch zeigte sich bei den älteren Pflanzenteilen eine Abnahme des Turgors. Am 29. VI wurde auch das jüngste Blatt welk. Um den 3. VII erwiesen sich die Wurzeln der Pflanzen als missfarbig. Wenige Tage darauf, bei nun gewährter voller Stickstoffgabe, wurden die Wurzeln vollständig braun, und Abtrocknungserscheinungen der Luftorgane traten auf. Das Abtrocknen nahm bei der schwachen Entwicklung der Pflanzen einen raschen Verlauf: Pflanze I war am 13. VII trocken, Pflanze II wenige Tage später.

Der Halm der Pflanze I erreichte die Länge 8. Dieselbe Länge wies auch der Wurzelkörper auf. Seine Verzweigungen waren kürzer als unter günstigen Ernährungsbedingungen und endeten auch mitunter klobig. An der Spitze des Wurzelkörpers waren die Seitenwurzeln häufig büschelförmig angeordnet. Die Enden der Verzweigungen zeigten dunkle Färbung. Die Wurzelhaare waren weniger dicht gestellt. Die Wägungen ergaben folgende Mengen von Lufttrocken- und Trockensubstanz: Halm = 0,0355 resp. 0,0322 g; Wurzeln = 0,0235 resp. 0,0211 g; ganze Pflanze = 0,0590 resp. 0,0533 g; W:H = 1:1,53.

Pflanze II besass einen Halm von der Länge 9,6 und einen Wurzelkörper von der Länge 9. Letzterer war ähnlich wie bei Pflanze I beschaffen, indem sich nur zur Spitze hin mehr büschelförmig angeordnete Seitenwurzeln vorfanden: Folgende Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen wurden für diese Pflanze gefunden: Halm = 0,028 resp. 0,0254 g; Wurzeln = 0,029 resp. 0,0260 g; ganze Pflanze = 0,057 resp. 0,0514 g; W:H = 1:0,98.

Aus obigen Daten werden folgende Mittelwerte gewonnen:

Halmzahl = 1;

Trockensubstanzgewicht des Halmes = 0,0288 g;

„ der Wurzeln = 0,0235 „;

„ „ ganzen Pflanze = 0,0523 „;

W:H = 1:1,26.

Der Versuch zeigt zur Evidenz, dass das salzsaure Chinolin jegliche Entwicklung der Pflanzen hemmt, selbst schon in Mengen, die noch nicht die zur Ernährung nötige Stickstoffgabe erreichen. Damit ist der Schluss gerechtfertigt, dass das Chinolin zu den die höhere grüne Pflanze stark schädigenden Stickstoffverbindungen gehört. Der Schwellenwert für das aufgenommene Chinolin wird sehr schnell erreicht. Die oben beschriebene Wurzelumbildung könnte eventuell auch zum schnelleren Lebensabschluss beigetragen haben. Es fällt auf das ungemein geringe Trockengewicht der oberirdischen Teile dieser Pflanzen im Vergleich mit demjenigen ihrer Wurzeln, was aber für das Jugendstadium der Pflanzen, in dem sie sich noch befanden, charakteristisch ist. Dementsprechend weisen auch alle Teile der Pflanze eine reduzierte Entwicklung auf. Wegen ihrer äusserst geringen Entwicklung wurden die Pflanzen weder photographiert, noch konnten sie einer Bestimmung des Stickstoffgehalts unterworfen werden.

G. Ciamician und C. Ravenna ¹⁾ fanden, dass das Chinolin und Isochinolin stark giftig für die Bohne, aber weniger giftig für andere Pflanzen sind. Letzteres Resultat lässt sich, den Versuchen des Verf. zufolge, soweit Zerealien in Betracht kommen, nicht aufrecht erhalten.

10. Ernährungsversuch mit Morphin.

Die Pflanzen bekamen salzsaures Morphin in der Menge von 1,3675 g. Wie gleich hier bemerkt sein mag, dauerte das, wenn

¹⁾ Gazz. chim. ital. 50 (1920), S. 13; nach Jahresber. f. Agrikult.-Chem. 1921, S. 137.

auch schwache, Wachstum der Morphinpflanzen viel länger an, als dasjenige der Chinolinpflanzen.

Das 3. Blatt zeigte sich bei den Pflanzen am 24. resp. 25. VI, das 4. am 28. VI. Kurz vor dem Hervortreten des 4. Blattes trat Rotfärbung der Spitzen der älteren Blätter auf, eine Erscheinung, welche diesen Pflanzen mit den übrigen Alkaloidpflanzen gemeinsam war. Sieht man von den Chinolinpflanzen ab, so hatten letztere unter allen zu dieser Versuchsserie gehörigen Pflanzen am 3. VII das schlechteste Aussehen. Das änderte sich aber. Nach dem Hervortreten des 5. Blattes am 4. VII besserte sich das Wachstum der Morphinpflanzen sowie auch das der übrigen Alkaloidpflanzen wieder, so dass sie sich um den 6. VII besser entwickelten als die Guanidinpflanzen zeigten. Vergleicht man die Alkaloidpflanzen untereinander, so hatten die Morphinpflanzen ihrer Entwicklung nach um diese Zeit den Stand zwischen den Strychnin- und Chininpflanzen, welche letztere am meisten zurückgeblieben waren. Diesen Stand konnten sie aber in der Folge nicht beibehalten; schon um den 15. VII zeigten sie eine schlechtere Entwicklung als die Chinin- und auch die Guanidinpflanzen. Inzwischen kam das 6. Blatt bei Pflanze I am 9. VII, bei Pflanze II am 10. VII zum Vorschein. Pflanze I wies am 14. VII das 7. Blatt auf. Die jüngeren Blätter blieben vollständig grün. Am 25. VII erschien bei Pflanze II eine Rispe, die aber nur wenig hervorgeschoben wurde. Der 2. Halm wurde bei den Pflanzen am 2. VIII gesichtet. Wenige Tage darauf, um den 5. VIII, nahm das Abtrocknen des Haupthalmes der Pflanze II seinen Anfang. Dasselbe geschah am 11. VIII mit dem 2. Halme dieser Pflanze und dem Haupthalme der Pflanze I. Die Pflanzen gingen jedoch in nächster Zeit nicht ein, denn Pflanze I bekam um den 30. VIII noch 2 neue Halme. Das Trockenwerden dieser neuen Triebe liess aber auch nicht lange auf sich warten, und damit war dann das Wachstum der Morphinpflanzen endgültig sistiert. Der Wurzelkörper zeigte schon vor ihrem Eingehen braune Färbung.

Photographiert wurde Pflanze I (Pflanze V auf Taf. II). Die 4 Halme der Pflanze I hatten folgende Längen: 16,7, 1,7, 0,6, 0,4. Die Breite der Blattspreite mit der Länge 45 war 2. Der Wurzelkörper hatte die Länge 8,5. Die Bestimmung der Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzgewichte der Pflanze ergab folgendes Resultat: Halme = 0,049 resp. 0,0445 g; Wurzeln = 0,032 resp. 0,0287 g; ganze Pflanze = 0,081 resp. 0,0732 g; W:H = 1:1,55.

Zum Bestande der Pflanze II gehörten 2 Halme: 15,3 (Rt=41), 3,4. Die Blattspreitendimensionen derselben waren nahezu die gleichen, wie diejenigen der Pflanze I. Der besonders an der Spitze braungefärbte Wurzelkörper besass die Länge 9,5. Folgende Mengen an Lufttrocken- und Trockensubstanz wurden für diese Pflanze ermittelt: Halme = 0,057 resp. 0,0517 g; Wurzeln = 0,028 resp. 0,0251 g; ganze Pflanze = 0,085 resp. 0,0768 g; W:H = 1:2,06.

Demnach ergeben sich nachstehende Mittelwerte:

Halmzahl = 3 ;

Rispenzahl = 0,5 ;

Trockensubstanzgewicht der Halme	= 0,0481 g ;
„ 1 Halmes	= 0,016 „ ;
„ der Wurzeln	= 0,0269 „ ;
„ „ ganzen Pflanze	= 0,0750 „ ;
W : H	= 1 : 1,80.

Die Bestimmung des Gesamtstickstoffs in den Morphinpflanzen ist wegen ihrer zu geringen geernteten Mengen nicht zur Ausführung gekommen. Man geht aber wohl nicht fehl, wenn man annimmt, dass der Gesamtstickstoffgehalt der Morphinpflanzen nicht sehr von demjenigen der Chininpflanzen abweicht. Nimmt man das Vorhandensein letzteren Gehalts in den Morphinpflanzen an, so stellt sich die absolute Stickstoffmenge für sie, oder richtiger für ihre oberirdischen Teile, als gering heraus. Die auftretende Giftwirkung des Morphins lässt auch sicher keine bedeutendere Aufnahme desselben seitens der Pflanze zu, und bereits nach Aufspeicherung geringer Mengen dieses Giftes mit stärkerer Wirkungskraft wird eben das Stadium erreicht, in welchem die Wachstumshemmung beginnt. Freilich könnte der Stickstoff zum Teil beim Absterben von Pflanzenteilen aus diesen hinausdiffundiert sein. Der Wachstumshemmung durch das Morphin folgt aber nicht gleich das Absterben der Pflanze, sondern letztere ist imstande noch eine Zeitlang in schwacher Masse weiterzuvegetieren, da eben noch die Wurzeln tätig bleiben können, worauf auch ihre spät beginnende Verfärbung hinweist.

Vergleicht man die Wirkung des Morphins auf den Hafer mit derjenigen des Chinolins, so erweist sich erstere aus dem eben angegebenen Grunde als minder schädigend. Das Chinolin veranlasst abnorme Wurzelbildungen, wodurch die Tätigkeit der Wurzeln so stark herabgesetzt wird, dass sie in Kürze ganz aufhört. Das für das Morphin, im Gegensatz zum Chinolin, konstatierte Verhalten trifft auch für die übrigen Alkaloide zu, welche zu den Versuchen dieser Serie herangezogen worden sind.

Eine meist in höherem Grade schädigende Wirkung des Morphins auf Zerealien und Hülsenfrüchter wird auch von anderen Forschern immer betont.

11. Ernährungsversuch mit Chinin.

Chinin wurde gleichfalls gebunden an Salzsäure der Pflanze dargereicht. Um die nötige Stickstoffgabe zu erzielen, waren von dieser Verbindung jeder Pflanze 0,722 g zu geben. Der Wachstumsverlauf war bei Gewährung des Chininsalzes als Stickstoffnährstoff so, wie er im folgenden beschrieben wird.

Das 3. Blatt der Pflanzen wurde am 25. VI, das 4. am 28. VI sichtbar. Die rote Färbung der Blattspitzen machte sich auch hier früh bemerkbar. Kurz darauf, als am 4. VII das 5. Blatt zum Vorschein gekommen war, blieben die Pflanzen sichtlich hinter den Morphinpflanzen zurück. Nachdem aber am 8. und 9. VII das 6. Blatt bei Pflanze II resp. I hervorgetreten war, besserte sich im Laufe ca. einer Woche ihr Aussehen, und sie zeigten sich dann kräftiger als die Morphinpflanzen. Diesen Wachstumsvorsprung vor den letzteren bewahrten sich die Chininpflanzen auch in der Folge. Die Morphin- und Chininpflanzen wurden im Wachstum von den Guanidinpflanzen überholt. Die erste Rispe zeigte sich bei Pflanze I am 16. VII. Am 22. VII schoss die Rispe von Pflanze II hervor. Der 2. Halm kam bei beiden Pflanzen am 2. VIII hervor, ihm folgte am 9. VIII der 3. Sie entwickelten sich aber nur wenig weiter. Um den 11. VIII stellte sich der Beginn der Abtrocknungsvorgänge ein, die zunächst den Haupthalm betrafen. Dieselben machten aber solche Fortschritte, dass bereits um den 30. VIII Pflanze II als eingegangen angesehen werden konnte. Pflanze I gelang es noch weitere 2 Halme hervorzutreiben, doch wurde auch ihre Weiterentwicklung schnell inhibiert und die Pflanze dann zum Absterben gebracht.

Abgebildet ist Pflanze I (Pflanze VI auf Taf. II). Von den 5 Halmen dieser Pflanze gehörte zur 1. Gruppe 20,7 ($R = 351$, 2 as, 3 ar) und zur 3. Gruppe: 4,6, 4,2, 3, 1. Die Breite der Blattspreite mit der Länge 48 betrug 3, was auch für Pflanze II gilt. Der Wurzelkörper erreichte die Länge 7, hatte eine Spitze mit normaler Färbung, war sonst wenig gebräunt und zeigte sehr schwache Entwicklung der Wurzelhärchen, deren Spitzen von bräunlicher Färbung waren. Die Bestimmung der Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen wurde bei dieser Pflanze mit folgendem Resultat ausgeführt: Halm 20,7 = 0,069 resp. 0,0626 g; die übrigen Halme = 0,027 resp. 0,0245 g; sämtliche Halme = 0,096 resp. 0,0871 g; Wurzeln = 0,027 resp. 0,0242 g; ganze Pflanze = 0,123 resp. 0,1113 g; $W:H=1:3,6$.

Pflanze II besass 3 Halme: der 2. Gruppe gehörte 17 ($R_t = 121$) an und der 3. Gruppe: 4,6, 2,8. Der Wurzelkörper wies die Länge 10,5 auf und war ebenso beschaffen, wie bei Pflanze I. Folgende Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen dieser Pflanze und ihrer Teile wurden gefunden: Halme

= 0,0895 resp. 0,0812 g; Wurzeln = 0,028 resp. 0,0251 g; ganze Pflanze = 0,1175 resp. 0,1063 g; W:H = 1:3,23.

Es können also folgende Mittelwerte aufgestellt werden:

Halmzahl = 4;

Rispenzahl = 1;

Trockensubstanzgewicht	der Halme	= 0,0841 g;
"	1 Halmes	= 0,021 ";
"	der Wurzeln	= 0,0246 ";
"	" ganzen Pflanze	= 0,1088 ";
	W:H	= 1:3,41.

Der Vergleich der Mittelwerte der Chininpflanzen einerseits und der Morphinpflanzen andererseits zeigt den überlegenen Entwicklungsstand der ersteren Pflanzen, wobei die Vermehrung der Pflanzenmasse nur den oberirdischen Teilen dieser Pflanzen zugute gekommen ist. Das ergibt auch das mittlere Gewicht 1 Halmes, das bei der Chininpflanze höher ist. Die Wurzeln der letzteren Pflanzen sind ähnlich denjenigen der Morphinpflanzen entwickelt.

Der Gesamtstickstoffgehalt der Trockensubstanz der Chininpflanze wurde auf 2,57% festgestellt. Die durch die Pflanzen gelieferte absolute Stickstoffmenge ist auch bei diesem Alkaloid gering, was sich zunächst durch das beim Morphin Gesagte erklärt. Ferner ist noch zu berücksichtigen, dass nach A. Tröndle¹⁾ die Salze der Alkaloide langsamer in die Zelle treten. Sie verlangsamten daher ebenfalls die Diffusion von stickstoffhaltigen Produkten in die oberirdischen Teile. Auch der ganze Stickstoff-Stoffwechsel der Pflanzen wird mithin bei ihrer Gegenwart in Mitleidenschaft gezogen. Die Wurzeln wären also in diesem Falle als reicher an Stickstoff als bei Abwesenheit von Alkaloiden vorauszusetzen. L. Lutz²⁾ erklärte das Stickstoffdefizit bei der Versuchspflanze durch Entweichen des Stickstoffs in die Luft infolge von Zersetzungerscheinungen der organischen Pflanzenmasse, welche Annahme aber durch die Ausführungsweise der Versuche des Verfassers ausgeschlossen wird.

1) Biochem. Ztschr. 112 (1920), S. 259; nach Jahresber. f. Agrik.-Chem. 1921, S. 145.

2) Annales d. Sciences Naturelles, 8e série, Botanique, t. VII (1898), p. 1.

Dieser Versuch hat mithin das Resultat ergeben, dass der Chininstickstoff sich nicht zur Ernährung der Pflanze eignet, da das verwendete Chininsalz nach Verlauf einer gewissen Zeit das Wachstum der Pflanzen hemmt und alsbald zum Stillstehen bringt. Das salzsaure Chinin ist also ebenfalls ein Gift für die höhere Pflanze, das aber doch langsamer als das salzsaure Morphin diese seine Wirkung betätigt. Es lässt sich das Minus der Schädigung durch das Chininsalz wohl nicht durch die kleinere für die Erreichung der Norm anzuwendende Menge des Salzes allein erklären, wodurch die Konzentration der Nährlösung weniger als beim Morphinsalz erhöht wäre. Verf. hält sich zu dieser Annahme berechtigt, wenn er die Wirkung des Chinins mit derjenigen des Strychnins vergleicht. Das Chinin gehört jedenfalls zu den auf die Pflanzen toxischer wirkenden Alkaloiden, was auch in seiner chemischen Struktur eine Stütze findet.

12. Ernährungsversuch mit Strychnin.

Zur Verwendung kam salzsaures Strychnin. Dem nötigen Stickstoffgehalt der Nährlösung entsprechend, standen der einzelnen Pflanze 0,7238 g davon zur Verfügung. Es sei a priori erwähnt, dass das Resultat des Versuchs ein wesentlich günstigeres war, als dasjenige der bisher mitgeteilten Versuche mit Alkaloiden.

Das 3. Blatt des Haupthalmes kam bei den Pflanzen am 24. resp. 25. VI, das 4. am 28. VI zum Vorschein. Die Blätter auch dieser Pflanzen waren gelbgrün und bekamen rote Spitzen. Das 5. Blatt zeigte sich bei Pflanze I am 3. VII, bei Pflanze II am 4. VII. Das 6. Blatt erschien bei ersterer Pflanze am 7. VII, bei letzterer am 8. VII. Ein 7. Blatt trat bei Pflanze II am 14. VII hervor. Um den 6. VII waren die Pflanzen minder gut als die Nitroguanidinpflanzen entwickelt, um den 14. VII aber besser als letztere, so dass sie erst von den Urethanpflanzen, den nächstbesserentwickelten, übertroffen wurden. Eine Rispe wurde bei Pflanze I am 19. VII und der 2. Halm derselben am 22. VII sichtbar. Am 30. VII war bei Pflanze I der 3. Halm und bei Pflanze II der 2. und 3. Halm hervorgetrieben. Am 11. VIII wies Pflanze I 5 Halme auf. Am 12. VIII erschienen gleichzeitig 2 Rispen bei Pflanze II und am 16. VIII der 4. Halm derselben. Bis zum Ende des Sommers trat bei dieser Pflanze noch ein 5. Halm hervor. In der herbstlichen Wachstumsperiode bildeten beide Pflanzen noch weitere Halme.

Photographiert wurde Pflanze II (Pflanze VII auf Taf. II). Zur Zeit der Vornahme des Aberntens besass Pflanze I 8 Halme. Von den 5 Sommerhalmen war zuzuzählen der 1. Gruppe: 31,2 (R = 45 l, 1 as) und der 3. Gruppe: 29, 22, 14,5, 1,5. Die Blattspreitenbreite erreichte 3,2. Die 3 Herbsthalme hatten die

Längen: 28,7, 17,7, 3. Die Länge des Wurzelkörpers wurde zu 44 bestimmt. Derselbe war aber recht schmal, nur wenig breiter in einer Ausdehnung von ca. 16 cm. Für diese Pflanze wurden folgende Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzgewichte festgestellt: Halm 31,2 = 0,074 resp. 0,0708 g; die übrigen Halme = 0,156 resp. 0,1416 g; sämtliche Halme = 0,230 resp. 0,2124 g; Wurzeln = 0,0585 resp. 0,0471 g; ganze Pflanze = 0,2885 resp. 0,2595 g; W:H = 1:4,51.

Pflanze II wies 7 Halme auf. Von den 5 Sommerhalmen gehörte zur 1. Gruppe: 35 (R = 86 l, 4 as, 5 ar), zur 2. Gruppe: 32,1 (Rt = 7 l) und zur 3. Gruppe: 33, 22, 5. Die Blattspreiten-dimensionen waren die gleichen wie bei Pflanze I. Die 2 Herbsthalme besaßen die Längen: 40, 2. Die Länge des Wurzelkörpers betrug 69,5. Derselbe war so wie bei Pflanze I gestaltet. Die Bestimmung der Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanz-mengen ergab folgendes Resultat: Halm 35 = 0,057 resp. 0,0517 g; die übrigen Halme = 0,259 resp. 0,2351 g; sämtliche Halme = 0,316 resp. 0,2868 g; Wurzeln = 0,0747 resp. 0,0671 g; ganze Pflanze = 0,3907 resp. 0,3539 g; W:H = 1:4,27.

Demnach sind die Mittelwerte nachstehende:

Halmzahl = 7,5;

Rispenzahl = 1,5;

Trockensubstanzgewicht des Rispenhalmes	=	0,06125 g;
„ der Halme	=	0,2496 „;
„ 1 Halmes	=	0,0333 „;
„ der Wurzeln	=	0,0571 „;
„ „ ganzen Pflanze	=	0,3067 „;
	W:H	= 1:4,39.

Dieser Versuch ergibt das Resultat, dass das Strychnin das Wachstum der Pflanze weniger zurückhält, als andere Alkaloide. Im Vergleich zum Chinin und besonders Morphin ist die schädigende Wirkung des Strychnins eine weit schwächere, eine Tatsache, die bezeugt, dass die Pflanze sich gegen das Strychnin wesentlich anders verhält, als das Tier und der Mensch. Es steht diese Beobachtung auch nicht allein da im Pflanzenreich. Freilich muss konstatiert werden, dass dieses Verhalten der höheren chlorophyllführenden Pflanze eigen ist. Niedere Pflanzen scheinen durch das Strychnin stärker zu leiden. Vf. glaubt sich zu diesem Schluss berechtigt, weil es ihm nie gelang Algenentwicklung zu beobachten, wenn strychn-

ninhaltige Nährlösung gleichen Gehalts, wie obige, monatelang ungeschützt vor Lichteinwirkung dastand. Doch ist im Auge zu behalten, dass in diesem Falle nur einzelne Algenfäden oder -zellen in Frage kamen, die selbstverständlich leichter als eine Algenvegetation von üppiger Entwicklung eingehen können.

Die Schädigung der Kulturpflanze, speziell der Haferpflanze, durch das Strychnin kommt vorwiegend in der kleineren Zahl der gebildeten Triebe und in dem geringeren Gewicht der Pflanze und ihrer einzelnen Teile zum Ausdruck. Der geringere Grad der Schädigung tut sich auch dadurch kund, dass die Ausbildung der Wurzeln weniger beeinträchtigt wird. Letztere zeigen freilich denselben Habitus, wie in dem Falle, wenn die Pflanze Mangel an Stickstoff leidet; sie weisen Kennzeichen des Hungeretioluments auf. Letztere Erscheinung sowie die schliessliche Produktionsgrösse bezeugen, dass das Strychnin weder vom Hafer noch auch von einer anderen Pflanze verwertet wird. Sein langsam erfolgendes Eindringen in die Zellen und Durchdringen derselben bringen aber nur geringe Wachstumshemmungen bei der Pflanze hervor.

Vergleicht man die anfängliche Entwicklung der Strychninpflanze mit derjenigen der bei Ausschluss von Stickstoff aufwachsenden, so bemerkt man, dass die erstere eine bessere Ausbildung ihres Haupthalmes erfährt, indem eine grössere Zahl Blätter gebildet wird. Das trifft auch zu für die schon besprochenen Alkaloide und für die Mehrzahl der übrigen oben behandelten organischen Stickstoffverbindungen, die schlechtere Nährresultate zur Folge haben. Es regen diese Stoffe allerdings anfänglich die Lebenstätigkeit an, darauf erfolgt jedoch je nach der Substanz eine mehr oder minder schnelle Abnahme derselben. Diese Beobachtungen sind bei Wasserkulturen zuerst vom Vf. gemacht worden.

Der Gesamtstickstoffgehalt der Strychninpflanzen wurde vom Vf. zu 2,48% der Trockensubstanz gefunden. Das Strychnin wird im allgemeinen für nicht weniger giftig als das Morphin und Chinin gehalten. Nur W. Sigmund¹⁾ hat bei der Keimung von Samen gefunden, dass Strychnin gar nicht oder nur schwach giftig ist.

1) Biochem. Ztschr. 62 (1914), S. 299; nach Jahresber. f. Agrik.-Chem. 1914, S. 156.

13. Ernährungsversuch bei Ausschluss der Stickstoffgabe.

Das Erscheinen der Blätter des Haupthalmes erfolgte an den folgenden Tagen: des 3. am 25. VI, des 4. am 28. VI, des 5. am 3. VII. Eine weitere Blattbildung von seiten des Haupthalmes unterblieb; auch waren die oberen Blätter kürzer. Am 13. VII kam der 2. Halm bei Pflanze I, am 15. VII bei Pflanze II hervor. Um diese Zeit waren die Pflanzen nur besser als die Chinolin- und Alkaloidpflanzen entwickelt. Am 16. VII schoss eine Rispe bei Pflanze I, am 19. VII bei Pflanze II hervor. Am 22. VII wurde der 3. Halm der Pflanze I, am 25. VII derjenige der Pflanze II sichtbar. Um den 5. VIII zeigte sich die 2. Rispe bei Pflanze I. Der 4. Halm wurde bei Pflanze II am 6. VIII und bei Pflanze I am 9. VIII beobachtet. Um die Mitte August konnten bei beiden Pflanzen 6 Halme und zum 10. IX 7 Halme gezählt werden.

Die Pflanzenbilder I auf den Tafeln I und II stellen Pflanze I dar. Beim Abschluss der Versuche hatte Pflanze I 11 Halme. Von den 7 Sommerhalmen derselben gehörten der 1. Gruppe an: 39,6 ($R = 50$ l, 1 as, 2 ar) und 30,3 ($R = 35$ l, 2 as, 2 ar), und der 3. Gruppe: 23,9, 23, 18, 14,3, 7,2. Die Breite der Blattspreite betrug 3 und die Länge derselben 50. Die Längen der 4 Herbsthalme waren: 30,4, 3, 1,7, 1. Die Breite der Blattspreite von Halm 30,4 erreichte 5,2 und deren Länge 173. Der Wurzelkörper hatte die Länge 49 bei der Basisstärke 8. Folgende Zahlen stellen die Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen der Pflanze und ihrer Teile vor: Halm 39,6 = 0,1333 resp. 0,121 g; Rispe = 0,0188 resp. 0,0171 g; die übrigen Halme = 0,328 resp. 0,2977 g; sämtliche Halme = 0,4613 resp. 0,4187 g; Wurzeln = 0,101 resp. 0,0907 g; ganze Pflanze = 0,5623 resp. 0,5094 g; W:H = 1:4,62.

Pflanze II besass 10 Halme, darunter 7 Sommerhalme. Von den letzteren gehörte zur 1. Gruppe: 40,8 ($R = 60$ l, 2 as, 2 ar) und zur 3. Gruppe: 28, 24, 21, 16,5, 12,3, 6. Es wurden dieselben Blattspreitendimensionen wie bei Pflanze I konstatiert. Die 3 Herbsthalme zeigten die Längen: 29,5, 4, 2. Als Länge des Wurzelkörpers wurde bei etwas geringerer Basisstärke 53 gefunden. Die Mengen dieser Pflanze an Lufttrocken- und Trockensubstanz betrugen: Halm 40,8 = 0,13 resp. 0,118 g; Rispe = 0,018 resp. 0,0163 g; die übrigen Halme = 0,308 resp. 0,2796 g; sämtliche Halme = 0,438 resp. 0,3976 g; Wurzeln = 0,098 resp. 0,088 g; ganze Pflanze = 0,536 resp. 0,4856 g; W:H = 1:4,52.

Als Mittelwerte sind hier anzuführen:

Halmzahl	= 10,5 ;
Rispenzahl	= 1,5 ;
Trockensubstanzgewicht der Rispenhalme	= 0,1195 g ;
„ „ Rispen	= 0,0167 „ ;
„ „ Halme	= 0,4081 „ ;
„ 1 Halmes	= 0,0389 „ ;
„ der Wurzeln	= 0,0893 „ ;
„ „ ganzen Pflanze	= 0,4975 „ ;
W : H = 1 : 4,57.	

Entsprechend dem Mangel an Stickstoff bleibt der Entwicklungsstand dieser Pflanzen weit zurück gegenüber demjenigen der Pflanzen, welchen der in Form einer organischen Stickstoffverbindung dargebotene Stickstoff mehr oder minder gut zur Ernährung dienlich war. Ausser der Abnahme der Produktion machten sich bei den Pflanzen auch äusserlich die bekannten Stickstoffmangelerscheinungen, z. B. die hellgrüne bis gelbliche Färbung der Blätter, deren Form normal, aber verkleinert war, kenntlich. Die Wurzeln der Pflanzen zeigen deutlich die Merkmale des Stickstoffhungerretiolements. Der prozentuale Gesamtstickstoffgehalt wurde, auf Trockensubstanz bezogen, zu 2,08 gefunden. Die Bestimmung des Eiweissstickstoffgehalts ergab 1,61%. Mit hin beträgt letzterer in Prozenten des Gesamtstickstoffs 77,4; ein Betrag, welcher bei diesen Versuchen in keinem anderen Falle gefunden worden ist. Es wäre daher zu folgern, dass der in den Körnern enthaltene Stickstoff, als Bestandteil des internen Stoffwechsels aktivierend, geeigneter ist als irgendein anderer von aussen aufgenommener, körperfremder, organischer Stickstoff Umbildung zu Eiweiss, das zum Neuaufbau in der Pflanze dient, zu erfahren. Es kommt ja gewiss einerseits an auf die Stickstoffart, die der Pflanze zur Verfügung steht, andererseits kann aber auch die zu Gebote stehende Menge brauchbaren Stickstoffs von Bedeutung sein. Eine kleinere Menge davon dient vorwiegend zur Bildung von Eiweiss, da es eben dann daran gebricht.

V. Zweite Versuchsserie des Jahres 1900.

(Tafel III.)

In betreff ihrer Durchführung sei nur Folgendes einleitend bemerkt.

Zu diesen Versuchen diene wiederum der vom Baltischen Samenbauverbände überlassene Ligowohafer, dessen ausgesuchte

Aussenkörner ein in den früher angegebenen Grenzen schwankendes absolutes Gewicht aufwiesen. Die Vorbehandlung der Körner wurde ebenso ausgeführt, wie es oben geschildert wurde. Das Auslegen derselben zum Keimen in erwähnter Weise erfolgte am 12. VII. Während die oben beschriebenen Massnahmen zur Verhütung des leichteren Zutritts von Mikroorganismen zu den gekeimten Körnern angewandt wurden, entwickelten sich letztere im sterilisierten destillierten Wasser ähnlich den bei der 1. Versuchsserie benutzten Pflänzchen (das 2. Laubblatt war bei den ersteren entwickelter), und es wurden von den gleichmässig entwickelten je 2 Exemplare für jeden Versuch gewählt.

Vom 25. bis zum 27. VII wurden zur Herstellung 1 Liters der stickstofffreien Kulturlösung 25 ccm der konzentrierteren Nährlösung verwendet. Die andere, stickstoffhaltige Kulturlösung enthielt zunächst nur ein Fünftel der nötigen Stickstoffgabe. Vom 28. VII an wurde die stickstofffreie Kulturlösung durch Verdünnung von 50 ccm Nährlösung auf 1000 ccm hergestellt und zwei Fünftel der erforderlichen Stickstoffmenge gewährt. Am 1. VIII fand die Erhöhung der Stickstoffmenge auf drei Fünftel der ganzen Gabe und die Verstärkung der stickstofffreien Kulturlösung um weitere 25 ccm statt. Am 3. VIII wurde die Stickstoffgabe auf vier Fünftel der vollen Gabe gesteigert. Vom 7. VIII an wurden dann 100 ccm der konzentrierten stickstofffreien Nährlösung auf 1000 ccm verdünnt und auch die volle Stickstoffgabe gewährt. Vom aufgeschlemmten Eisenoxydphosphat wurde anfänglich 0,5 ccm aufpipettiert und seine Menge allmählich in Rücksicht auf das Fortschreiten des Wachstums der Pflanze bis zu 3 ccm erhöht.

Die Lösungen eines Teiles der bei diesen Versuchen geprüften organischen Stickstoffverbindungen, und zwar der p-Aminobenzoesäure, o-Nitrobenzoesäure und Pikrinsäure, sowie des Nitromethans wurden vor dem Hineinsetzen der Pflanzen mit sehr schwacher Natronlauge neutralisiert. Ferner wurde der Stickstoff den Pflanzen in Form von o-Nitrophenol, Rhodanatrium, Albumin, Pepton und schwefelsaurem Pyridin geboten. Es umfasste also diese Versuchsreihe 9 Ernährungsversuche mit je 2 Pflanzen, also insgesamt 18 Pflanzen, zu denen noch weitere 2 hinzukamen, welchen eine Stickstoffgabe bei Darreichung der übrigen Nährstoffe versagt blieb und welche also als Kontrollpflanzen dienten.

Die Entwicklung der Pflanzen wurde in gleicher Weise wie bei der 1. Versuchsreihe verfolgt und vermerkt. Es ist zu bemerken, dass die Zahl der hinzukommenden Halme wegen Zeitmangels seltener als bei der 1. Versuchsreihe festgestellt wurde. Die Pflanzen der Mehrzahl dieser Versuche wurden am 1. X. photographiert und sind auf Tafel III abgebildet. Auch die Halme dieser Pflanzen werden als Sommer- und Herbsthalme unterschieden. Die Unterbrechung der Versuche konnte bis Anfang November hinausgeschoben werden. Die Pflanzen und ihre Teile wurden dann den bereits früher angegebenen Zählungen, Messungen, Wägungen und sonstiger Beurteilung, sowie auch einer teilweisen chemischen Untersuchung unterworfen. Die Angaben für jeden Versuch werden in derselben Weise, wie bei der 1. Versuchsserie, gemacht.

1. Ernährungsversuch mit Nitromethan.

Entsprechend der für das Wachstum der Haferpflanze geeignet befundenen Stickstoffmenge von 0,051 g wurden vom Nitromethan für jede Pflanze 0,2222 g abgewogen, von welcher Menge, wie bemerkt, anfänglich nur gewisse Teile gegeben wurden, bis sie die volle Höhe erreichte. Was die Entwicklung der Pflanzen dabei anbetrifft, sei Folgendes angeführt.

Das 3. Blatt trat bei beiden Pflanzen am 26. VII, das 4. am 30. VII, das 5. am 2. VIII und das 6. am 9. VIII hervor. Um den 5. VIII wurden die Pflanzen nur von den Pepton- und Albuminpflanzen durch bessere Entwicklung übertroffen. Am 16. VIII zeigte sich bei den Pflanzen der 2. Halm. Der 3. Halm war bei Pflanze II am 21. VIII, bei Pflanze I am 30. VIII bemerkbar. Letztere wies den 4. Halm am 10. IX, Pflanze II um einige Tage später auf. Bis Anfang November kamen bei beiden Pflanzen noch weitere 3 Halme hinzu, die sich nur wenig resp. fast gar nicht weiterentwickelten.

Auf Tafel III ist das Bild der Pflanze I mit II bezeichnet. Bei Beendigung der Versuche besass also Pflanze I 7 Halme, darunter 4 Sommerhalme mit folgenden Längen: 40,4, 37,2, 20,5, 6,5. Die Breite der Blattspreite mit der Länge 162 war 4,2. Für die 3 Herbsthalme wurden die Längen gefunden: 10,8, 1,8, 1,8. Die Länge des Wurzelkörpers erreichte 19. An der Basis war er auf einer kurzen Strecke (3 cm) zunächst schmal, und darauf verbreiterte er sich bis zur Stärke von 7,5. Diese Gestaltung des Wurzelkörpers lässt auch das Bild gut erkennen. Für diese Pflanze wurden folgende Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzgewichte

ermittelt: Halme = 0,32 rsp. 0,2905 g; Wurzeln = 0,083 rsp. 0,0746 g; ganze Pflanze = 0,403 rsp. 0,3651 g; W:H = 1:3,89.

Von den 7 Halmen der Pflanze II waren 3 Sommerhalme mit den Längen: 32,2, 27,7, 25. Die Blattspaltenbreite differierte nicht von derjenigen der Pflanze I. Zu den Herbsthalmen gehörten die 4 folgenden: 13,2, 1,8, 1,4, 1,2. Die Länge und Breite der Blattspalte des grünen Herbsthalmes betrug 158 rsp. 5,2. Der Wurzelkörper besass die Länge 19,5 und zeigte dasselbe Aussehen, wie derjenige der Pflanze I. Von den bestimmten Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen kamen auf: Halme = 0,256 rsp. 0,2324 g; Wurzeln = 0,0735 rsp. 0,066 g; ganze Pflanze = 0,3295 rsp. 0,2984 g; W:H = 1:3,52.

Die für die einzelnen Pflanzen gemachten Angaben ergeben folgende Mittelwerte:

Halmzahl = 7;

Trockensubstanzgewicht	der Halme	= 0,2614 g;
"	1 Halmes	= 0,0373 „;
"	der Wurzeln	= 0,0703 „;
"	„ ganzen Pflanze	= 0,3317 „;
	W:H	= 1:3,7.

Vergleicht man diese Resultate der Nitromethanpflanzen mit denjenigen, die ohne Stickstoffgabe kultivierte Pflanzen dieser Versuchsreihe ergeben haben, so kann wohl mit völliger Sicherheit behauptet werden, dass der Stickstoff des Nitromethans von der höheren grünen Pflanze verwertet wird. Doch muss hinzugefügt werden, dass der mit dieser Substanz erreichte physiologische Nähreffekt kein beträchtlicher ist. Die Grösse der Aufnahme des Nitromethanstickstoffs von seiten der Pflanze lässt sich einigermaßen beurteilen nach dem in den oberirdischen Teilen derselben gefundenen Gesamtstickstoffgehalt, der 2,47% beträgt. Letzterer ist also höher als derjenige der ohne Stickstoffgabe gewachsenen Pflanze. Die Steigerung des Stickstoffgehalts ist aber gegenüber der letzteren Pflanze auch wieder keine besonders grosse, entsprechend der von der Pflanze erreichten Ausbildung. In Anbetracht der beim Nitromethan konstatierten Produktion ist es nicht zu bezweifeln, dass die Nitromethanpflanze Eiweissvermehrung aufweist, wenngleich seine Bestimmung nicht ausgeführt werden konnte.

Jedenfalls schadet das Nitromethan den höheren grünen Pflanzen nicht, was in erster Linie durch die gute Wurzelentwicklung be-

wiesen wird, und zeigt sich als Stickstoffnährstoff für sie sogar passabel verwertbar. Die verbreitete Annahme, dass Nitroverbindungen im allgemeinen von der höheren Pflanze nicht verwertet werden können, trifft jedenfalls für diese Verbindung nicht zu.

2. Ernährungsversuch mit Rhodannatrium.

Von dieser Verbindung erhielten die Pflanzen zur Gewährung der nötigen Stickstoffgabe 0,2953 g.

Das 3. Blatt der Pflanzen wurde am 27. VII, das 4. am 1. VIII sichtbar. Bereits am 3. VIII, bevor noch die Stickstoffgabe die volle Höhe erreicht hatte, traten Welkeerscheinungen in starkem Masse auf, und alsbald erfolgte auch das Eingehen der Pflanzen. Bis zum 10. VIII waren sie vollständig abgetrocknet.

Der Halm der Pflanze I hatte die Länge 8, der Wurzelkörper derselben die Länge 8,5. Folgende Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen wurden für diese Pflanze erhalten: Halm = 0,029 resp. 0,0263 g; Wurzeln = 0,018⁷ resp. 0,0162 g; ganze Pflanze = 0,047 resp. 0,0425 g; W:H = 1:1,62.

Die Halmlänge der Pflanze II betrug 7,2, die Wurzelkörperlänge derselben 11,5. Nachstehende Mengen von Lufttrocken- und Trockensubstanz liessen sich für dieselbe ermitteln: Halm = 0,034 resp. 0,0309 g; Wurzeln = 0,019 resp. 0,0171 g; ganze Pflanze = 0,053 resp. 0,0480 g; W:H = 1:1,81.

Folgende Mittelwerte sind daher für die Rhodannatriumpflanze anzuführen:

Halmzahl = 1;

Trockensubstanzgewicht des Halmes	= 0,0286 g;
„ der Wurzeln	= 0,0166 „;
„ „ ganzen Pflanze	= 0,0452 „;
W:H	= 1:1,71.

Obige Resultate gestatten den Schluss zu ziehen, dass das Rhodannatrium in der gewählten Konzentration der Kulturlösung nicht als Stickstoffnährstoff für die höhere Pflanze in Betracht kommen kann, da es dann zu den organischen Stickstoffverbindungen gehört, welche die Pflanze sehr schnell abtöten. Die Wurzelmenge fällt bei der Wirkung dieses Giftes geringer aus, als bei den übrigen Versuchen dieser Serie, in der noch einige ähnlich wirkende Verbindungen zur Prüfung kamen. Die Wurzelentwicklung wird also durch diese organische Stickstoffverbindung stark gehemmt, worauf auch die schnell einsetzenden Wurzel-

veränderungen hindeuten. Bei welcher Konzentration der Kulturlösung die Giftigkeit dieses Salzes zuerst auftritt, ist nicht bekannt. Man geht wohl nicht fehl, wenn man der Verbindung bei ihrer chemischen Konstitution überhaupt jeglichen Wert als Stickstoffquelle abspricht, im Falle dass die Zersetzung dieser Verbindung verhindert wird.

Weil infolge des frühen Eingehens der Pflanzen die Erntemengen gering waren, konnte die Bestimmung des Gesamtstickstoffgehalts unterbleiben.

3. Ernährungsversuch mit Ortho-Nitrophenol.

Jede Versuchspflanze bekam von dieser Verbindung als volle Gabe 0,5062 g. Der Entwicklungsverlauf war bei dieser Verbindung ähnlich wie im vorhergehenden Versuch.

Das 3. Blatt zeigte sich bei den Pflanzen am 27. VII. Das 4. Blatt trat nur bei Pflanze I hervor, und zwar am 31. VII. Es stellten sich auch Welkeerscheinungen bei den Pflanzen ein. Am 1. VIII wurden die Blattspitzen gelb, am 3. VIII waren die Pflanzengipfel gelb. Als bald begann das Abtrocknen der Pflanzen und am 11. VIII konnten sie als eingegangen betrachtet werden. Die älteren Wurzelverzweigungen waren schon vor dem Eingehen der Pflanzen dunkel gefärbt.

Der Halm der Pflanze I erreichte die Länge 11,8, der Wurzelkörper derselben die Länge 15. Die Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzgewichte dieser Pflanze waren folgende: Halm = 0,032 resp. 0,029 g; Wurzeln = 0,027 resp. 0,0242 g; ganze Pflanze = 0,059 resp. 0,0532 g; W:H = 1:1,2.

Bei Pflanze II zeigte sowohl der Halm als der Wurzelkörper die Länge 18. Die Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen dieser Pflanze verteilten sich in folgender Weise: Halm = 0,019 resp. 0,0172 g; Wurzeln = 0,023 resp. 0,0207 g; ganze Pflanze = 0,042 resp. 0,0379 g; W:H = 1:0,83.

Diesen Daten entsprechend sind die Mittelwerte nachstehende

Halmzahl = 1;

Trockensubstanzgewicht des Halmes = 0,0231 g;

„ der Wurzeln = 0,0224 „;

„ „ ganzen Pflanze = 0,0455 „;

W:H = 1:1,01.

Das o-Nitrophenol hebt mithin ungemein schnell das Wachstum der Haferpflanze auf, so dass von einer eigentlichen Entwicklung der Pflanze in diesem Falle kaum die Rede sein kann. Die er-

mittelten Gewichtsmengen der Pflanzenteile lassen auch deutlich erkennen, dass sowohl die Wurzeln als auch die oberirdischen Teile durch diese Stickstoffverbindung in entsprechender Weise stark geschädigt werden, worauf auch das äusserst enge Verhältnis zwischen der Wurzel- und Halmrockensubstanz hinweist. Die Stickstoffbestimmung konnte auch hier bei der geringen Erntemenge nicht zur Ausführung kommen. Es sei noch der Hinweis gestattet, dass im Sommer des Jahres 1901 Versuche mit 2 isomeren Verbindungen des o-Nitrophenols vorgenommen worden sind, welche bei der betreffenden Gelegenheit besprochen werden sollen.

4. Ernährungsversuch mit Pikrinsäure.

Zur Befriedigung ihres Stickstoffbedürfnisses hatte die Pflanze 0,2779 g Pikrinsäure zu erhalten. Die Lösung derselben wurde vor dem Hineinsetzen der Pflanzen mit Natronlauge neutralisiert.

Die Pflanzen bekamen das 3. Blatt am 27. VII. Am 30. VII traten Welkeerscheinungen bei Pflanze II auf, die in Kürze auch einging. Am 31. VII wurde bei Pflanze I das 4. Blatt sichtbar, dem am 3. VIII das 5. folgte. Diese Pflanze war besser als die Benzoesäurepflanzen entwickelt. Das 6. Blatt erschien bei Pflanze I am 11. VIII. Am 15. VIII wurde die eingegangene Pflanze II durch eine andere ersetzt, die am 20. VIII das 3. Blatt bekam. Zur selben Zeit zeigten die unteren Blätter der Pflanze I eine Abnahme des Turgordruckes und rote Spitzen. Am 30. VIII waren die 4 unteren Blätter dieser Pflanze im Abtrocknen. Das 4. Blatt wies Pflanze II am 28. VIII, das 5. am 3. IX und das 6. am 10. IX auf. Dabei zeigten ihre 3 älteren Blätter schon den Beginn von Abtrocknungserscheinungen. Das Abtrocknen der Blätter von Pflanze I war mittlerweile auch fortgegangen, und am 10. IX waren ihre sämtlichen Blätter trocken. Die Pflanze ging aber noch nicht ein, sondern erzeugte 2 neue Halme, die sich auch weiterentwickelten. Anfang Oktober trieben bei Pflanze II weitere 2 Halme hervor, die aber nur schwaches Wachstum zeigten und zusammen mit dem Haupthalm vor Ausgang des Monats abstarben. Zu den früheren Halmen der Pflanze I kamen im Oktober noch weitere 3 hinzu, die bis zu dem Ende des Monats vorgenommenen Abernten vegetierten. Die oberirdischen Teile der Pflanzen zeigten sich gelb tingiert.

Pflanze I ist auf Tafel III abgebildet und mit III bezeichnet. Von den 6 Halmen der Pflanze I ist nur 1 im Sommer entwickelt worden. Die Länge desselben war 41. Die Breite seiner Blattspreite von der Länge 165 betrug 3,5. Die 5 Herbsthalme wiesen folgende Längen auf: 31,6, 25,8, 2,9, 2,6, 1,3. Der Wurzelkörper der Pflanze hatte die Länge 66 und an der Basis die Breite 3. Folgende Luftrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen wurden für diese Pflanze und ihre Teile gefunden:

Halme = 0,247 resp. 0,2242 g; 1 Halm = 0,0374 g;
Wurzeln = 0,085 „ 0,0763 „;
ganze Pflanze = 0,332 „ 0,3005 „;
W:H = 1:2,94.

Die jüngere Pflanze II, die zu kultivieren 2—3 Wochen später begonnen wurde, besass 3 Halme, von denen der Sommerhalm die Länge 36,4 und die 2 Herbsthalme die Längen 2,5 und 1,4 hatten. Die Länge des Wurzelkörpers war 23 und seine Basisbreite 4. Die Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzgewichte der Pflanze und ihrer Teile waren nachstehende: Halme = 0,11 resp. 0,0998 g; Wurzeln = 0,047 resp. 0,0422 g; ganze Pflanze = 0,157 resp. 0,1420; W:H = 1:2,36.

Mittelwerte können für die Pikrinsäurepflanzen nicht aufgestellt werden, da sie ungleichaltrig waren und dazu in verschiedenen Jahreszeiten kultiviert werden mussten. Letzterer Umstand hat wohl mit dazu beigetragen, dass Pflanze II sich minder gut entwickelt hat.

Vf. hält sich auf Grund dieser Resultate für berechtigt anzunehmen, dass die Pikrinsäure nach der Neutralisation längere Zeit aufgenommen werden kann und erst nach der Aufspeicherung in gewisser Menge eine schädigende Wirkung auf die Pflanze ausübt. Dass der Pikrinsäurestickstoff Verwertung findet, lässt sich aus der relativ beträchtlichen Zunahme an Pflanzensubstanz während des Versuches schliessen und ergibt sich auch aus der Bestimmung des Stickstoffgehalts. Der Gesamtstickstoffgehalt der Pikrinsäurepflanze wurde vom Vf. zu 2,81% ermittelt. Dass der Pflanze aber bei aller Aufnahme der Pikrinsäure der Stickstoff nur ungenügend zur Verfügung steht, zeigt ihre Wurzelentwicklung, die starke Kennzeichen des Stickstoffhungerretiolements an sich trägt. Offenbar ist der Pikrinsäurestickstoff der Pflanze nicht leicht zugänglich und bedarf vorher komplizierter chemischer Umgestaltung, ehe er Pflanzennährstoff wird.

Andere einwandfreie Versuche mit Pikrinsäure bei höheren grünen Pflanzen sind dem Vf. nicht zu Gesicht gekommen.

5. Ernährungsversuch mit Ortho-Nitrobenzoesäure.

Einer jeden der Versuchspflanzen wurde von dieser Verbindung im ganzen 0,6081 g dargeboten. Die Lösungen dieses

Stoffs wurden vor der Anwendung mit schwacher Natronlauge neutralisiert.

Das 3. Blatt wiesen die Pflanzen am 27. VII, das 4. am 1. resp. 2. VIII auf. Schon am 1. VIII stellte sich Gelbfärbung der Blattspitzen ein, die sich um den 5. VIII in Rotfärbung wandelte. An letzterem Datum standen diese Pflanzen schlechter als die Pikrinsäure- und die ohne Stickstoffgabe gelassenen Pflanzen. Am 12. VIII zeigte Pflanze I Welken. Pflanze II bekam am 11. VIII das 5. Blatt und am 16. VIII das 6. Blatt. Dabei waren aber ihre 3 unteren Blätter auf der ganzen Fläche welk und die 2 nächsten an den Spitzen. Dem Welken folgte alsbald das Abtrocknen der Blätter, so dass am 21. VIII bereits die 4 älteren Blätter trocken waren. Um diese Zeit trat bei der Pflanze noch ein 7. Blatt hervor. Bei Pflanze I kamen keine weiteren Neubildungen zu den angeführten hinzu. Die Seitenhalmbildung unterblieb bei beiden Pflanzen. Pflanze I begann Mitte August abzutrocknen und ging Anfang September ein. Um den 10. IX folgte ihr Pflanze II.

Der Halm der Pflanze I wies die Länge 12,4 auf. Die Breite der Blattspreite mit der Länge 98^{*} war 1,5. Der Wurzelkörper erreichte die Länge 8,3. Folgende Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen wurden ermittelt: Halm = 0,0445 resp. 0,0404 g; Wurzeln = 0,03 resp. 0,0269 g; ganze Pflanze = 0,0745 resp. 0,0673 g; W : H = 1 : 1,5.

Der Halm der Pflanze II hatte die Länge 17,1, der Wurzelkörper derselben die Länge 6. Die entsprechenden Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzgewichte der Pflanze waren nachstehende:

$$\begin{aligned}\text{Halm} &= 0,073 \text{ resp. } 0,0663 \text{ g;} \\ \text{Wurzeln} &= 0,025 \text{ resp. } 0,0225 \text{ „;} \\ \text{ganze Pflanze} &= 0,098 \text{ resp. } 0,0888 \text{ „;} \\ \text{W : H} &= 1 : 2,95.\end{aligned}$$

Die Aufstellung von Mittelwerten unterbleibt hier, da Pflanze I einen wesentlich schlechteren Aufbau des Halmes als Pflanze II aufweist. Aber auch die Entwicklungsleistung der letzteren Pflanze überragt nicht diejenige der ohne Stickstoffgabe aufgewachsenen. Der Entwicklungsgang der Pflanzen zeigt deutlich, dass die o-Nitrobenzoesäure sich ihnen gegenüber als Gift mittlerer Stärke verhält, das bald das Wachstum hemmt und auch relativ schnell den Tod der Pflanze veranlasst. Wegen der geringen Menge des Materials musste die Stickstoffbestimmung ausfallen. Um das Resultat mit der o-Nitrobenzoesäure noch beweiskräftiger zu gestalten, ist dieser Versuch im nächsten Sommer wiederholt worden, wobei das Resultat mit demjenigen ihrer beiden isomeren Verbindungen in Vergleich gestellt wurde.

6. Ernährungsversuch mit Para-Aminobenzoesäure.

Zur Darreichung der für die Pflanze nötigen Stickstoffgabe waren von dieser Verbindung 0,499 g abzuwägen, die nach dem Lösen in destilliertem Wasser mit sehr verdünnter Natronlauge neutralisiert wurden.

Das 3. Blatt der Pflanzen trat am 27. VII. das 4. am 2. resp. 3. VIII hervor. Die Pflanzen verhielten sich zunächst ebenso wie die Nitrobenzoesäurepflanzen und unterschieden sich im Entwicklungsstande ebenfalls nur wenig von diesen. Am 12. VIII zeigte sich das 5. und am 16. VIII das 6. Blatt der Pflanzen. Ein 7. Blatt bekam Pflanze I am 21. VIII. Pflanze I trieb den 2. Halm am 9. IX und die Rispe am 10. IX hervor. Auch bei Pflanze II begann sich der 2. und 3. Halm zu entwickeln. Zum 1. X betrug bei beiden Pflanzen die Zahl der Halme 4. Bis zum Abschluss des Versuchs kamen bei den Pflanzen noch je 2 Halme hinzu.

Pflanze I ist als Pflanze IV auf Tafel III abgebildet. Von den 2 Sommerhalmen der Pflanze I gehörte zur 1. Gruppe: 29,8 ($R = 58\text{ l, } 2\text{ as, } 3\text{ ar}$) und zur 3. Gruppe: 11,7. Die Breite der Blattspreite mit der Länge 90 betrug 2,5. Die Längen der Herbsthalme waren folgende: 10,8, 6,5, 5,7, 4,4. Der Wurzelkörper hatte die Länge 12,2 und die Basisbreite 5 und zeigte sich schwach violett gefärbt. Die gefundenen Mengen von Lufttrocken- und Trockensubstanz verteilten sich in folgender Weise: Halm 29,8 = 0,104 resp. 0,0944 g; Rispe = 0,01 resp. 0,0091 g; die übrigen Halme = 0,052 resp. 0,0472 g; sämtliche Halme = 0,156 resp. 0,1416 g; Wurzeln = 0,073 resp. 0,0656 g; ganze Pflanze = 0,229 resp. 0,2072 g; $W:H = 1:2,16$.

Pflanze II besass ebenfalls 6 Halme. Die Längen ihrer 3 rispenlosen Sommerhalme waren: 25,7, 16, 11,4. Die Blattspreitendimensionen stimmten mit denjenigen der Pflanze I nahezu überein. Den 3 Herbsthalmen kamen die Längen zu: 13,2, 4,5, 2,9. Der Wurzelkörper zeigte die Länge 8,5 und ebenfalls schwache Violettgefärbung. Die Bestimmung der Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzgewichte der Pflanze ergab folgendes Resultat: Halme = 0,143 resp. 0,13 g; Wurzeln = 0,058 resp. 0,0521 g; ganze Pflanze = 0,201 resp. 0,1821 g; $W:H = 1:2,49$.

Aus diesen Einzelangaben ergeben sich folgende Mittelwerte:

Halmzahl = 6;
Rispenzahl = 0,5;

Trockensubstanzgewicht der Halme = 0,1358 g, 1Halme=0,0226 g;
" der Wurzeln = 0,0588 „;
" der ganzen Pflanze = 0,1946 „;
W : H = 1 : 2,32.

Die Resultate dieses Versuchs lassen den Schluss zu, dass die Aufnahme und Verwertung von p-Aminobenzoesäure stattgefunden hat. Das erweist vor allem die gegenüber dem Kontrollpflanzenmittel zu konstatierende Zunahme an Pflanzensubstanz, bedingt durch die grössere Zahl mehr oder minder entwickelter Triebe und die bessere Wurzel Ausbildung. Der Stickstoffgewinn macht sich auch kenntlich in dem hohen Gehalt der oberirdischen Teile dieser Pflanzen, der 3,17% beträgt. Die Eiweissvermehrung in den Pflanzen ist damit gleichfalls erwiesen. Die Violettfärbung des Wurzelkörpers trat spät und dazu in schwachem Masse ein und dürfte, wenn überhaupt, nur einen gering schädigenden Einfluss auf die Pflanze ausgeübt haben. Im Anfang verlief freilich die Entwicklung der Pflanzen langsamer, in ähnlicher Weise wie bei Darbietung des Stickstoffs in Form von o-Nitrobenzoesäure.

Der Versuch ist in der Vegetationszeit des Jahres 1901 wiederholt und mit den Versuchen mit isomeren Verbindungen dieser Säure in Vergleich gestellt worden.

7. Ernährungsversuch mit Pyridin.

Pyridin wurde den Pflanzen an Schwefelsäure gebunden geboten. Die für eine jede Pflanze nötige Stickstoffmenge enthielt 0,6448 g dieser Verbindung. Über die Entwicklungsweise der Pflanzen in diesem Falle ist Folgendes zu vermerken.

Das 3. Blatt erschien am 27. VII, das 4. am 31. VII. Bereits am 1. VIII zeigten sich auf den Blättern gelblich gefärbte Partien, die sich mehr und mehr ausbreiteten. Pflanze II bekam wohl noch am 4. VIII das 5. Blatt, doch begann bei ihr, ebenso wie bei Pflanze I, alsbald das Abtrocknen. Auch die Wurzeln bekamen frühzeitig eine bräunliche Färbung, die immer dunkler wurde. Am 14. VIII waren beide Pflanzen abgestorben und erfolgte ihre Aberntung zwecks Vornahme der Messungen, Gewichtsbestimmungen usw.

Die Länge des Halmes der Pflanze I erreichte 11, diejenige ihres Wurzelkörpers 10,5. Die ermittelten Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen zeigten folgende Verteilung: Halm = 0,032 resp. 0,029 g; Wurzeln = 0,018 resp. 0,0162 g; ganze Pflanze = 0,050 resp. 0,0452 g; W : H = 1 : 1,8.

Für den Halm und Wurzelkörper der Pflanze II wurden

folgende Längen gefunden: 14,5 resp. 10,5. Folgende Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen wurden für Pflanze II gefunden: Halm = 0,0385 resp. 0,0349 g; Wurzeln = 0,027 resp. 0,0242 g; ganze Pflanze = 0,0655 resp. 0,0591 g; W:H = 1:1,44.

Als Mittelwerte haben daher zu gelten:

$$\text{Halmzahl} = 1;$$

Trockensubstanzgewicht des Halmes = 0,0319 g;

„ der Wurzeln = 0,0202 „;

„ der ganzen Pflanze = 0,0521 „;

$$W:H = 1:1,62.$$

Den Resultaten des Versuchs gemäss kann von der Geeignetheit des schwefelsauren Pyridins zur Versorgung der höheren Pflanze, speziell des Hafers, mit Stickstoff keine Rede sein, da es schnell ihr Eingehen veranlasst. Wie schwefelsaures Pyridin wird sich selbstverständlich auch salzsaures verhalten. Die Pyridinsalze schädigen mithin die höhere Pflanze nahezu ebenso, wie das o-Nitrophenol und Rhodannatrium. Die Giftwirkung des Pyridins scheint aber etwas langsamer als diejenige der letzteren zu erfolgen, worauf die Bildung auch eines 5. Blattes hinweist. Stark schädigenden Einfluss erfährt jedenfalls die Wurzeltätigkeit der Pflanzen. Stickstoffbestimmungen sind hier aus den schon angeführten Gründen nicht zur Ausführung gekommen.

Es muss hinzugefügt werden, dass das Pyridin nicht als allgemein schädigende Substanz gelten kann, denn, wie aus der Literatur bekannt, werden manche Pflanzenarten dadurch nicht geschädigt. So stellen G. Ciamician und C. Ravenna¹⁾ fest, dass Hülsenfrüchter (Bohne) durch das Pyridin in ihrem Wachstum nicht beeinträchtigt werden. Es kommt also auch beim Pyridineinfluss in Betracht, um welche Pflanzenspezies es sich dabei handelt.

8. Ernährungsversuch mit Albumin.

Albumin, aus Blut dargestellt, wurde der Pflanze bei voller Stickstoffgabe in der Menge von 0,3188 g gewährt.

Die Albuminpflanzen wiesen das 3. Blatt am 26. VII, das 4. am 30. VII, das 5. am 3. VIII und das 6. am 7. VIII auf. Nach ihrem äusseren Aussehen beurteilt, waren die Pflanzen um diese Zeit die bestentwickelten unter den Pflanzen dieser Versuchsreihe. Am 11. VIII war bei Pflanze II das 7. Blatt sichtbar. Den 2. Halm trieb zuerst Pflanze I, und zwar am 16. VIII, hervor. Die

1) Gazz. chim. ital. 48 (1918), I, S. 253; nach Jahresber. f. Agrik.-Chem. 1919, S. 139.

Rispe derselben zeigte sich am 19. VIII. Zugleich wurde bei Pflanze II der 2. und 3. Halm beobachtet. Am 21. VIII war Pflanze I mit 3 Halmen und Pflanze II mit 4 Halmen versehen. Am 1. IX wurde von Pflanze II eine Rispe hervorgehoben. Um den 1. X waren bei beiden Pflanzen je 6 Halme vorhanden. Bis zum Abschluss des Versuchs erfuhr die Zahl der Halme beider Pflanzen Vermehrung um je 6.

Bild V auf Taf. III stellt Pflanze I vor. Unter den 12 Halmen der Pflanze I waren 3 Sommerhalme, von welchen der 1. Gruppe angehörte: 41,6 ($R=961$, 3as, 4ar) und der 3. Gruppe: 46,8, 26,8. Die Breite der Blattspreite mit der Länge 186 betrug 3,5. Die 9 Herbsthalme hatten die Längen: 38, 25, 12, 6,4, 5,8, 4,5, 2,8, 2,7, 2,6. Die älteren Halme wiesen immer mehr Blätter (6 und 5) auf als diejenigen der bisher betrachteten Versuche dieser Reihe. Das gilt auch für Pflanze II. Die Länge des Wurzelkörpers war 30 und die Breite desselben 15 auf einer Strecke von 11 cm. Nachstehende Mengen an Lufttrocken- und Trockensubstanz dieser Pflanze und ihrer Teile wurden gefunden: Halm 41,6 = 0,17 resp. 0,1543 g; Rispe = 0,03 resp. 0,0272 g; die übrigen Halme = 0,7 resp. 0,6354 g; sämtliche Halme = 0,87 resp. 0,7897 g; Wurzeln = 0,231 resp. 0,2075 g; ganze Pflanze = 1,101 resp. 0,9972 g; W : H = 1 : 3,81.

Von den ebenfalls 12 Halmen der Pflanze II waren 4 Sommerhalme. Von den letzteren gehörte zur 1. Gruppe: 40,5 ($R=741$, 5as, 6ar) und zur 3. Gruppe: 46,9, 38,6, 31,1. Die Blattspreiten dimensionen waren die gleichen wie diejenigen der Pflanze I. Die Längen der 8 Herbsthalme waren folgende: 31, 30,8, 26,6, 6, 4, 3, 2,6, 2. Der Wurzelkörper besaß die Länge 30 und die Breite 15 in einer ähnlichen Erstreckung wie bei der anderen Pflanze. Folgende Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzgewichte wurden ermittelt: Halm 40,5 = 0,194 resp. 0,1761 g; Rispe = 0,015 resp. 0,0136 g; die übrigen Halme = 0,82 resp. 0,7443 g; sämtliche Halme = 1,014 resp. 0,9204 g; Wurzeln = 0,245 resp. 0,2201 g; ganze Pflanze = 1,259 resp. 1,1405; W : H = 1 : 4,18.

Die Mittelwerte sind entsprechend den obigen Resultaten folgende:

Halmzahl = 12;

Rispenzahl = 1;

Trockensubstanzgewicht des Rispenhalmes = 0,1652 g;

„ der Rispe = 0,0204 „;

„ der Halme = 0,855 „;

„ 1 Halmes = 0,0713 „;

Trockensubstanzgewicht der Wurzeln = 0,2138 g;
„ der ganzen Pflanze = 1,0688 „;
W:H = 1:3,99.

Der Gesamtstickstoffgehalt wurde in den Albuminpflanzen im Mittel zu 3,78% und der Eiweissstickstoffgehalt in denselben im Mittel zu 1,61% ermittelt. Der Stickstoff in Form von Eiweiss machte also 42,59% des Gesamtstickstoffs aus.

Albumin als Stickstoffquelle hat also den Gehalt der Stickstoffarten der Pflanze beträchtlich erhöht, wie sich das ergibt, wenn man denselben mit dem entsprechenden der Nitromethanpflanzen vergleicht. Letztere Pflanzen haben sich von allen bisher betrachteten Versuchspflanzen dieser Serie noch am besten entwickelt. Wie bei einem günstigen Stickstoffnährstoff nicht anders zu erwarten, erweist sich bei dem erhöhten Stickstoffgehalt auch das Gesamtgewicht der Trockensubstanz der Albuminpflanzen als bedeutend höher und ebenso das Trockensubstanzgewicht der einzelnen Teile der Pflanzen. Die gute Entwicklung aller Teile der Albuminpflanzen zeigt überaus deutlich das Bild V der Pflanze I auf Tafel III. Die Pflanzen haben sich gleichfalls stärker bestockt, als die in dieser Versuchsserie bisher besprochenen Versuchspflanzen. Dank der guten Zugänglichkeit dieses Stickstoffs, die aus dem Ergebnis dieses Versuches folgt, geht der Wurzelkörper nicht zu sehr in die Länge, nimmt aber dafür infolge seiner stärkeren und dichteren Verzweigung an Breite und Dichtheit zu. Dabei werden auch die oberirdischen Teile der Pflanzen üppig und zahlreich ausgebildet, so dass das Verhältnis zwischen Wurzeln und Halmen ein so weites wird, wie es bisher in dieser Versuchsreihe fehlte. Trotz alledem war die Entwicklung eine normale, indem auch die Rispe hervorschoß.

Alles in allem genommen, kann man den unbestreitbaren Schluss ziehen, dass das Albumin, das unzersetzt der Pflanze dargeboten wird, in hohem Grade das Wachstum der Pflanze zu fördern vermag, indem es sie reichlich und leicht mit assimilierbarem Stickstoff versieht. Man ist daher genötigt anzunehmen, dass das Albumin als solches wie die tierische Membran auch die pflanzliche zu passieren vermag.

An Versuchen mit nativen Eiweisskörpern liegt äusserst wenig vor. Nach Versuchen von R. O. Brigham¹⁾ hat aber Kasein sich als günstige Stickstoffquelle für Mais gezeigt.

1) l. c.

9. Ernährungsversuch mit Pepton.

Pepton, dessen Stickstoffgehalt vom Vf. zu 12,72% bestimmt ward, wurde im Quantum von 0,4009 g, das der erforderlichen Stickstoffgabe entspricht, angewandt.

Bei den Peptonpflanzen trat das 3. Blatt am 26. VII, das 4. am 30. VII, das 5. am 2. VIII, das 6. am 7. VIII und das 7. am 11. VIII hervor. Um die Mitte August entwickelte Pflanze I den 2. und 3. Halm. Am 21. VIII wurde der 4. Halm der Pflanze I und das 8. Blatt, sowie der 2. und 3. Halm der Pflanze II sichtbar. Am 5. IX kam eine Rispe bei Pflanze I zum Vorschein. Am 10. IX waren bei Pflanze II 5 Halme, am 1. X 6 vorhanden. Auch Pflanze I besass um diese Zeit 6 Halme. Bis zum Abschluss des Versuchs verdoppelte sich die Zahl der Halme bei Pflanze I, während bei Pflanze II weitere 3 hinzukamen. Das Zurückbleiben der sich anfänglich gut entwickelnden Pflanze II erklärt sich daraus, dass sie beschädigt wurde, wodurch ihre Weiterentwicklung stark beeinträchtigt ward; und das kommt denn auch in den Resultaten zum Ausdruck.

Pflanze I findet sich auf Tafel III mit VI bezeichnet. Von den Anfang November vorhandenen 12 Halmen der Pflanze I waren 4 Sommerhalme, und zwar der 1. Gruppe angehörig: 45,5 (R = 92 l, 5 as, 7 ar) und der 3. Gruppe angehörig: 51, 48,9, 38,4. Die Länge und Breite der Blattspreite betrugen 210 resp. 4. Die 8 Herbsthalme zeigten die Längen: 28,4, 26,3, 21,6, 20,5, 18,5, 14,9, 13,3, 8. Die Breite der Blattspreite dieser Halme betrug 9 bei der Länge 182. Auch bei diesen Pflanzen, sowohl bei Pflanze I als Pflanze II, waren die älteren Seitenhalme blattreicher. Der Wurzelkörper wies die Länge 23 und die Breite 15 auf, die sich auf 9 cm seiner Länge ausdehnte. Die Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen der Pflanze und ihrer Teile entsprachen folgenden Beträgen:

Halm 45,5	=	0,2553	resp.	0,2317	g;
Rispe	=	0,027	"	0,0245	„;
die übrigen Halme	=	0,695	"	0,631	„;
sämtliche Halme	=	0,9503	"	0,8627	„;
1 Halm	=			0,0719	„;
Wurzeln	=	0,234	"	0,2102	„;
ganze Pflanze	=	1,1843	"	1,0729	„;
W : H = 1 : 4,1.					

Pflanze II hatte aus dem oben angegebenen Grunde nur 9 in der Mehrzahl minder entwickelte Halme bilden können, von denen 5 Sommerhalme waren. Letztere waren rispenlos und hatten die Längen: 48, 29,1, 29, 9,8, 7,2. Die Blattspreitenbreite stimmte mit derjenigen der Pflanze I überein. An Herbsthalmen waren fol-

gende vorhanden: 30,2, 6,1, 4,8, 3,6. Die Länge des Wurzelkörpers betrug wohl 24, seine Breite aber nur 10 in einer Ausdehnung von 9 cm. Die Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen der Pflanze verteilten sich folgendermassen: Halme = 0,534 resp. 0,4847 g; Wurzeln = 0,125 resp. 0,1123 g; ganze Pflanze = 0,659 resp. 0,5970 g; W:H = 1:4,32.

Wie letztere Daten deutlich zeigen, ist Pflanze II infolge der Beschädigung im Wachstum stark zurückgeblieben. Es ist daher für diesen Versuch die Berechnung von Mittelwerten unterblieben. Mit den Albuminpflanzen kann also nur die Peptonpflanze I verglichen werden.

Im grossen und ganzen stimmt die Grösse der Zunahme an Pflanzensubstanz und die Art der Ausbildung bei der Peptonpflanze mit denjenigen bei den Albuminpflanzen fast überein. Grössere Abweichungen lassen sich, und zwar zu Gunsten der Peptonpflanze, in betreff der Längen der älteren Halme konstatieren. Der Wurzelkörper der Peptonpflanze ist wohl kürzer geblieben, dabei aber sonst stärker und dichter normal verzweigt. Ihr Gesamtstickstoffgehalt wurde zu 3,87%, ihr Eiweisstickstoffgehalt zu 1,63% gefunden. Letzterer beträgt in Prozenten des Gesamtstickstoffs 42,12.

Aus diesen Ermittlungen lässt sich folgern, dass der Peptonstickstoff bezüglich der Ernährung des Hafers ähnlich günstig wie der Albuminstickstoff gewirkt hat. Ein ungünstigeres Resultat als beim Albumin kann eigentlich beim Pepton auch nicht vorausgesetzt werden, da es zu den leicht diffundierenden und Eiweiss bildenden Stoffen gehört. Die Resultate der Versuche des Vf.'s gestatten den Schluss, dass das Albumin kaum schwieriger als das Pepton die pflanzliche Membran passiert.

Ähnliche Resultate wie Vf. bei Pepton hat auch Reed O. Brigham¹⁾ erhalten, und zwar mit Mais, während die Versuche von H. B. Hutchinson und N. H. J. Miller²⁾ mit Erbsen ein anderes Ergebnis brachten. Letztere entwickelten sich dabei sehr dürrftig mit abnorm schwacher Wurzelbildung. So sehen wir auch hier die Pflanzenarten sich selbst dieser organischen Stickstoffverbindung gegenüber verschieden verhalten, wie das auch anderwärts hervorgehoben werden musste.

1) l. c.

2) l. c.

10. Ernährungsversuch bei Ausschluss der Stickstoffgabe.

Zur Charakteristik dieser Pflanzen sind folgende Angaben zu machen.

Das 3. Blatt zeigte sich bei diesen Pflanzen am 26. VII, das 4. am 1. resp. 2. VIII, das 5. am 6. VIII und das 6. am 10. resp. 11. VIII. Am 20. VIII trat der 1. Seitenhalm bei Pflanze I hervor. Am 23. VIII begann sich der 2. Halm von Pflanze II zu entwickeln. Am 25. VIII schob Pflanze I die Rispe hervor. Letztere schoss bei Pflanze II am 4. IX hervor, und ihr folgte am 8. IX der 3. Halm. Gegen das Ende des Monats begann das Abtrocknen der Pflanzen, das aber so langsam vonstatten ging, dass auch beim Abernten ein guter Teil des Haupthalmes noch grün war.

Pflanze I bestand also nur aus 2 im Sommer gebildeten Halmen. Von ihnen gehörte zur 1. Gruppe: 30,5 ($R = 50$ l, 2 as, 2 ar) und zur 3. Gruppe: 0,7. Die Blattspreite hatte die Länge 78 und die Breite 3. Der schon an der Basis ganz schmale Wurzelkörper hatte die Länge 42. Von den bestimmten Mengen der Lufttrocken- und Trockensubstanz entfielen auf: Halme = 0,0715 resp. 0,0649 g; Wurzeln = 0,0179 resp. 0,0163 g; ganze Pflanze = 0,0894 resp. 0,0812 g; $W:H=1:3,98$.

Von den 3 Halmen der Pflanze II war einzureihen in die 1. Gruppe: 29,5 ($R = 49$ l, 2 as, 2 ar) und in die 3. Gruppe: 8,1, 0,9. Die Breite der Blattspreite von der Länge 81 war die gleiche wie bei Pflanze I. Der wie bei letzterer erwähnt beschaffene Wurzelkörper besass die Länge 55. Gefunden wurden folgende Mengen an Lufttrocken- und Trockensubstanz: Halme = 0,071 resp. 0,0645 g; Wurzeln = 0,018 resp. 0,0161 g; ganze Pflanze = 0,089 resp. 0,0806 g; $W:H=1:4,0$.

Man erhält damit folgende Mittelwerte:

Halmzahl = 2,5;

Rispenzahl = 1;

Trockensubstanzgewicht des Rispenhalmes = 0,0512 g;

„ der Halme = 0,0647 „;

„ 1 Halmes = 0,026 „;

„ der Wurzeln = 0,0162 „;

„ der ganzen Pflanze = 0,0809 „;

$W:H=1:3,99$.

Photographiert wurde Pflanze II, die auf Tafel III mit I bezeichnet ist.

Wie vorausszusehen, tritt einem recht deutlich die dürftige Entwicklung dieser Pflanzen mit den bekannten Stickstoffmangelerscheinungen entgegen. Als verhältnismässig gut ist die auf die oberirdischen Teile der Pflanzen kommende Produktion anzusehen, was durch das weite Verhältnis zwischen Wurzeln und Halmen angezeigt wird. Der Wurzelkörper besitzt trotz des schwächlichen Baues eine sehr beträchtliche Länge, wie das eben bei Stickstoffmangel beobachtet wird. Die Kennzeichen des Stickstoffhungerretiolements sind also bei den Pflanzen gut ausgeprägt. Der Stickstoffmangel der Kultur findet auch in dem niedrigen prozentualen Stickstoffgehalt Ausdruck. Letzterer stellt sich im Mittel auf 2,29% der Trockensubstanz der Pflanzen.

VI. Dritte Versuchsserie des Jahres 1900. (Tafel III.)

Diese Versuchsreihe begann um ca. 2 Wochen später als die zweite, nämlich am 15. resp. 18. VIII, weil eine der Verwendung findenden organischen Stickstoffverbindungen nicht früher in nötiger Reinheit zur Verfügung stand. Die Versuchspflanzen entstammten dem früher charakterisierten Saatgut des Ligowohafers. Von den in oben beschriebener Weise erhaltenen Pflänzchen wurde eines mit 2 Blättern als Ersatzpflanze für die beim früheren Versuch mit Pikrinsäure eingegangene genommen, und zwar am 15. VIII. In dieser Versuchsreihe kam ferner der Versuch mit Koniinstickstoff neben demjenigen mit der ohne Stickstoffverbindung gelassenen Pflanze zur Ausführung, und zwar vom 18. VIII an, wo sie in die betreffenden Lösungen gesetzt wurden. Die zu diesen Versuchen gewählten Pflänzchen waren schon etwas älter geworden, hatten bereits das 3. Blatt hervortreten lassen. Die Gewährung der stickstoffhaltigen Substanzen sowie der übrigen Nährbestandteile erfolgte in der in der Einleitung zur 2. Versuchsserie erörterten Weise, nur mit Änderung der Zeitdaten. Die 3. Versuchsreihe umfasste 4 Pflanzen, da für den Pikrinsäureversuch und den ohne Stickstoffgabe durchgeführten Versuch von den gleichmässig entwickelten Pflänzchen nur je 1 genommen wurde. Im übrigen sei auf das in den Einleitungen zur 1. und 2. Versuchsreihe Bemerkte verwiesen. Photographiert wurde nur die Koniinpflanze am 1. X. Da der Pikrinsäureversuch schon in der 2. Versuchsreihe Berücksichtigung gefunden hat, erübrigt hier nur die genauere Mitteilung der gemachten Beobachtungen

und der Resultate des Koniinversuchs und des ohne Stickstoffgabe durchgeführten Versuchs.

2. Ernährungsversuch mit Koniin.

Die Pflanzen bekamen das Koniin als salzsaure Verbindung, und zwar bei voller Stickstoffgabe in der Menge von 0,5956 g. Die Pflanzen zeigten, wie gleich bemerkt sei, bei der Darreichung des Stickstoffs in Form des genannten Alkaloids eine gute Entwicklung. Der Versuch begann am 18. VIII.

Das 4. Blatt erschien bei Pflanze I am 21. VIII, bei Pflanze II am 23. VIII, das 5. Blatt am 30. VIII resp. am 2. IX und das 6. Blatt am 10. resp. 13. IX. Ein 7. Blatt wies Pflanze I am 18. IX auf. Am 1. X trieb Pflanze II 2 Seitenhalme hervor. Bald darauf zeigte sich auch ein Seitenhalm bei Pflanze I. Beim Abschluss des Versuchs betrug die Gesamtzahl der Halme der Pflanze I 3 und der Pflanze II 5.

Der Haupthalm der Pflanze I hatte die Länge 52,7 und die Seitenhalme die Längen: 22,8 und 13,7. Bei ersterem betrug die Breite der Blattspreite mit der Länge 198 4,5, bei letzteren 6,2. Die Länge des Wurzelkörpers der Pflanze erreichte 43,5 und seine Breite, die sich auf ein Viertel seiner Länge erstreckte, 10. Die Ermittlung der Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen der Pflanze ergab folgende Resultate: Halme = 0,2975 resp. 0,27 g; Wurzeln = 0,16 resp. 0,1437 g; ganze Pflanze = 0,4575 resp. 0,4137 g; W : H = 1 : 1,88.

Pflanze II wies 5 Halme mit folgenden Längen auf: 37,5, 13,3, 7,4, 3,7, 2,5. Die Blattspreitendimensionen stimmten mit denjenigen der Pflanze I überein. Der Wurzelkörper hatte die Länge 40,5 und war ähnlich demjenigen der Pflanze I ausgebildet. Folgende Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzgewichte wurden für diese Pflanze und ihre Teile gefunden: Halme = 0,18 resp. 0,1634 g; Wurzeln = 0,1125 resp. 0,101 g; ganze Pflanze = 0,2925 resp. 0,2644 g; W : H = 1 : 1,62.

Obigen Angaben gemäss erhält man folgende Mittelwerte:

Halmzahl = 4;

Trockensubstanzgewicht der Halme = 0,2167 g;

„ 1 Halmes = 0,0542 „;

„ der Wurzeln = 0,1223 „;

„ der ganzen Pflanze = 0,33905 „;

W : H = 1 : 1,75.

Dieses Resultat des Versuchs berechtigt uns zu behaupten, dass

die Koniinpflanzen eine wesentlich bessere Entwicklung als die gleichaltrige Pikrinsäurepflanze erfahren haben. Die gute Entwicklung wird auch durch das Bild der Koniinpflanze I verdeutlicht, die auf Tafel III mit VII bezeichnet ist. Die Pflanze befindet sich dort zusammen mit solchen, deren Kultur um ca. 3 Wochen früher begann, aber trotzdem übertrifft sie mehrere derselben durch eine üppigere Entwicklung. Es muss auch hervorgehoben werden, dass letztere innerhalb einer relativ kurzen Zeit des Wachstums auftrat. Pflanze II ist wohl reicher an Halmen, diese sind aber kürzer geblieben. Die üppige Entwicklung zeichnet nicht nur die oberirdischen Teile der Pflanzen aus, sondern wird sogar zu einer geradezu wundervollen bei den Wurzeln der Pflanze, die einen nicht nur in die Breite, sondern auch in die Länge ausgedehnten dichten Körper darstellen. Für die ganz beträchtliche Fähigkeit des Koniins die Pflanze mit Stickstoff zu versorgen spricht auch der in ihr gefundene Gehalt an Gesamtstickstoff. Letzterer beträgt nämlich in Prozenten der Trockensubstanz 5,03, ein Gehalt, der von solcher Höhe bisher für eine günstig wirkende organische Stickstoffverbindung noch nicht angeführt werden konnte. Empfehlenswert scheint dem Vf. den Versuch mit Koniin längere Zeit als es hier der Fall war unter günstigen Belichtungsverhältnissen auszuführen.

Von allen für die Versuche des Jahres 1900 ausgewählten Alkaloiden hat sich also allein das Koniin als sehr geeignet zur dauernden Versorgung der höheren grünen Pflanze mit Stickstoff erwiesen.

Nach Versuchen mit Koniin bei höheren Pflanzen sucht man in der Literatur fast vergeblich. W. Sigmund¹⁾ hat seine Wirkung auf Samen untersucht und führt daraufhin an, dass von Konijn und Nikotin letzteres giftiger gewirkt hat.

3. Ernährungsversuch bei Ausschluss der Stickstoffgabe.

Die zu diesem Versuch gewählte Pflanze wies das 4. Blatt am 23. VIII, das 5. am 1. IX und das 6. am 10. IX auf. Ende September zeigte sich ein Seitenhalm, der aber sein Wachstum bald einstellte. Das Abtrocknen der Halme erfolgte im Laufe des Oktober.

¹⁾ Biochem. Ztschr. 62 (1914), S. 299; nach Jahresber. f. Agrik.-Chem., Jhg. 57 (1914), S. 156.

Der Haupthalm besass die Länge 32,3. Die Breite seiner Blattspreite mass 2, bei einer Länge von 84. Der Seitenhalm hatte die Länge 5,2. Als Länge des schmalen Wurzelkörpers wurde 40 gefunden. Die Mengen von Lufttrocken- und Trockensubstanz verteilten sich in folgender Weise:

$$\begin{aligned}\text{Halme} &= 0,0753 \text{ resp. } 0,0683 \text{ g;} \\ \text{Wurzeln} &= 0,0250 \text{ „ } 0,0225 \text{ „;} \\ \text{ganze Pflanze} &= 0,1003 \text{ „ } 0,0908 \text{ „;} \\ \text{W : H} &= 1 : 3,04.\end{aligned}$$

Deutlich ausgeprägt waren bei der Pflanze die Stickstoffmangelerscheinungen. Der Wurzelkörper zeigte wiederum auffallend die Merkmale des Stickstoffhungeretiolements. Angemessen der schwachen Entwicklung der Pflanze ist auch ihr prozentualer Gesamtstickstoffgehalt. Er präsentierte dieselbe Grösse, die für die gleichen Pflanzen der 2. Versuchsserie gefunden wurde. Der prozentuale Gesamtstickstoffgehalt beträgt also auch in diesem Falle 2,29% der Trockensubstanz.

VII. In der Vegetationszeit des Jahres 1901 ausgeführte Versuche.

Bei diesen Versuchen wurden meist andere organische Stickstoffverbindungen verwendet und einige schon im Jahre vorher benutzte nochmals untersucht. Bei den aromatischen Stickstoffverbindungen, die Ortho-, Meta- und Para-Verbindungen unterscheiden lassen, wurden meist 2 oder 3 isomere betreffs ihrer Brauchbarkeit für die höhere grüne Pflanze als Stickstoffquellen miteinander verglichen. Der Prüfung auf Dienlichkeit zur Verwertung ihres Stickstoffs wurden folgende organische Stoffe unterzogen: Hydrazin, Alanin, Succinamid, Succinimid, Acetonitril, o-Nitrotoluol, Trinitrotoluol, m- und p-Nitrophenol, o-Nitranilin, m- und p-Phenylendiamin, Benzamid, o-, m- und p-Nitrobenzoesäure, o-, m- und p-Aminobenzoesäure. Ausserdem wurden Kontrollpflanzen ohne Gabe von Stickstoffverbindungen kultiviert. Im ganzen wurden also 20 Versuche mit je 2 Pflanzen ausgeführt. Die stickstofffreie Nährlösung war die bereits früher angewandte. Die Konzentration der stickstofffreien Kulturlösung war anfänglich eine schwächere und erfuhr dann, wie bei den früheren Versuchsreihen angegeben ward, eine allmähliche

Steigerung, bis schliesslich 100 ccm der konzentrierten stickstoff-freien Nährlösung zu 1000 ccm verdünnt wurden. Diese Konzentration der Kulturlösung wurde während der ganzen übrigen Vegetationszeit beibehalten. Ebenso, wie früher angegeben, ging auch die Erhöhung der Stickstoff- und Eisenmengen vor sich. Was erstere anbetrifft, so wurde als Anfangsmenge wieder ein Fünftel des Gesamtquantums gewählt. Die organischen Stickstoffverbindungen, denen Säurenatur eigen war, wurden vor dem Hineinbringen der Pflanzen in ihre Lösungen mit schwacher Natronlauge neutralisiert. Stark basische Verbindungen kamen als Salze zur Verwendung. In den Lösungen mit den organischen Stickstoffverbindungen blieben die Pflanzen wieder nur wenige Stunden, nicht länger als bei den schon besprochenen Versuchen, um die organischen Verbindungen unzersetzt (wenigstens wurde hierbei keine Zersetzung durch ausserhalb der Pflanze liegende Ursachen herbeigeführt) zur Wirkung kommen zu lassen.

Begonnen werden konnten diese Versuche etwas später, als diejenigen der 2. Versuchsserie des Jahres 1900. Als Versuchspflanze diente auch bei dieser Reihe Ligowohafer des Baltischen Samenbauverbandes, dessen Aussenkörner gleichen absoluten Gewichts, wie oben angegeben, sterilisiert und am 22. VII zum Keimen ausgelegt wurden. In der erwähnten Weise wurden dann die Keimpflanzen weiterbehandelt, bis eine grössere Zahl derselben die nötige Entwicklungsstufe erreicht hatte und aus den gleichmässig entwickelten die Auswahl zu den Versuchen vorgenommen werden konnte, was am 10. VIII erfolgte. Sämtliche Pflanzen besaßen dann je 3 Blätter; die Länge ihres Halmes betrug 14—15,5 cm und die Wurzellänge fast immer 6 cm. Die Weiterentwicklung der Pflanzen wurde in den ersten Vegetationsmonaten beständig beobachtet und vermerkt, und nur im letzten Monat seltener. Die Pflanzen blieben wie bei den früheren Versuchsreihen vom Befallenwerden durch Pilze und von Insektenschädigungen verschont. Von den Versuchspflanzen, deren Entwicklung die dargebotene organische Substanz nicht Einhalt tat, wurden photographische Aufnahmen gemacht; Lichtdruckbilder sind aber für diese Pflanzen nicht hergestellt worden. Die Aberntung der Pflanzen, die nicht früher eingegangen waren, erfolgte Anfang November. Darauf wurden die bei der 1. Versuchsserie des Vegetationsjahres 1900 und bei der Beschreibung der Versuchsmethode erwähnten und näher angegebenen Zählungen, Messun-

gen, Wägungen, Feuchtigkeits- und Stickstoffbestimmungen vorgenommen. Die Angaben für jeden Versuch erfolgen in der früheren Weise.

1. Ernährungsversuch mit Hydrazin.

Den Pflanzen wurde schwefelsaures Hydrazin gegeben, und zwar in der Menge von 0,2369 g, welche der ganzen Stickstoffgabe einer Pflanze entspricht. Die Pflanzen entwickelten sich dabei zunächst recht langsam, auch im Vergleich mit den ohne Stickstoffverbindung gebliebenen, und stellten nach einiger Zeit ihr Wachstum überhaupt ein.

Das als erstes während der Darreichung des Hydrazinsulfats hervorkommende 4. Blatt wurde bei den Pflanzen am 15. VIII sichtbar. Das 5. Blatt folgte am 22. und das 6. am 28. VIII. Letzteres trat nur bei Pflanze I hervor, während Pflanze II sehr bald nach der Bildung des 5. Blattes im Wachstum mehr zurückblieb. Am 8. IX wurde bei Pflanze I der 2. Halm bemerkbar, aber bereits am 11. IX begannen die älteren Blätter ihres Haupthalms abzutrocknen. Die letztere Erscheinung war bei Pflanze II schon früher eingetreten. Bei letzterer kam allerdings auch der 2. Halm zum Vorschein, entwickelte sich aber ebenso wie derjenige der Pflanze I nicht weiter und ging zusammen mit dem Haupthalm am 20. IX ein. Sehr bald erfolgte auch das Eingehen der Pflanze I.

Der Haupthalm der Pflanze I hatte die Länge 8,2. Die Blattspreitenbreite desselben betrug 3. Der Seitenhalm besass die Länge 1, der Wurzelkörper die Länge 16,5 und die Breite 4, die aber nach kurzem Verlaufe in einen dünnen Strang überging. Die Bestimmung der Lufttrocken- und Trockensubstanz dieser Pflanze und ihrer Teile ergab folgende Resultate: Halme = 0,0385 resp. 0,0349 g; Wurzeln = 0,02 resp. 0,018 g; ganze Pflanze = 0,0585 resp. 0,0529 g; $W:H = 1:1,94$.

Die Länge des Haupthalms der Pflanze II betrug 7, diejenige des Seitenhalms 0,5. Der Wurzelkörper wies die Länge 10,5 und die Breite 3 auf und war sonst ebenso beschaffen wie derjenige der Pflanze I. Folgende Mengen an Lufttrocken- und Trockensubstanz wurden gefunden: Halme = 0,027 resp. 0,0245 g; Wurzeln = 0,013 resp. 0,0117 g; ganze Pflanze = 0,040 resp. 0,0362 g; $W:H = 1:2,1$.

Folgende Mittelwerte lassen sich daher für die Hydrazinpflanzen aufstellen:

Halmzahl = 2;

Trockensubstanzgewicht der Halme = 0,0297 g, 1 Halmes = 0,01485 g;

„ der Wurzeln = 0,01485 g;

„ der ganzen Pflanze = 0,04455 „;

$W:H = 1:2,02$.

Schon das schwächere Wachstum und dazu das vorzeitige Eingehen der Hydrazinpflanzen lässt schliessen, dass die von ihnen produzierte Körpersubstanzmenge eine geringere als diejenige der Kontrollpflanzen sein muss, wie das denn auch untrüglich durch die Gewichtsbestimmung derselben und ihrer Teile bestätigt wird. Es besteht also kein Zweifel, dass schwefelsaures Hydrazin toxisch wirkt. Die Aufnahme desselben begünstigte der Umstand, dass die Wurzeltätigkeit durch die Verbindung relativ wenig benachteiligt wurde; das ergibt sich, wenn man die Gewichtsmenge dieser Wurzeln mit derjenigen der Kontrollpflanzenwurzeln vergleicht. Stark geschädigt sind dann aber die oberirdischen Teile der Hydrazinpflanzen, deren Lebensfunktionen durch die andauernde Aufnahme und Aufhäufung der dargereichten stark reduzierend wirkenden Substanz nach und nach Abschwächung erfuhren, was nach einiger Zeit zum vorzeitigen Absterben führte. Die starke Benachteiligung gerade der grünen Organe des Hafers wird auch durch das so enge Verhältnis der Wurzeln zu den Halmen verdeutlicht, denn die Pflanzen gehörten schon zu den älteren.

Es kommt mithin dem Hydrazinsulfat gegenüber der Pflanze die Bedeutung einer Giftsubstanz gewissen Grades zu. Den Untersuchungen von O. Loew¹⁾ zufolge verhindert Hydrazin in der Dosis von 0,2⁰/₀₀ die Keimung der Gerste. Für die Tiere ist es nach Loews Angaben ebenfalls stark giftig.

2. Ernährungsversuch mit Alanin.

Die Alaninmenge hatte 0,3242 g zu betragen. Der Alaninstickstoff hatte eine verhältnismässig schnelle und gute Entwicklung der Haferpflanzen zur Folge.

Das 4. Blatt trat am 14. VIII, das 5. am 19. VIII und das 6. am 24. VIII hervor. Der 2. und 3. Halm begannen zugleich ihre Entwicklung bei Pflanze II am 2. IX und bei Pflanze I am 4. IX. Der 4. Halm wurde bei Pflanze II am 9. X und bei Pflanze I am 15. X sichtbar. Schon vor letzterem Datum zeigten sich bei Pflanze II der 5. und 6. Halm. Die im Laufe des letzten Vegetationsmonats gebildeten Halme kamen aber wenig über die Anfangsentwicklung hinaus.

Zur Zeit des Aberntens besaßen die Halme der Pflanze I folgende Längen: 23,1, 30,1, 9,9, 1²⁾. Die Blattspreitenbreite des Haupthalmes betrug 3, diejenige des Seitenhalmes 7. Letzterer zeichnete

1) J. Pieraerts, Les Matières azotées, Paris-Louvain 1906, p. 11; Ber. d. deutsch. chem. Ges. 23 (1890), S. 3203.

2) Bei den Längenangaben stehen die Halme in der Reihenfolge, in der sie hervorgetreten sind.

sich aus durch eine grössere Zahl von Blättern, nämlich 8. Die Länge des Wurzelkörpers erreichte 19,5, seine Breite 9, wobei sie sich nahezu auf seine halbe Länge ausdehnte. Die Mengen von Luft-trocken- und Trockensubstanz verteilten sich in folgender Weise: Halme = 0,214 resp. 0,1942 g; Wurzeln = 0,0675 resp. 0,061 g; ganze Pflanze = 0,2815 resp. 0,2552 g; W:H = 1:3,18.

Für die 6 Halme der Pflanze II wurden folgende Längen gefunden: 28,4, 27,7, 17,3, 1, 0,8, 0,6. Die Blattspreitenbreite des Haupthalmes betrug 3, diejenige des 1. Seitenhalmes 10. Während der Haupthalm 6 Blätter gebildet hatte, betrug ihre Anzahl beim 2. Halm 9. Der Wurzelkörper hatte die Länge 25,7 und die Breite 13, und zwar auf seiner ganzen oberen Hälfte. Die Luft-trockensubstanz- und Trockensubstanzmengen dieser Pflanze betrugen: Halme = 0,3635 resp. 0,3299 g; Wurzeln = 0,1115 resp. 0,1001 g; ganze Pflanze = 0,4750 resp. 0,4300 g; W:H = 1:3,3.

Die Mittelwerte gestalten sich damit, wie folgt:

Halmzahl = 5;

Trockensubstanzgewicht der Halme = 0,262 g, 1 Halmes = 0,0524 g;

„ der Wurzeln = 0,0805 g;

„ der ganzen Pflanze = 0,3426 „;

W:H = 1:3,24.

Die Alaninpflanzen haben also im Vergleich mit den ohne Stickstoffgabe aufgewachsenen Pflanzen eine gute Entwicklung erreicht, die sich auf alle Teile der Pflanze, darunter auch Triebe 2. Ordnung, bezieht. Die bei Gegenwart von Alanin zu beobachtende kräftige Entwicklung der Wurzeln ist dem Wachstum der ganzen Pflanze bestens zugute gekommen. Freilich differieren in betreff der Gewichtsmengen ihrer Organe die beiden Individuen untereinander. Jedenfalls beweist die mit dem Alanin erhaltene Produktionsgrösse der Pflanze, dass der Alaninstickstoff durchaus geeignet ist als Stickstoffquelle der höheren Pflanze zu dienen. Der Wert dieser Verbindung als Stickstoffnährstoff für die Pflanze spricht sich ferner darin aus, dass durch sie der Stickstoffgehalt der Pflanze stark erhöht wird. In Prozenten der Trockensubstanz beträgt dabei der Gesamtstickstoffgehalt 3,75. Die Bestimmung des Eiweissstickstoffs der Alaninpflanze konnte zwar nicht ausgeführt werden, weil dazu die geerntete Pflanzenmasse nicht ausreichend war. Diese Bestimmung ist eigentlich hier auch überflüssig, da das gute Wachstum bei diesem Stickstoffnährstoff

eine gute Assimilation desselben als Voraussetzung haben muss. Vielleicht erfolgt aber das Eindringen des Alanins ins Protoplasma schwieriger.

In betreff der Wirkung des Alanins auf die höhere Pflanze führen O. Schreiner und J. J. Skinner¹⁾ an, dass es das Wachstum von Weizen begünstigt. Auch Reed O. Brigham²⁾ findet, dass das Alanin eine gute Stickstoffquelle für Mais ist. Dagegen konstatieren H. B. Hutchinson und N. H. J. Miller³⁾ schlechtes Wachstum der Erbsen mit Alanin.

3. Ernährungsversuch mit Succinamid.

Das Succinamid wurde der Pflanze in der Menge von 0,2113 g geboten. Die Entwicklung der Pflanze ging bei der Ernährung mit Succinamidstickstoff in ganz ähnlicher Weise wie mit Alaninstickstoff vor sich.

Mit dem 4. Blatt waren die Pflanzen am 14. VIII, mit dem 5. am 19. VIII und mit dem 6. am 24. VIII versehen. Der 2. Halm begann sich bei beiden Pflanzen am 3. IX, der 3. am 5. IX zu entwickeln. Der 4. Halm trieb bei Pflanze I am 8. IX und bei Pflanze II am 10. IX hervor. In der Folge vergrößerte sich die Halmzahl noch weiter; so waren bei Pflanze II der 5. und 6. Halm am 12. X und bei Pflanze I der 5. am 15. X vorhanden. Aber die Mehrzahl der später hinzugekommenen Halme verharrte im Anfangsstadium der Entwicklung.

Bei Abschluss der Versuche waren die Längen der 10 Halme der Pflanze I folgende: 21,3, 35,5, 10,2, 6,6, 5,1, 2,5, 1,7, 1, 1, 0,8. Die Blattspreitenbreite des Haupthalmes betrug 3. Der Wurzelkörper besass die Länge 10,5 und die Breite 17; letztere erstreckte sich auf etwa ein Drittel seiner Länge. Die Bestimmung der Lufttrocken- und Trockensubstanz dieser Pflanze erfolgte mit folgendem Resultat: Halme = 0,23 resp. 0,2088 g; Wurzeln = 0,04 resp. 0,0359 g; ganze Pflanze = 0,27 resp. 0,2447 g; W:H = 1:5,82.

Pflanze II besass 8 Halme von folgenden Längen: 24,1, 25, 21,7, 5,7, 1,8, 1,8, 1,1. Die Blattspreitenbreite war die gleiche wie diejenige der Pflanze I. Bei dieser Pflanze wies der 1. Seitenhalm eine grössere Zahl von Blättern auf als der Haupthalm, nämlich 8. Die Länge des Wurzelkörpers wurde zu 11 und seine Breite zu 16, sich auf ca. 5 cm ausdehnend, gefunden. Folgende Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzgewichte wurden bei

1) U. S. Dept. Agr. Bur. Soils, Bull. 88, 1912.

2) l. c.

3) l. c.

dieser Pflanze ermittelt: Halme = 0,38 resp. 0,3449 g; Wurzeln = 0,0795 resp. 0,0714 g; ganze Pflanze = 0,4595 resp. 0,4163 g; W : H = 1 : 4,83.

Als Mittelwerte für die Succinamidpflanzen können folgende gelten :

Halmzahl = 9;

Trockensubstanzgewicht der Halme = 0,2768 g, 1 Halmes = 0,0308 g;

„ der Wurzeln = 0,0536 „;

„ der ganzen Pflanze = 0,3305 „;

W : H = 1 : 5,32.

Vergleicht man die Mittelwerte der Succinamidpflanzen mit denjenigen der Alaninpflanzen, so sieht man, dass die ersteren zum Teil höher, zum Teil niedriger als die letzteren sind. Die Halmzahl jener ist allerdings grösser, doch überragt ihr Gesamtgewicht wenig dasjenige der Alaninpflanzen, da unter ihnen sich mehrere ganz kurz gebliebene finden. Letztere haben auch das Durchschnittsgewicht 1 Halmes der Succinamidpflanzen ziemlich erniedrigt. Ein geringeres Wurzelgewicht ist für diese Pflanzen ebenfalls konstatierbar, wodurch auch die hohe Verhältniszahl zwischen den Wurzeln und Halmen erklärlich wird. Die durch die Wurzeln ausgeübte Depression macht ihren Einfluss auch auf das Gewicht der ganzen Pflanze geltend, das auf solche Weise etwas niedriger als bei den Alaninpflanzen erhalten wird. Äusserlich unterscheidet sich der Wurzelkörper dieser Pflanzen von demjenigen der Alaninpflanzen dadurch, dass er viel kürzer geblieben ist, sich aber mehr in seitlicher Richtung ausgebreitet hat. Diese Wurzel Ausbildung berechtigt schwerlich zum Schluss, dass das Succinamid die Wurzelentwicklung beeinträchtigt. Der Succinamidstickstoff ist für die Pflanze wohl leicht verfügbar und vermag auch gut in ihre Zellen einzudringen und dieselben zu durchdringen, daher ist eine Verlängerung der Wurzeln und Zellen für dieselbe von keinem Belang. Die Wurzelreduktion hat auch keineswegs eine minder gute Aufnahme des stickstoffhaltigen Körpers veranlasst, denn der Gesamtstickstoffgehalt der Trockensubstanz der oberirdischen Organe der Pflanze beläuft sich im Mittel auf 5,03%. Dieser Gehalt lässt auch eine gute Verwertung des dargereichten organischen Stickstoffs annehmen, was mit dem relativ hohen Gesamtgewicht der Pflanze in Einklang steht. Ein so hoher Gehalt an Gesamtstickstoff ist vom

Vf. nur noch für das Koniin, bei welchem Versuch es sich ebenfalls um eine jüngere Pflanze handelte, gefunden worden.

Andere Versuche mit Succinamid sind dem Vf. nicht bekannt.

4. Ernährungsversuch mit Succinimid.

Vom Succinimid bekamen die Pflanzen im ganzen 0,3606 g. Die Entwicklung der Pflanzen erfolgte dabei anfänglich in ähnlichem Tempo wie mit Succinamid, und erst im September stellten sich Störungen im Wachstum ein, die besonders die Weiterentwicklung der Pflanze II hintangehalten haben. Aber auch das Wachstum der Pflanze I hat sich mit dieser Substanz minder gut vollzogen.

Das 4. Blatt zeigte sich bei den Pflanzen am 15. VIII, das 5. am 19. VIII, das 6. am 25. VIII und das 7. am 31. VIII. Pflanze I trieb den 2. Halm am 8. IX und den 3. Halm am 10. IX hervor. Pflanze II bildete keine weiteren Halme und liess vom letzten Drittel des Septembers an Zeichen des Absterbens erkennen. Am 6. X konnte sie als eingegangen angesehen werden.

Bei der Beendigung des Versuchs hatte Pflanze I 3 Halme von folgenden Längen: 27,6, 24,5, 8,9. Die Blattspreitenbreite des Haupthalmes war 3, diejenige des 2. Halmes 5,5. Die Länge des Wurzelkörpers wurde zu 13,8 und seine Breite zu 15, und zwar nur in einer Ausdehnung von 4 cm, ermittelt; weiterhin war die Wurzelstärke eine sehr geringe. Die Wägung der Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen ergab folgendes Resultat:

$$\begin{aligned} \text{Halme} &= 0,172 \text{ resp. } 0,1561 \text{ g;} \\ \text{Wurzeln} &= 0,055 \text{ „ } 0,0494 \text{ „;} \\ \text{ganze Pflanze} &= 0,227 \text{ „ } 0,2055 \text{ „;} \\ \text{W : H} &= 1 : 3,16. \end{aligned}$$

Der einzige Halm der Pflanze II wies die Länge 19 auf. Die Blattspreitenbreite wich von derjenigen der Pflanze I nicht ab. In betreff des Wurzelkörpers ist zu bemerken, dass seine Länge 11,7 und seine Breite 3 ausmachte. Die Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen dieser Pflanze und ihrer Teile waren nachstehende: Halme = 0,075 resp. 0,0681 g; Wurzeln = 0,027 resp. 0,0242 g; ganze Pflanze = 0,102 resp. 0,0923 g; W : H = 1 : 2,81.

Die Berechnung von Mittelwerten ist wegen zu unvollkommener Entwicklung der Pflanze II nicht erfolgt. Das mittlere Trockensubstanzgewicht 1 Halmes der Pflanze I stellt sich auf 0,0520 g, kommt also demjenigen der Alaninpflanze gleich. Dagegen

steht aber die Gesamttrockensubstanzmenge der Halme und das Trockengewicht der ganzen Succinimidpflanze recht zurück hinter denjenigen der Alanin- und Succinamidpflanzen. Da die Wurzeln sich bei Pflanze I mehr seitlich verbreitet haben, kann von einer besonderen Beeinträchtigung des Wurzelwachstums durch das Succinimid kaum die Rede sein, was auch aus der Verhältniszahl erhellt. Jedenfalls ist man berechtigt zu behaupten, dass der durch das Succinimid bewirkte Wachstumseffekt geringer als der für das Succinamid erhaltene ist. Das Succinimid kann fraglos gut ins Innere der Zelle eindringen, wird aber wohl nicht leicht assimilierbar. Auf diese Weise häuft es sich an und kann dann bei höherer Konzentration die Lebensprozesse mehr oder minder stören, wie sich das besonders bei der Entwicklung der Seitenhalme zeigt. Auch das frühe Eingehen der Pflanze II würde sich so erklären lassen. Die reichliche Aufnahme dieser Stickstoffverbindung beweist der hohe Gesamtstickstoffgehalt dieser Pflanze, der vom Vf. im Mittel zu 4,87% bestimmt ist.

Ob andere Versuche mit Succinimid vorliegen, liess sich nicht feststellen.

5. Ernährungsversuch mit Acetonitril.

Von dem als Flüssigkeit existierenden Acetonitril wurden zwecks Gewährung der für die Pflanze nötigen Stickstoffgabe 0,1494 g abgewogen. In Gegenwart dieser organischen stickstoffhaltigen Substanz ging die Entwicklung der Haferpflanze insofern besser vonstatten, als sie bei beiden Versuchspflanzen übereinstimmender verlief und auch mehr Halme als von der Succinimidpflanze hervorgetrieben wurden.

Das 4. Blatt trat bei beiden Pflanzen am 14. VIII, das 5. am 20. VIII und das 6. und letzte des Haupthalmes am 25. VIII hervor. Beide Pflanzen bildeten den 1. Seitenhalm mit 7 Blättern aus. Derselbe wurde bei Pflanze I am 5. IX und bei Pflanze II am 7. IX sichtbar. Der 3. Halm wurde bei Pflanze I am 8. IX und bei Pflanze II am 10. IX beobachtet. In der späteren Vegetationsperiode entwickelten sich dann mehr oder minder noch 4 Halme bei Pflanze I und 2 bei Pflanze II. Als der Versuch zur Erntezeit unterbrochen wurde, waren die Resultate folgende.

Die 7 Halme der Pflanze I besaßen folgende Längen: 20,6, 17,8, 8,8, 7,5, 4,7, 1, 0,5. Die Blattspreitenbreite des Haupthalmes betrug 2, diejenige des 1. Seitenhalmes 7,5. Der Wurzelkörper hatte die Länge 11,5 und die Breite 10, aber nur auf einem Drittel seiner Länge. Folgende Lufttrockensubstanz- und Trocken-

substanzmengen wurden für Pflanze I gefunden: Halme = 0,144
 rsp. 0,131 g; Wurzeln = 0,038 rsp. 0,0341 g; ganze Pflanze = 0,182
 rsp. 0,1651 g; W : H = 1 : 3,84.

Pflanze II bestand aus 5 Halmen mit folgenden Längen: 19,1, 30,3 (mit 7 Blättern), 4,2, 1,9, 1,5. Die Blattspreitenbreiten zeigten hier dasselbe Verhalten wie bei Pflanze I. Der Wurzelkörper erreichte die Länge 15 und die Breite 8 in einer Ausdehnung von 4 cm. Ermittelt wurden folgende Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen der Pflanze II: Halme = 0,1392 rsp. 0,1263 g; Wurzeln = 0,0338 rsp. 0,0304 g; ganze Pflanze = 0,1730 rsp. 0,1567 g; W : H = 1 : 4,15.

Demnach ergeben sich folgende Mittelwerte für die Acetonitrilpflanzen:

Halmzahl = 6 ;

Trockensubstanzgewicht der Halme = 0,1286 g, 1 Halmes = 0,0214 g;

„ der Wurzeln = 0,0322 „ ;

„ der ganzen Pflanze = 0,1609 „ ;

W : H = 1 : 4.

Auf Grund dieser Mittelwerte und des Entwicklungsverlaufes der Pflanzen lässt sich schliessen, dass dieselben bei Gegenwart von Acetonitril eine Zeitlang energisch wachsen, dass darauf aber die Wachstumsintensität nachlässt, so dass der Produktionseffekt ähnlich wie beim Succinimid nicht hoch wird, indem sowohl das Gesamtgewicht der Pflanze, als auch das Gewicht einzelner Teile derselben hinter denjenigen der übrigen bisher betrachteten Versuchspflanzen dieser Versuchsreihe (selbstverständlich ausgenommen die Hydrazinpflanzen) zurückbleiben. Behindert ist auch das Wurzelwachstum gewesen, denn der Wurzelkörper ist, wie obige Angaben zeigen, schwächer entwickelt. Das kommt auch zum Ausdruck in der betreffenden Verhältniszahl. Der ermittelte Gehalt an Gesamtstickstoff, der in Prozenten der Trockensubstanz dieser Pflanzen 4,05 beträgt, gehört in jedem Falle zu den hohen, so dass die Annahme gerechtfertigt ist, dass auch das Acetonitril von der Pflanze verhältnismässig leicht aufgenommen wird. Die Eiweissbildung aus seinem Stickstoff scheint aber doch schwieriger, ähnlich wie aus dem Succinimidstickstoff, zu erfolgen, was das verhältnismässig niedrige Trockensubstanzgewicht der Pflanzen und ihrer Teile beweist. Letzteres zeigt deutlich der Vergleich desselben mit demjenigen der Alanin- und Succinamid-

pflanzen. Das Trockensubstanzgewicht der Acetonitrilpflanze steht am nächsten dem der Succinimidpflanze.

Physiologen und Agrikulturchemiker sind der Meinung, dass die Nitrile, soweit sie nicht direkt giftig sind, mit ihrem Stickstoff die Pflanze nicht zu ernähren vermögen. Das Acetonitril hat sich nach den Versuchen des Vf.'s weder als giftig noch als unvermögend der Pflanze Stickstoff zu liefern gezeigt. Seine Entwicklungskraft ist aber keine bedeutende. Es kommt gewiss wieder auf die Pflanzenspezies an, mit denen die Versuche zur Ausführung kommen. In einigen Fällen sind zu den Versuchen mit Nitrilen Hülsenfrüchter angewandt worden. Man muss aber bekennen, dass die Frage der Wirkung der Nitrile noch zu wenig geklärt ist.

6. Ernährungsversuch mit Ortho-Nitrotoluol.

Von dieser ebenfalls eine Flüssigkeit vorstellenden Stickstoffverbindung hatten die Versuchspflanzen 0,499 g zu erhalten. Diese Substanz gab ein negatives Ernährungsergebnis. Den Verlauf der Entwicklung der Pflanzen kennzeichnen folgende Daten.

Das 4. Blatt zeigte sich bei den Pflanzen am 15. VIII. Kurz vor dem Erscheinen des 5. Blattes war bei den Pflanzen eine Abnahme des Turgors konstatierbar. Das 5. Blatt trat bei Pflanze I am 21. und bei Pflanze II am 22. VIII. hervor. Die Spitze dieses Blattes war bei letzterer Pflanze gelb gefärbt. Das 6. Blatt kam nur bei Pflanze I zum Vorschein, und zwar am 28. VIII. Gleich darauf stellte sich Welken ein, das schon einige Tage früher bei Pflanze II beobachtet werden konnte. Anfang September begannen die Halme beider Pflanzen abzutrocknen. Ein 2. Halm wurde nur bei Pflanze I am 4. IX. sichtbar. Aber bereits vor Mitte September ging die Pflanze ein. Pflanze II eilte ihr damit sogar um einige Tage voraus.

Bei Pflanze I hatte der Haupthalm die Länge 8 und der Seitenhalm die Länge 1,3. Die Blattspreitenbreite mass 2,2. Der Wurzelkörper wies die Länge 8,5 und die Breite 3 bei sehr geringer Ausdehnung auf. Die Bestimmung der Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen ergab folgendes Resultat: Halme = 0,0485 resp. 0,044 g; Wurzeln = 0,0085 resp. 0,0076 g; ganze Pflanze = 0,0570 resp. 0,0516 g; W : H = 1 : 5,8.

Der einzige Halm der Pflanze II besass die Länge 9,9. Für die Blattspreitenbreite wurde dieselbe Grösse wie bei Pflanze I festgestellt. Der Wurzelkörper hatte die Länge 10,5 und war ebenfalls von geringer Stärke. Von den ermittelten Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen entfielen auf: Halme = 0,05

rsp. 0,0454 g; Wurzeln = 0,014 rsp. 0,0126 g; ganze Pflanze = 0,064 rsp. 0,0580 g; W:H = 1:3,6.

Mithin stellen sich die Mittelwerte, wie folgt:

Halmzahl = 1,5;

Trockensubstanzgewicht der Halme = 0,0447 g, 1 Halme = 0,0298 g;

„ der Wurzeln = 0,0101 „;

„ der ganzen Pflanze = 0,0548 „;

W:H = 1:4,7.

Das Resultat dieses Versuchs lässt sich dahin zusammenfassen, dass das o-Nitrotoluol nicht geeignet ist als Stickstoffquelle für die Pflanze zu dienen, ja, dass es direkt ihr Wachstum hemmt und vorzeitig sistiert. Die dabei erhaltene Menge von Pflanzensubstanz ist daher geringer als in dem Falle, wenn die Pflanze keinen Stickstoff zugeführt erhält. Die Schädigung des Wachstums kommt mehr oder minder gleich der durch das Hydrazin ausgeübten. Freilich scheint das o-Nitrotoluol mehr als das Hydrazin das Wurzelwachstum zu beeinträchtigen. Darauf weist auch die gefundene Verhältniszahl hin, die zugleich anzeigt, dass die Halmentwicklung der Pflanzen sich relativ besser gestaltet hat. Die geringen Erntemengen ermöglichten natürlich nicht die Bestimmung des Stickstoffgehalts der mit o-Nitrotoluol ernährten Pflanzen.

Einwandfreie Versuche mit dem o-Nitrotoluol bei der höheren grünen Pflanze fehlten bisher.

7. Ernährungsversuch mit Trinitrotoluol.

Jede Versuchspflanze bekam bei der ganzen Stickstoffgabe 0,2755 g dieser Substanz. Das Entwicklungstempo der Pflanzen war bei Gegenwart von Trinitrotoluol ähnlich wie bei o-Nitrotoluol.

Das 4. Blatt war am 15. VIII sichtbar. Zugleich trat Rosafärbung der Würzelchen auf. Sie wandelte sich allmählich in Röte um, die auch beim Abschluss des Versuchs vorhanden war. Dabei entwickelten sich die Pflanzen bis zum Erscheinen des 5. Blattes schwächer als die Nitrotoluolpflanzen. Das 5. Blatt kam bei Pflanze I am 21. VIII und bei Pflanze II am 22. VIII hervor. Beide Pflanzen liessen auch ein 6. Blatt hervortreten, und zwar Pflanze I am 27. VIII und Pflanze II am 28. VIII. Um den 11. IX war das Chlorophyll aus der Spitze des jüngsten Blattes der Pflanze I geschwunden und nach einiger Zeit folgte das Abtrocknen dieses sowie der übrigen Blätter und des oberen Halmteiles. Derartige Erscheinungen wurden bei Pflanze II, die auch nahezu im Wachstum stillstand, eine Woche später beobachtet. Es kam aber bei beiden Pflanzen doch noch zum Erscheinen von Reservetrieben, die, freilich sich kaum entwickelnd, bis zur Vornahme der Aberntung frisch blieben.

Der Haupthalm der Pflanze I wies die Länge 9,6 auf und die Seitenhalme die Längen: 1,5, 1,5, 1,3. Die Blattspreitenbreite betrug 2. Als Länge des Wurzelkörpers wurde 10,8 und als Breite desselben 4 festgestellt. Wie bereits bemerkt, waren die Wurzeln von roter Färbung. Folgende Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzgewichte wurden für diese Pflanze gefunden: Halme = 0,047 resp. 0,0427 g; Wurzeln = 0,011 resp. 0,0099 g; ganze Pflanze = 0,058 resp. 0,0526 g; W : H = 1 : 4,31.

Die Längen der 3 Halme der Pflanze II waren folgende: 11,4, 1,5, 0,5. Die Blattspreitenbreite war gleichen Betrages wie diejenige der Pflanze I. Die Länge des Wurzelkörpers betrug 10,3 und die Breite desselben 3,5. Die Wurzeln waren ebenfalls rot gefärbt. Die Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen verteilten sich folgendermassen: Halme = 0,048 resp. 0,0436 g; Wurzeln = 0,010 resp. 0,009 g; ganze Pflanze = 0,058 resp. 0,0526 g; W : H = 1 : 4,84.

Diese Daten, die bei beiden Pflanzen fast gleich sind, ergeben folgende Mittelwerte:

$$\begin{aligned} \text{Halmzahl} &= 3,5; \\ \text{Trockensubstanzgewicht der Halme} &= 0,0431 \text{ g, } 1 \text{ Halme} = 0,0123 \text{ g;} \\ \text{„ der Wurzeln} &= 0,0094 \text{ „;} \\ \text{„ der ganzen Pflanze} &= 0,0525 \text{ „;} \\ \text{W : H} &= 1 : 4,57. \end{aligned}$$

Diese Werte berechtigen zu dem Schluss, dass auch das Trinitrotoluol nicht geeignet ist die Kulturpflanze mit Stickstoff zu versorgen und dass es sie auch schädigt. Die schädigende Wirkung des Trinitrotoluols geht aber nicht so weit, wie diejenige des Nitrotoluols, denn das Wachstum wird nach einer gewissen Zeit allerdings minim, aber es wird nicht vorzeitig völlig sistiert und die Pflanze wird nicht einzugehen veranlasst. Das dabei erhaltene Pflanzengewicht fällt aber freilich klein aus und bleibt hinter demjenigen der des Stickstoffzusatzes entbehrenden Pflanze nicht wenig zurück. Wie das Nitrotoluol, so beeinträchtigt auch das Trinitrotoluol besonders die Wurzelentwicklung. Das rote Pigment der Wurzeln lässt auch ohne weiteres diesen Schluss zu.

Bisher liegt nur dieser einzige Vegetationsversuch mit Trinitrotoluol vor.

8. Ernährungsversuch mit Meta-Nitrophenol.

Nachdem bereits in der 2. Versuchsserie des Jahres 1900 das o-Nitrophenol als stickstoffhaltige Nährsubstanz zur Prüfung gekommen war, wurden in dieser Serie das m- und p-Nitrophenol dazu gewählt. Der für die Pflanze nötigen Stickstoffgabe entsprechen Mengen letzterer Verbindungen im Betrage von 0,5062 g. Wie das o-Nitrophenol, hat sich auch das m-Nitrophenol als das Wachstum sistierend gezeigt; freilich trat bei letzterem diese Wirkung später ein.

Nachdem am 15. VIII bei beiden Pflanzen das 4. Blatt hervorgetreten war, folgte am 20. VIII das 5. Wenige Tage später konnte das Gelbwerden und Abtrocknen der unteren Blätter der Pflanzen beobachtet werden. Während letzteres seinen Fortgänger nahm, kam noch am 26. VIII das 6. Blatt hervor. Das war das letzte Zeichen eines Wachstums, und dann ging das Abtrocknen mit um so grösserer Energie vor sich. Am 31. VIII konnten die Pflanzen als abgestorben betrachtet werden. Die Wurzeln zeigten keine Missfärbung.

Der Halm der Pflanze I besass die Länge 9,6. Die Blattspreitenbreite war 2. Die Länge des Wurzelkörpers betrug 12, seine Breite 3, und zwar erstreckte sie sich auf die halbe Länge desselben. Folgende Mengen von Lufttrocken- und Trockensubstanz wurden für die Pflanze gefunden: Halm = 0,046 resp. 0,0417 g; Wurzeln = 0,0075 resp. 0,0067 g; ganze Pflanze = 0,0535 resp. 0,0484 g; W:H = 1:6,22.

Die Halmlänge der Pflanze II betrug 8,8. Die Blattspreitenbreite war gleich derjenigen von Pflanze I. Die Länge des Wurzelkörpers wurde zu 11 bei ebenfalls geringer Breite ermittelt. Die Bestimmung der Lufttrocken- und Trockensubstanz ergab folgendes Resultat: Halm = 0,051 resp. 0,0463 g; Wurzeln = 0,012 resp. 0,0108 g; ganze Pflanze = 0,063 resp. 0,0571 g; W:H = 1:4,29.

Obige Einzeldaten ergeben folgende Mittelwerte:

Halmzahl = 1;

Trockensubstanzgewicht des Halmes = 0,044 g;

„ der Wurzeln = 0,0087 „;

„ der ganzen Pflanze = 0,0527 „;

W:H = 1:5,26.

Wie vom Vf. bereits früher das o-Nitrophenol als schädlich für die höhere grüne Pflanze befunden wurde, so zeigte sich dasselbe hier beim m-Nitrophenol. Doch konnte in letzterem Falle die Pflanze um einige Tage länger das Leben fortsetzen. Die Wurzeln der m-Nitrophenolpflanzen litten aber mehr als bei der Einwirkung

von o-Nitrophenol. Die stärkere Schädigung der Wurzeln durch das m-Nitrophenol findet auch Ausdruck im weiten Verhältnis zwischen Wurzel- und Halmmasse. Nicht in gleichem Grade wie die Wurzeln werden demnach die oberirdischen Teile der Pflanzen durch das m-Nitrophenol im Wachsen gehemmt, wie das die gefundenen Halmgewichte verdeutlichen.

9. Ernährungsversuch mit Para-Nitrophenol.

A priori sei bemerkt, dass die Para-Verbindung sich ebenfalls als das Wachstum der Kulturpflanze sistierend erwies.

Die Pflanzen zeigten das Erscheinen des 4. Blattes am 15. VIII und des 5. am 20. VIII. Schon früh konnte das Schwinden des Chlorophylls bei den älteren Blättern beobachtet werden, und nicht lange liess ihr Abtrocknen auf sich warten, das schnelle Fortschritte machte und auch die jüngeren Blätter ergriff, so dass die Pflanzen nahezu um dieselbe Zeit wie die Pflanzen, denen der Stickstoff in Form von m-Nitrophenol gewährt wurde, eingingen.

Der Halm der Pflanze I war von der Länge 9,1. Die Blattspreitenbreite stellte sich auf 2,5; die Blätter hatten sich also etwas besser als bei den m-Nitrophenolpflanzen entwickelt. Die Länge des Wurzelkörpers betrug 10,5; die Breite desselben war allerdings gering (3), aber die Verzweigung eine stärkere. Die Wurzelfarbe war normal. Die Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen der Pflanze und ihrer Teile verteilten sich folgendermassen: Halm = 0,038 resp. 0,0345 g; Wurzeln = 0,012 resp. 0,0108 g; ganze Pflanze = 0,050 resp. 0,0453 g; W:H = 1:3,2.

Der Halm der Pflanze II hatte die Länge 8. Die Blattspreite war von derselben Breite wie bei Pflanze I. Die Länge des Wurzelkörpers wurde zu 12 gefunden. Im übrigen war er ebenso wie bei der Parallelpflanze beschaffen. Von der bestimmten Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmenge kamen auf: Halm = 0,038 resp. 0,0345 g; Wurzeln = 0,017 resp. 0,0153 g; ganze Pflanze = 0,055 resp. 0,0498 g; W:H = 1:2,26.

Obigen Befunden gemäss ergeben sich folgende Mittelwerte:

Halmzahl = 1;

Trockensubstanzgewicht des Halmes = 0,0345 g;

„ der Wurzeln = 0,013 „;

„ der ganzen Pflanze = 0,0475 „;

W:H = 1:2,73.

Dieses Resultat zeigt, dass die Wurzelentwicklung sich bei Gegenwart von p-Nitrophenol besser als mit m-Nitrophenol ge-

staltet. Doch hat sich dabei die Halmentwicklung nicht gebessert. Immerhin ist aber letztere in diesen beiden Fällen besser als bei der Darbietung von o-Nitrophenol. Diesem Versuch zufolge hat also das p-Nitrophenol die höhere Pflanze weniger geschädigt als die beiden anderen isomeren Nitrophenole. Nach Th. Bokorny¹⁾ soll es für die Algen giftiger als das o-Nitrophenol sein.

Das Endresultat der Prüfungsversuche mit den Nitrophenolen lässt sich dahin zusammenfassen, dass sie durchaus ungeeignet sind die Pflanze mit Stickstoff zu versorgen und dass sie das vorzeitige Eingehen der Pflanze (nach 18—21 Tagen) veranlassen. Auch bei den Keimungsversuchen W. Sigmunds²⁾ erwiesen sich die Nitrophenole als giftig.

10. Ernährungsversuch mit Ortho-Nitranilin.

Die der Stickstoffnorm der Pflanze entsprechende Menge dieser Substanz beträgt 0,2513 g.

Das Hervortreten der Blätter wurde bei der Darreichung dieser organischen Stickstoffverbindung an den folgenden Tagen beobachtet: des 4. am 15. VIII, des 5. am 19. VIII und des 6. am 25. VIII. Auch ein 7. Blatt bildete Pflanze I am 1. IX. Der 2. Halm wurde bei Pflanze II am 6. IX und der 3. am 8. IX sichtbar. An letzterem Tage trieb der 2. Halm bei Pflanze I hervor. Am 15. IX wurde bei dieser Pflanze der 3. Halm, und bei Pflanze II der 4. beobachtet. Der 4. Halm der Pflanze I zeigte sich am 26. IX. Die 2 jüngsten Halme beider Pflanzen blieben Reservetriebe. Das Abtrocknen der Pflanzen setzte mit dem Beginn des Oktobers ein und hatte nach 2—3 Wochen das Eingehen derselben zur Folge. Die abgestorbenen Teile der Pflanzen waren von gelber Färbung.

Die 4 Halme der Pflanze I besaßen folgende Längen: 22,5, 6, 0,7, 0,5. Die Breite der Blattspreite betrug 2,5. Die Länge des Wurzelkörpers mit der Basisbreite 3 erreichte 16,3. Folgende Mengen Lufttrocken- und Trockensubstanz wurden für die Pflanze gefunden: Halme = 0,081 resp. 0,0735 g; Wurzeln = 0,0145 resp. 0,013 g; ganze Pflanze = 0,0955 resp. 0,0865 g; W:H = 1:5,65.

Pflanze II hatte ebenfalls 4 Halme mit den Längen: 21, 4,5, 1, 0,5. Die Blattspreitenbreite war die gleiche wie bei Pflanze I. Der Wurzelkörper wies die Länge 16,5 und eine der Pflanze I ähnliche Breite auf. Die Bestimmung der Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzgewichte ergab folgendes Resultat: Halme = 0,0845 resp. 0,0767 g; Wurzeln = 0,0155 resp. 0,0139 g; ganze Pflanze = 0,1000 resp. 0,0906 g; W:H = 1:5,52.

1) Jahresber. f. Agrik.-Chem. Jahrg. 39 (1896), S. 269.

2) l. c.

Die Mittelwerte sind daher nachstehende:

$$\begin{aligned}\text{Halmzahl} &= 4; \\ \text{Trockensubstanzgewicht der Halme} &= 0,0751\text{g}, 1 \text{ Halme} = 0,0188\text{g}; \\ \text{„ der Wurzeln} &= 0,01345 \text{ „}; \\ \text{„ der ganzen Pflanze} &= 0,08855 \text{ „}; \\ \text{W : H} &= 1 : 5,58.\end{aligned}$$

Diese Resultate sind dahin zu interpretieren, dass der o-Nitranilinstickstoff der höheren grünen Pflanze nicht zur Ernährung zu dienen vermag, in welcher Hinsicht zwischen den verschiedenen Pflanzenspezies wohl kaum wesentliche Unterschiede bestehen werden. Indifferenz in ihrem Verhalten dieser Versuchspflanze gegenüber kann der in Frage stehenden stickstoffhaltigen Substanz auch nicht zugesprochen werden, da sie, freilich später, Schädigung der Pflanzen bewirkt. Die Schädigung zeigt sich vor allem darin, dass das Pflanzenwachstum gehemmt wird und die Pflanzen schon vor Abschluss der Versuche absterben. Unter den Pflanzenorganen macht sich die Schädigung besonders bei den Wurzeln bemerklich, die zugleich Kennzeichen des Stickstoffhungetiolements aufweisen.

Versuche betreffend die Frage der Verwertung des Nitranilinstickstoffs von seiten der höheren grünen Pflanze fehlten bisher.

11. Ernährungsversuch mit Meta-Phenylendiamin.

Angewandt wurde salzsaures m-Phenylendiamin. Jede Pflanze bekam davon als Maximaldosis 0,3294 g. Der Entwicklungsgang der Pflanzen war dabei folgender.

Das 4. Blatt der Pflanzen zeigte sich am 15. VIII, das 5. am 19. VIII und das 6. am 25. VIII. Einige Tage nach dem Beginn der Darreichung der stickstoffhaltigen Lösung trat eine Verfärbung der Wurzeln auf, die sich mit der Zeit in der Intensität steigerte, so dass sie bei dem Abbrechen des Versuchs vollständig schwarz gefärbt waren. Am 7. IX wurde bei beiden Pflanzen der 2. Halm beobachtet. Ein 3. Halm kam nur bei Pflanze II um den 10. IX zum Vorschein. Von diesem Zeitpunkt an wuchsen die Pflanzen nur schwach, und nach ungefähr 1 Monat begann ihr Abtrocknen, das aber bis zum Abschluss der Versuche noch nicht das Absterben der Pflanzen herbeigeführt hatte.

Die Längen der 2 Halme der Pflanze I waren 19 und 7,5. Die Blattspreitenbreite mass 2. Der Wurzelkörper hatte die Länge 10 und war in der oberen Hälfte mehr verzweigt; seine Basisbreite betrug 3. Er war auch, wie hervorgehoben, von schwarzer Farbe. Dunkle Färbung zeigte auch die Halmbasis der Pflanze. Die Luft-

trockensubstanz- und Trockensubstanzmengen verteilten sich folgendermassen: Halme = 0,0831 resp. 0,0754 g; Wurzeln = 0,0098 resp. 0,0088 g; ganze Pflanze = 0,0929 resp. 0,0842 g; W:H = 1:8,57.

Die 3 Halme der Pflanze II zeigten die Längen: 18,6, 4,3, 1. Die Blattspreitenbreite wurde zu 2 gefunden. Die Länge des Wurzelkörpers betrug 11,5; im übrigen war derselbe ebenso wie bei Pflanze I beschaffen. Die Halmbasis auch dieser Pflanze war dunkel gefärbt. Folgende Mengen von Lufttrocken- und Trockensubstanz ergaben sich bei dieser Pflanze: Halme = 0,081 resp. 0,0735 g; Wurzeln = 0,016 resp. 0,0144 g; ganze Pflanze = 0,097 resp. 0,0879 g; W:H = 1:5,1.

Es gelten daher für diese Pflanzen folgende Mittelwerte:

$$\text{Halmzahl} = 2,5;$$

Trockensubstanzgewicht der Halme = 0,0744 g, 1 Halmes = 0,0298 g;

„ der Wurzeln = 0,0116 „;

„ der ganzen Pflanze = 0,0860 „;

$$\text{W:H} = 1:6,83.$$

Das Versuchsergebnis berechtigt zu dem Urteil, dass das m-Phenylendiamin ebenfalls zu den Substanzen, welche die Pflanze mit ihrem Stickstoff nicht ernähren können, gehört. Eine Benachteiligung der Pflanze durch diese Substanz lässt sich insofern konstatieren, als sich das Wurzelwachstum merklich behindert zeigt. Ein derartiger Einfluss war vorauszusehen in Anbetracht der Verfärbung der Wurzeln, die bereits früh auftrat. Einen sehr deutlichen Hinweis auf die Wurzelschädigung gibt auch das gefundene überaus weite Verhältnis zwischen Wurzel und Halm. Ganz hervorragend in dieser Hinsicht ist die für Pflanze I erhaltene Verhältnisgrösse. Eine besondere Rückwirkung der Wurzelbenachteiligung auf das Wachstum der oberirdischen Pflanzenteile lässt sich nicht feststellen. In dieser Beziehung hat sich das m-Phenylendiamin, kann man sagen, indifferent verhalten.

12. Ernährungsversuch mit Para-Phenylendiamin.

Das p-Phenylendiamin kam ebenfalls als salzsaure Verbindung zur Anwendung, und zwar, wie gleich bemerkt sei, mit negativem Erfolge. Der Wachstumsverlauf war ähnlich dem bei m-Phenylendiamin beobachteten.

Das 4. Blatt war bei den Pflanzen am 15. VIII, das 5. am 19. VIII und das 6. am 26. VIII sichtbar. Einige Tage nach dem Versuchsbeginn machte sich die Verfärbung der Wurzeln kenntlich, die allmählich immer intensiver wurde. Der 2. Halm wurde von beiden Pflanzen am 8. IX und der 3. am 10. IX hervorgetrieben. Der 4. Halm kam in der Folge bei Pflanze I hervor, entwickelte sich aber ebenso wie der 3. nicht weiter. Also veranlasst auch das p-Phenylendiamin eine ähnliche Wachstumshemmung und -sistierung, wie das m-Phenylendiamin. Das Abtrocknen der Pflanzen erfolgte in Gegenwart dieser Verbindung sogar schneller. Bereits um die Mitte Oktober waren beide Pflanzen abgestorben.

Die Längen der 4 Halme der Pflanze I betrugen: 16, 4,4, 0,9, 0,5. Die Blattspreitenbreite war 2. Die Länge des Wurzelkörpers wurde zu 9,8 gefunden. Derselbe war verzweigter an seiner Basis (Breite = 3) und von schwarzer Färbung. Folgende Mengen an Lufttrocken- und Trockensubstanz wurden bei der Bestimmung gefunden: Halme = 0,0525 resp. 0,0476 g; Wurzeln = 0,0105 resp. 0,0094 g; ganze Pflanze = 0,0630 resp. 0,0570 g; W : H = 1 : 5,06.

Pflanze II besass 3 Halme mit den Längen: 16,2, 2,2, 0,8. Die Blattspreitenbreite war die gleiche wie bei Pflanze I. Der Wurzelkörper wies die Länge 9,5 auf und war sonst ebenso beschaffen wie derjenige der Pflanze I. Die Wägung ergab folgende Mengen an Lufttrocken- und Trockensubstanz für diese Pflanze: Halme = 0,063 resp. 0,0572 g; Wurzeln = 0,0125 resp. 0,0112 g; ganze Pflanze = 0,0755 resp. 0,0684 g; W : H = 1 : 5,11.

Aus den obigen Angaben erhält man folgende Mittelwerte:

$$\text{Halmzahl} = 3,5;$$

$$\text{Trockensubstanzgewicht der Halme} = 0,0524 \text{ g, 1 Halme} = 0,0150 \text{ g;}$$

$$\text{„ der Wurzeln} = 0,0103 \text{ „;}$$

$$\text{„ der ganzen Pflanze} = 0,0627 \text{ „;}$$

$$\text{W : H} = 1 : 5,08.$$

Die mit p-Phenylendiamin erhaltenen Produktionsmengen der Pflanzen sind also geringer als diejenigen der m-Phenylendiaminpflanzen, was wohl dem Umstande zuzuschreiben ist, dass das Wachstum und die Lebensfunktionen der betreffenden Pflanzen früher sistiert wurden. Auch die Wurzelschädigung ist noch gesteigert gegenüber den mit m-Phenylendiamin gewachsenen Pflanzen. Trotzdem es sich in diesem Falle um eine Para-Verbindung handelt, gehört sie doch zu denjenigen Substanzen, deren Stickstoff nicht Verwertung finden kann, und die dazu noch die Pflanze schädigen.

Versuche mit Phenylendiaminen sind in der Literatur nicht anzutreffen. Von Reed O. Brigham¹⁾ ist das Diphenylamin mit dem Resultat geprüft worden, dass Maiskeimpflanzen, auf Agar mit dieser Substanz gebracht, unter Wurzelbräunung innerhalb 24 Stunden getötet wurden.

13. Ernährungsversuch mit Benzamid.

Von dieser Verbindung erhielt jede Pflanze 0,4414 g. Der Entwicklungsgang war dabei folgender.

Was zunächst das Erscheinen der Blätter anbetrifft, so findet sich hier nahezu dieselbe Regelmässigkeit wieder, die von den früher besprochenen Verbindungen aus dieser Versuchsserie her bekannt ist: am 15. VIII zeigte sich das 4. Blatt, am 20. VIII das 5. und am 25. VIII das 6. Der 2. Halm war bei beiden Pflanzen am 4. IX sichtbar. Der 3. Halm trat nur bei Pflanze I am 8. IX hervor. Die Seitenhalme wuchsen entweder gar nicht oder äusserst schwach. Als bald starben dann auch die Pflanzen ab, als erste Pflanze I und bald darauf, am 20. IX, Pflanze II.

Pflanze I wies 3 Halme von den Längen: 20,5, 1, 0,8 auf. Die Blattspreite hatte die Breite 3. Der relativ gut entwickelte Wurzelkörper besass die Länge 11 und die Breite 3. Folgende Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzgewichte wurden für diese Pflanze gefunden: Halme = 0,059 resp. 0,0535 g; Wurzeln = 0,015 resp. 0,0135 g; ganze Pflanze = 0,074 resp. 0,0670 g; W : H = 1 : 3,96.

Die 2 Halme der Pflanze II besaßen die Längen 23 und 4,7. Die Blattspreite war ungefähr so breit wie diejenige der Pflanze I. Der Wurzelkörper dieser Pflanze war gestreckter entwickelt, erinnernd an denjenigen bei Stickstoffhungeretiolement; seine Länge betrug 19,5. Von den Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen entfielen auf: Halme = 0,0714 resp. 0,0648 g; Wurzeln = 0,02 resp. 0,018 g; ganze Pflanze = 0,0914 resp. 0,0828 g; W : H = 1 : 3,6.

Demnach sind die Mittelwerte nachstehende:

$$\text{Halmzahl} = 2,5;$$

$$\text{Trockensubstanzgewicht der Halme} = 0,0591 \text{ g, } 1 \text{ Halmes} = 0,02364 \text{ g;}$$

$$\text{„ der Wurzeln} = 0,0157 \text{ „;}$$

$$\text{„ der ganzen Pflanze} = 0,0749 \text{ „;}$$

$$\text{W : H} = 1 : 3,78.$$

1) l. c.

Die Resultate des Versuchs besagen unzweideutig, dass das Benzamid unzersetzt nicht geeignet ist der höheren Pflanze als Stickstoffquelle zu dienen. Der Stickstoff dieser Verbindung hat nach der Meinung des Verfassers kaum Assimilation erfahren. Leider ist wegen des geringen Erntequantums der in der gebildeten Pflanzensubstanz enthaltene Stickstoff nicht bestimmt worden. Jedenfalls muss das Benzamid auch zu den die höhere grüne Pflanze schädigenden Substanzen gezählt werden, obgleich hierbei auch die Pflanzenspezies eine Rolle spielen dürfte. Die Wurzelentwicklung des Hafers ist dabei bis zur Sistierung der Lebensfähigkeit desselben relativ wenig beeinträchtigt worden, wie das auch durch ihre im Mittel erhaltene Trockensubstanzmenge angezeigt wird. Stärker prägt sich die Schädigung bei den im Luftmedium gebildeten Pflanzenteilen aus. Ein Vergleich ihrer Menge mit derjenigen der Pflanzen, denen der Stickstoff im Versuch vorenthalten wurde, begründet diese Tatsache am sichersten. Der Pflanze war es natürlich nur so lange normal zu wachsen möglich, als die in den Zellen aufgespeicherte Substanz noch nicht die Lebensfunktionen hemmte und sistierte. Der letztere Moment trat nach einer kurzen Übergangsperiode, der Hemmungsperiode, verhältnismässig wenig vermittelt auf.

In den letzten Jahrzehnten sind Versuche mit Benzamid von R. O. Brigham¹⁾ ausgeführt worden. Bei seinen Versuchen mit 2 Maissorten war das Benzamid in solchem Masse schädlich, dass die Pflanzen nach 3—20 Tagen abstarben.

14. Ernährungsversuch mit Ortho-Nitrobenzoesäure.

Wie bereits erwähnt wurde, sind ferner Versuche mit den drei isomeren Nitrobenzoesäuren ausgeführt worden. Von den Nitrobenzoesäuren wurde 0,6081 g abgewogen, wenn die Pflanze die Maximaldosis an Stickstoff zu erhalten hatte. Vor dem Hineinsetzen der Pflanzen in die Lösungen dieser Säuren wurden sie stets mit schwacher Natronlauge neutralisiert. Zunächst sei das Verhalten der Pflanze in Gegenwart der o-Nitrobenzoesäure berücksichtigt.

Das 4. Blatt dieser Pflanzen kam am 15. VIII, das 5. am 20. VIII und das 6. am 28. VIII hervor. Letzteres Blatt trat also später hervor, als es bei den meisten Pflanzen dieser Versuchsserie der Fall war. In dieser Beziehung war

1) l. c.

zu konstatieren Übereinstimmung des Verhaltens der Pflanzen mit demjenigen der o-Nitrotoluol und Trinitrotoluol zwecks Versorgung mit Stickstoff erhaltenen Pflanzen. Was das Auftreten von Seitenhalmen betrifft, so konnte der 2. Halm am 4. IX und der 3. am 5. IX beobachtet werden. Eine Woche später begann aber das Abtrocknen der oberirdischen Organe. Pflanze I trieb allerdings noch einen 4. Halm am 18. IX hervor, aber der Abtrocknungsprozess ging dabei weiter, und zwar in gesteigertem Tempo, so dass kurz nach dem Beginn des letzten Drittels des Septembers die Pflanzen abgestorben waren.

Die Längen der 4 Halme der Pflanze I waren folgende: 22, 8, 3, 1. Die Breite der Blattspreite mass 2,5. Die Messung des Wurzelkörpers, der an der Basis verzweigter (Breite = 3) war, ergab die Länge 9. Die Mengen von Lufttrocken- und Trockensubstanz der Pflanze verteilten sich, wie folgt: Halme = 0,066 resp. 0,0599 g; Wurzeln = 0,0145 resp. 0,013 g; ganze Pflanze = 0,0805 resp. 0,0729 g; W:H = 1:4,61.

Die 3 Halme der Pflanze II hatten die Längen: 22,8, 10,2, 2. Die Blattspreitenbreite differierte nicht von derjenigen der Pflanze I. Die Länge des Wurzelkörpers erreichte 16,8. Von der bestimmten Lufttrocken- und Trockensubstanz kamen auf: Halme = 0,077 resp. 0,0699 g; Wurzeln = 0,013 resp. 0,0117 g; ganze Pflanze = 0,090 resp. 0,0816 g; W:H = 1:6.

Folgende Mittelwerte können daher berechnet werden:

$$\text{Halmzahl} = 3,5;$$

$$\text{Trockensubstanzgewicht der Halme} = 0,0649 \text{ g, 1 Halme} = 0,0185 \text{ g;}$$

$$\text{„ der Wurzeln} = 0,01235 \text{ „;}$$

$$\text{„ der ganzen Pflanze} = 0,07725 \text{ „;}$$

$$\text{W:H} = 1:5,3.$$

Die Mittelwerte und Ermittlungen für die Einzelpflanzen und ihre Teile, die für diesen Versuch Geltung haben, lassen keinen Zweifel daran aufkommen, dass der Stickstoff der o-Nitrobenzoesäure, in Form eines Salzes der Pflanze dargeboten, von letzterer nicht genutzt werden kann. Es geht ferner aus den Resultaten hervor, dass dieselbe eine Schädigung der Pflanzenteile veranlasst. In betreff der Wurzeln wird das auch durch das weite Verhältnis der Wurzeln zu den Halmen klar. Beim früheren Versuch trat die Benachteiligung der Wurzeln durch diese Säure nicht eklatant hervor. Die Schädigung der Pflanzen ging bei beiden Versuchen auch recht bald so weit, dass vorzeitiges Absterben eintrat. Die bei der Einwirkung dieser Säure beobachtete Schädigung der Pflanzen erklärt sich daraus, dass dieselbe, nachdem sie in gewisser Menge absorbiert und aufgespeichert worden war, zunächst Störungen

und schliesslich Stillstehen der Lebensfunktionen herbeiführte. Eine Umwandlung dieser Säure im Organismus der Pflanze stösst jedenfalls auf Schwierigkeiten. Abgesehen von der Halmzahl und in gewissem Masse von der Wurzelausbildung sind die Resultate dieses Versuchs und des früheren immerhin mehr oder minder übereinstimmend ausgefallen.

Neuere Versuche mit Nitrobenzoesäuren an höheren Pflanzen fehlen. W. Knop und W. Wolf¹⁾ fanden ihrerzeit, dass bei Gramineen in Wasserkultur Nitrobenzoesäure indifferent war.

15. Ernährungsversuch mit Meta-Nitrobenzoesäure.

Wie bemerkt, wurden die Lösungen dieser Säure gleichfalls nur neutralisiert zur Kultur benutzt. Die Entwicklungsweise der Pflanzen war dabei allerdings ähnlich wie bei Gegenwart von o-Nitrobenzoesäure, aber der schliessliche Wachstumseffekt erreichte eine geringere Höhe.

Das Erscheinen des 4. Blattes bei beiden Pflanzen konnte am 15. VIII registriert werden. Das 5. Blatt zeigte sich bei Pflanze II am 20. VIII, bei Pflanze I am 22. VIII. Überhaupt wich das Verhalten der letzteren Pflanze von dem der Pflanze II ab. Bald nach dem Hervorkommen des 5. Blattes stellte nämlich Pflanze I das Wachstum ein, und zugleich begann das Vergilben zunächst von Teilen ihrer Blätter und schliesslich von ganzen Blättern. Gegen Mitte September konnte die Pflanze als abgestorben betrachtet werden. Dagegen entwickelte sich Pflanze II noch weiter. Am 28. VIII kam ihr 6. Blatt zum Vorschein. Anfang September begannen ihre 2 ältesten Blätter abzutrocknen. Sie trieb dann noch den 2. Halm hervor. Beim Haupthalm setzte sich aber der Abtrocknungsprozess weiter fort, der schliesslich auch auf den neuen Halm übergriff. Um den 20. X war Pflanze II völlig trocken.

Pflanze I resp. deren einziger Halm hatte die Höhe 9 erreicht. Die Breite der Blattspreite war 2,5. Die Länge des Wurzelkörpers betrug 12, die obere Breite desselben 3. Die Bestimmung der Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzgewichte ergab folgende Resultate: Halm = 0,047 resp. 0,0427 g; Wurzeln = 0,013 resp. 0,0117 g; ganze Pflanze = 0,060 resp. 0,0544 g; W : H = 1 : 3,65.

Die Längen der 2 Halme der Pflanze II betrugen: 13 und 5,5. Die Blattspreitenbreite war 2. Der Wurzelkörper hatte die Länge 15,2 und die Basisbreite 3. Folgende Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen wurden für die Pflanze und ihre Teile gefunden: Halme = 0,0443 resp. 0,04 g; Wurzeln = 0,0112 resp. 0,01 g; ganze Pflanze = 0,0555 resp. 0,05 g; W : H = 1 : 4.

1) Landw. Versuchsstat. 7 (1865), S. 463.

Die Mittelwerte für diese Versuchspflanzen sind nachstehende:

Halmzahl = 1,5;

Trockensubstanzgewicht der Halme = 0,04135 g, 1 Halmes = 0,0276g;

„ der Wurzeln = 0,01085 „;

„ der ganzen Pflanze = 0,05220 „;

W : H = 1 : 3,82.

Auf Grund dieser Befunde lässt sich der sichere Schluss ziehen, dass auch die neutralisierte m-Nitrobenzoesäure als Stickstofflieferantin für die höhere Pflanze nicht in Betracht kommt und dass sie, in gewisser Menge aufgenommen, das Wachstum der Pflanzen aufhebt. Die Wurzelentwicklung ist durch die m-Nitrobenzoesäure in ähnlicher Weise wie durch die o-Nitrobenzoesäure beeinträchtigt worden, aber auch die oberirdischen Teile der Pflanzen haben durch sie stark gelitten. Letzteres wird ebenfalls durch die Kürze der Haupthalme erwiesen, was auch durch die um ca. 30 Tage längere Vegetationszeit der Pflanze II nur wenig gebessert werden konnte.

Der Versuch lässt also mit Evidenz erkennen, dass die Meta-Verbindung als Stickstoffnährstoff keineswegs besser wirkt und auch nicht minder stark schädigt als die Ortho-Verbindung. Im Gegenteil, es scheint die Schädigung von seiten der Meta-Verbindung sogar bedeutender auszufallen. Wesentlich anders muss das Urteil in betreff des Einflusses der p-Nitrobenzoesäure auf die Pflanze lauten.

16. Ernährungsversuch mit Para-Nitrobenzoesäure.

Auch p-Nitrobenzoesäure wurde den Pflanzen stets als Natriumsalz geboten. Der Entwicklungsgang der Pflanzen war dabei folgender.

Das 4. Blatt wurde bei beiden Pflanzen am 15. VIII und das 5. bei Pflanze II am 23. und bei Pflanze I am 24. VIII vorgefunden. Fortan war die Entwicklung der beiden Pflanzen eine ungleichmässige, was durch eine Beschädigung der Pflanze I veranlasst ward. Bei Pflanze II kam das 6. Blatt zur Ausbildung. Pflanze I trieb wohl am 31. VIII einen Seitenhalm hervor, aber am 2. IX begann das Abtrocknen des Haupthalmes. Die Pflanze trocknete schnell ab, denn schon vor Ablauf der ersten Dekade des Septembers war sie eingegangen. Pflanze II wies den 2. Halm am 5. IX auf. Am 10. IX trieb sie den 3. Halm hervor, dem dann bis zur Unterbrechung der Versuche noch ein 4. und 5. Halm folgten.

Um zu zeigen, dass Pflanze I bis zur Beschädigung normal wuchs, seien auch für sie die betreffenden Angaben gemacht. Ihren 2 Halmen kamen zu die Längen 5,9 und 2,3. Die Wurzel-

länge war ebenfalls gering, 6,5. Von der Lufttrocken- und Trockensubstanz entfielen auf: Halme = 0,028 resp. 0,0254 g; Wurzeln = 0,007 resp. 0,0063 g; ganze Pflanze = 0,035 resp. 0,0317 g; W : H = 1 : 4,03.

Die 5 Halme der Pflanze II wiesen folgende Längen auf: 18,8, 17, 11,7, 6, 2,3. Die Breite der Blattspreite mass 2,5. Die Länge des Wurzelkörpers betrug 12 und seine Basisbreite 7. Die Mengen von Lufttrocken- und Trockensubstanz verteilten sich bei dieser Pflanze in folgender Weise:

$$\begin{aligned}\text{Halme} &= 0,1145 \text{ resp. } 0,1039 \text{ g;} \\ \text{Wurzeln} &= 0,032 \quad „ \quad 0,0287 \quad „; \\ \text{ganze Pflanze} &= 0,1465 \quad „ \quad 0,1326 \quad „; \\ \text{W : H} &= 1 : 3,62.\end{aligned}$$

Das Trockensubstanzgewicht 1 Halmes der Pflanze war 0,02078 g.

Wenn auch die Anführung von Mittelwerten unterbleiben muss, da der Versuch nur mit einer Pflanze zu Ende geführt werden konnte, so lässt doch das massgebende Resultat dieses Versuchs nicht daran zweifeln, dass die p-Nitrobenzoesäure neutralisiert auch bei längerer Darreichung das Wachstum der Haferpflanze nicht schädigt und dass sie teilweise assimiliert wird. Dass der Stickstoff dieser Verbindung zum Aufbau der Pflanze gedient hat, hätte die Bestimmung des Stickstoffgehalts der Pflanze bewiesen. Das obige Resultat, durchaus positiver Art, steht nach des Verfassers Erfahrung nicht allein da, sondern tritt auch bei manchen anderen Para-Verbindungen auf, von welchen wir schon die p-Aminobenzoesäure als markant in dieser Hinsicht wirkend kennen gelernt haben. Die Wachstumsleistung, die durch die p-Nitrobenzoesäure hervorgebracht werden kann, nähert sich der durch das Acetonitril erreichten, wenn man sich einen Vergleich der Leistung dieser Säure mit denjenigen der in dieser Versuchsreihe geprüften organischen Stickstoffverbindungen gestatten will.

Wie Hafer werden wohl auch andere Pflanzenarten durch diese Verbindung in ähnlicher Weise im Wachstum beeinflusst werden

17. Ernährungsversuch mit Ortho-Aminobenzoesäure.

Die den Pflanzen nötige Stickstoffmenge ist, wie gelegentlich eines früheren Versuchs mitgeteilt, in 0,499 g dieser Verbindung und auch der isomeren enthalten. Die Lösung derselben

wurde vor der Anwendung stets mit ganz schwacher Natronlauge neutralisiert. Was den Wachstumsverlauf der Haferpflanzen betrifft, sei hier Folgendes angeführt.

Beide Pflanzen wiesen das 4. Blatt am 15. VIII, das 5. am 20. VIII und das 6. am 27. VIII auf. Schon von Anfang an begannen die Wurzeln eine Verfärbung zu zeigen: sie nahmen eine rötliche Färbung an, die von Tag zu Tag dunkler wurde. Am 23. VIII waren die Wurzeln schon recht dunkel gefärbt. In der Folge, um den 10. IX, trat bei Pflanze II eine Neubildung von Wurzeln auf. Mitunter war bei den Pflanzen die Abnahme des Turgors auffällig, und zwar trat diese Erscheinung schon 8 Tage nach dem Beginn des Versuchs auf. Am 5. IX kam bei beiden Pflanzen der 2. Halm hervor. Der 3. Halm wurde zuerst bei Pflanze II am 13. IX sichtbar. Ausser diesem Halm bildeten beide Pflanzen noch weitere 2, die aber ebenso wie der dritte im Knospenzustande blieben. Die Blätter des Haupthalmes der Pflanzen trockneten im Oktober ab.

Beim Versuchsabschluss waren die Längen der 5 Halme der Pflanze I folgende: 16, 12,9, 1, 1, 1. Die Blattspaltenbreite wurde zu 2 gefunden. Die Länge des dunkelfarbigten Wurzelkörpers war 13,5 und seine Basisbreite 6. Folgende Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen wurden für diese Pflanze festgestellt: Halme = 0,086 resp. 0,0781 g; Wurzeln = 0,020 resp. 0,0180 g; ganze Pflanze = 0,106 resp. 0,0961 g; W : H = 1 : 4,34.

Die 5 Halme der Pflanze II besaßen folgende Längen: 16,3, 8,8, 1,2, 0,8, 0,8. Die Blattspaltenbreite war dieselbe wie bei Pflanze I. Die Länge des Wurzelkörpers wurde zu 13,5, seine Breite zu 8 bestimmt. Die Wurzeln waren mit Ausnahme der Adventivwurzeln dunkel gefärbt. Die Bestimmung der Mengen von Lufttrocken- und Trockensubstanz erfolgte mit folgendem Resultat: Halme = 0,084 resp. 0,0762 g; Wurzeln = 0,023 resp. 0,0207 g; ganze Pflanze = 0,107 resp. 0,0969 g; W : H = 1 : 3,68.

Dementsprechend werden folgende Mittelwerte erhalten :

Halmzahl = 5;

Trockensubstanzgewicht der Halme = 0,0771 g, 1 Halmes = 0,01542 g;

„ der Wurzeln = 0,0193 „;

„ der ganzen Pflanze = 0,0965 „;

W : H = 1 : 4.01.

In Anbetracht der bei diesem Versuch erhaltenen Resultate lässt sich eine besondere Schädigung durch o-Aminobenzoesäure, wenn sie neutralisiert dargeboten wird, nicht ohne weiteres behaupten, es sei denn, dass man die Dunkelfärbung der Wurzeln als eine solche ansieht. Obgleich sie früh auftrat, hat sie aber doch nicht das Wurzelgewicht herabzusetzen vermocht. Mit

mehr Berechtigung ist sogar eine gewisse Förderung des Wachstums der Pflanzen durch diese Säure anzunehmen, da ja das Halm- und Pflanzengewicht und der Stickstoffgehalt dieser Pflanzen sich höher zeigen als diejenigen der ohne Stickstoffzusatz aufgewachsenen. Den Gesamtstickstoffgehalt der Pflanzen stellte Vf. nämlich zu 2,96% fest.

18. Ernährungsversuch mit Meta-Aminobenzoesäure.

Nicht weniger als bei der Nitrobenzoesäure musste bei der Aminobenzoesäure die vergleichende Prüfung der beiden anderen isomeren Verbindungen mit der Ortho-Verbindung interessieren. Was die m-Aminobenzoesäure betrifft, so kam sie ebenfalls neutralisiert zur Anwendung. Die Entwicklung der Pflanzen war mit ihr folgende.

Das 4. Blatt wurde bei den Pflanzen am 15. VIII, das 5. am 20. VIII und das 6. am 27. VIII sichtbar. Schon wenige Tage nach dem Beginn des Versuchs trat rötliche Färbung der Wurzeln auf, die sich später in eine violette wandelte; am 23. VIII waren die Wurzeln schwach violett gefärbt. Am 5. IX trieb Pflanze I den 2. Halm, Pflanze II den 2. und 3. Halm hervor. Am 14. IX bekam letzteren auch Pflanze I. In der Folge zeigte sich bei Pflanze II die 4. Halmknospe. Nach dem Auftreten von Turgorabnahme begann Ende September das Abtrocknen der Blätter des Haupthalmes der Pflanzen. Anfang November waren die Pflanzen noch am Leben, die Wurzeln waren aber ganz dunkel gefärbt.

Die 3 Halme der Pflanze I wiesen folgende Längen auf: 28, 14,5, 1. Die Blattspreitenbreite betrug 3. Der Wurzelskörper hatte die Länge 20,2 und die Basisbreite 5. Die Mengen von Lufttrocken- und Trockensubstanz der Pflanze und ihrer Teile betrugen: Halme = 0,1105 resp. 0,1003 g; Wurzeln = 0,025 resp. 0,0229 g; ganze Pflanze = 0,1355 resp. 0,1232 g; W:H = 1:4,38.

Pflanze II hatte 4 Halme von folgenden Längen: 23,3, 12,8, 0,5, 0,5. Die Blattspreitenbreite war ebenfalls 3. Für den Wurzelskörper wurde die Länge 12,8 und die Breite 4 gefunden. Die Mengen von Lufttrocken- und Trockensubstanz waren folgendermassen verteilt: Halme = 0,077 resp. 0,0699 g; Wurzeln = 0,017 resp. 0,0153 g; ganze Pflanze = 0,094 resp. 0,0852 g; W:H = 1:4,57.

Aus diesen Einzelangaben ergeben sich die Mittelwerte, wie folgt:

Halmzahl = 3,5 ;

Trockensubstanzgewicht der Halme = 0,0851 g, 1 Halmes = 0,0243 g;

„ der Wurzeln = 0,0191 „ ;

„ der ganzen Pflanze = 0,1042 „ ;

W : H = 1 : 4,48.

Der Stickstoff der m-Aminobenzoesäure hat also trotz kurzer Vegetationsdauer einen leidlichen Nähreffekt zu veranlassen vermocht. Die Pflanzen sind jedenfalls üppiger als die o-Aminobenzoesäurepflanzen entwickelt, was durch das höhere Halmgewicht und die Zunahme der Grösse der Blattspreitenbreite sowie überhaupt der Blattdimensionen bewiesen wird. Hand in Hand mit der kräftigeren Entwicklung der Pflanzen geht die Stickstoffaufnahme; der Gehalt an Gesamtstickstoff erreicht bei der Darbietung von m-aminobenzoesaurem Natrium 3,18% der Trockensubstanz der Pflanze. Damit wird die Annahme begründet, dass aus der m-Aminobenzoesäure mehr und vielleicht auch besser verwertbarer Stickstoff der Pflanze zur Verfügung steht, so dass sie eine bessere Ausbildung erfahren kann.

Einen noch besseren Erfolg ergibt der Stickstoff der p-Aminobenzoesäure.

19. Ernährungsversuch mit Para-Aminobenzoesäure.

Dieselbe wurde ebenfalls in Form des Natriumsalzes angewandt.

Das 4. Blatt der Pflanzen trat am 15. VIII und das 5. derselben am 20. VIII hervor. Das 6. Blatt bekam Pflanze II am 26. VIII und Pflanze I am 27. VIII. Pflanze I zeigte schon bald eine Schwächung der Turgeszenz, noch mehr aber in der späteren Wachstumszeit. Auch bei Gegenwart dieser Säure wurden die Wurzeln rötlich, aber auch ihre spätere violette Färbung gewann nur sehr allmählich an Intensität. Man konnte lange Zeit eigentlich nur von Missfarbigkeit der Wurzeln sprechen. Der 2. und 3. Halm fanden sich bei Pflanze II am 4. IX vor. Bei Pflanze I erschien der 2. Halm am 6. IX und der 3. am 8. IX. In der noch verbliebenen Vegetationszeit bildeten sich bei Pflanze I weitere 2 und bei Pflanze II weitere 3 Halme. Das Abtrocknen der Blätter des Haupthalmes der Pflanzen begann im Oktober. Die Pflanzen waren im November noch zum Teil grün.

Zur Zeit der Aberntung besass Pflanze I 5 Halme mit den Längen: 19,6, 17,3, 7,5, 2,9, 1. Die Blattspreitenbreite war 3. Die Seitenhalme waren fast vollständig grün und hatten Blattspreiten von grösserer Breite (5,5—8,5). Auch hatte der älteste

Seitenhalm 7 Blätter gebildet, während derjenige der isomeren Säuren nur 6 und 5 zählte. Das soeben zu den gewöhnlichen Angaben Hinzugefügte gilt auch für Pflanze II. Die Länge des Wurzelkörpers der Pflanze I betrug 18 und seine Breite 5. Von den Mengen an Lufttrocken- und Trockensubstanz kamen auf: Halme = 0,1 rsp. 0,091 g; Wurzeln = 0,037 rsp. 0,0332 g; ganze Pflanze = 0,137 rsp. 0,1242 g; W : H = 1 : 2,74.

Die Längen der 6 Halme der Pflanze II waren folgende: 23, 25,1, 9,2, 7, 3,8, 0,8¹⁾. Die Blattspaltenbreite war von derjenigen der Pflanze I nicht verschieden. Als Wurzellänge wurde 24,3 und als Wurzelbreite 9 gefunden. Die Bestimmung der Lufttrockensubstanz- und Trockensubstanzmengen der Pflanze ergab folgende Resultate: Halme = 0,1976 rsp. 0,1794 g; Wurzeln = 0,0564 rsp. 0,0507 g; ganze Pflanze = 0,2540 rsp. 0,2301 g; W : H = 1 : 3,54.

Obgleich die Entwicklung der Pflanze I minder gut verlief, sollen in diesem Falle, wo es sich bei beiden Pflanzen um eine deutliche Förderung des Wachstums, freilich verschiedenen Grades, handelt, doch die Mittelwerte angeführt werden. Als solche haben folgende zu gelten:

Halmzahl = 5,5;

Trockensubstanzgewicht der Halme = 0,1352 g, 1 Halmes = 0,0246 g;

„ der Wurzeln = 0,0419 „;

„ der ganzen Pflanze = 0,1771 „;

W : H = 1 : 3,14.

Der Versuch ergibt, dass die p-Aminobenzoesäure die beste Stickstofflieferantin unter den 3 isomeren Aminobenzoesäuren ist. Man kann die bessere Wirkung der Para-Verbindung als recht auffällig bezeichnen. Die Pflanzen zeigen sich bei ihrer Gegenwart in jeder Hinsicht besser als die Acetonitrilpflanzen entwickelt und nähern sich in ihrem Entwicklungsstande den Succinimidpflanzen, die weniger Halme aufweisen. Trotz kürzerer Vegetationszeit wären die Pflanzen dieses Versuchs in Hinsicht der Entwicklung nicht hinter denjenigen der 2. Versuchsserie des vorhergegangenen Jahres 1900 zurückgeblieben, wenn nicht die Teile der Pflanze I schwächere Ausbildung erfahren hätten. Das Mittel des Trockensubstanzgewichts dieser Pflanzen steht aber dem Mittel des Trockengewichts jener recht nahe. Der Schluss auf bessere Nährwirkung des p-aminobenzoesäuren

1) Cf. Anmerkung 2 auf Seite 77.

Natriums lässt sich auch machen, wenn der Stickstoffgehalt der aufgezogenen Pflanzen Berücksichtigung findet. Der Stickstoffgehalt der Pflanzen wurde bei diesem Versuch zu 3,34% gefunden, stellt sich mithin wieder höher als derjenige der m-Aminobenzoessäurepflanzen. Doch ist anzunehmen, dass der Stickstoff dieser Para-Verbindung der Pflanze nicht so leicht zugänglich ist wie derjenige mancher anderen in dieser Versuchsreihe geprüften organischen Stickstoffverbindung.

Versuche mit p-Aminobenzoessäure bei Lupinenkeimpflanzen haben die Turiner Professoren A. Benedicenti u. G. B. De Toni¹⁾ veröffentlicht. Diese Forscher fanden, dass mineralischer Stickstoff (KNO_3) und organischer Stickstoff (p-Aminobenzoessäure) die genannte jugendliche Pflanze fast gleich gut zu ernähren vermögen.

Es mag nochmals den Resultaten der Versuche des Verfassers zufolge hervorgehoben werden, dass, während der Stickstoff der o-Aminobenzoessäure das Wachstum der Pflanzen verhältnismässig wenig zu fördern vermag, sich dies mit mehr Berechtigung von dem Stickstoff der m-Aminobenzoessäure und ganz besonders von demjenigen der p-Aminobenzoessäure behaupten lässt.

Verfasser möchte auch nicht unerwähnt lassen, dass durch seine Versuche mit aromatischen isomeren Stickstoffverbindungen, Nitrokörpern, Nitrilen und mehreren anderen organischen Stickstoffverbindungen die Kenntnisse der Abhängigkeit der Wirkung der organischen Stickstoffverbindungen auf die Pflanze von ihrer chemischen Konstitution und Struktur erweitert werden. Derartige Kenntnisse haben besonders Th. Bokorny²⁾ (mit Algen) und G. Ciamician und C. Ravenna³⁾ (mit höheren Pflanzen) vermittelt.

1) Sul comportamento dei semi di lupino germoglianti in soluzioni contenenti acido paraossi- e paraamidobenzoico. Ricerche preliminari di A. Benedicenti, prof. di farmacologia e G. B. De Toni, prof. di botanica. Estratto dal volume VII, anno LXIV, fascicolo 3. Giornale della R. Accademia di Medicina di Torino. 1901. Torino. Vom Herrn Kollegen Prof. Dr. G. B. De Toni freundlichst zur Durchsicht gesendet.

2) Biochem. Ztschr. 71 (1915), S. 321; nach Jahresber. f. Agrik.-Chem. 1915, S. 359 usw.

3) Gazz. chim. ital. 1919, S. 83 (Jahresber. f. Agrik.-Chem. 1920); Gazz. chim. ital. 1920, S. 13 (Jahresber. f. Agrik.-Chem. 1921, S. 137); Gazz. chim. ital. 1921, I, S. 200 (Jahresber. f. Agrik.-Chem. 1921, S. 138 und Ztrbl. f. Agrik.-Chem. 1922, S. 238); Ztrbl. f. Agrik.-Chem. 1926, S. 43.

20. Ernährungsversuch bei Ausschluss der Stickstoffgabe.

Die Entwicklung der Pflanzen nahm unter dieser Bedingung folgenden Verlauf.

Bei beiden Pflanzen erschien das 4. Blatt am 15. VIII, das 5. am 19. VIII und das 6. am 27. VIII. Der 2. Halm zeigte sich bei Pflanze II am 2. IX und bei Pflanze I am 5. IX. Bei letzterer trieb zugleich auch der 3. Halm hervor. Den 3. Halm wies Pflanze II am 10. IX auf. Im letzten Drittel des Septembers begann das Abtrocknen der Blätter des Haupthalmes, und zwar zuerst bei Pflanze II. Letztere bildete wohl noch weitere 2 Halme, die aber ebenso wie der 3. wenig über das Knospenstadium hinauskamen.

Bei der Unterbrechung der Versuche wiesen die 3 Halme der Pflanze I folgende Längen auf: 17,8, 9,5, 6,8. Die Blattspreitenbreite betrug 2. Die Blattdimensionen waren überhaupt bei beiden Pflanzen recht reduziert. Der Wurzelkörper besass die Länge 32 und die Basisbreite 3. Die Mengen von Lufttrocken- und Trockensubstanz verteilten sich in folgender Weise: Halme = 0,055 resp. 0,0499 g; Wurzeln = 0,015 resp. 0,0135 g; ganze Pflanze = 0,070 resp. 0,0634 g; W : H = 1 : 3,7.

Die 5 Halme der Pflanze II hatten folgende Längen: 24,5, 12,2, 1, 0,8, 0,8. Die Blattspreitenbreite war die gleiche und die Blattbeschaffenheit sonst ebenso wie bei Pflanze I. Die Länge des Wurzelkörpers erreichte 21,6 bei der Basisbreite 4. Folgende Mengen von Lufttrocken- und Trockensubstanz wurden für diese Pflanze ermittelt: Halme = 0,0935 resp. 0,0849 g; Wurzeln = 0,0235 resp. 0,0211 g; ganze Pflanze = 0,1170 resp. 0,1060 g; W : H = 1 : 4,02.

Auf Grund dieser Angaben können nachstehende Mittelwerte aufgestellt werden:

$$\text{Halmzahl} = 4;$$

$$\text{Trockensubstanzgewicht der Halme} = 0,0674 \text{ g, 1 Halmes} = 0,0169 \text{ g;}$$

$$\text{„ der Wurzeln} = 0,0173 \text{ „;}$$

$$\text{„ der ganzen Pflanze} = 0,0847 \text{ „;}$$

$$\text{W : H} = 1 : 3,86.$$

Das Resultat des Versuchs spiegelt gut wider, wie sich die Pflanze beim Darben an Stickstoff entwickelt. Hier kommt nur der grosse Mangel an Stickstoff zum Ausdruck sowohl in den angeführten Resultaten als auch in den sog. Stickstoffmangelerscheinungen, die die verschiedenen Organe dieser Pflanzen

charakterisieren. Zu den bekannteren derartigen Erscheinungen gehören diejenigen, welche die Luftorgane betreffen. Aber auch die Wurzeln erfahren Umgestaltung zu solchen Gebilden, welche bei dem in dieser Arbeit schon besprochenen sog. Stickstoffhungeretiolement beobachtet werden. Ausser dem Stickstoffmangel sind alle sonst schädigenden Einflüsse, welche bei mehreren Versuchen auch in dieser Versuchsreihe gerade die wirkenden Faktoren waren, ausgeschlossen gewesen. Eine üppigere Entwicklung der Pflanzen konnte bei Nichtzufuhr von Stickstoff nicht erzielt werden, und die älteren Teile der Pflanzen mussten alsbald dem Absterben anheimfallen.

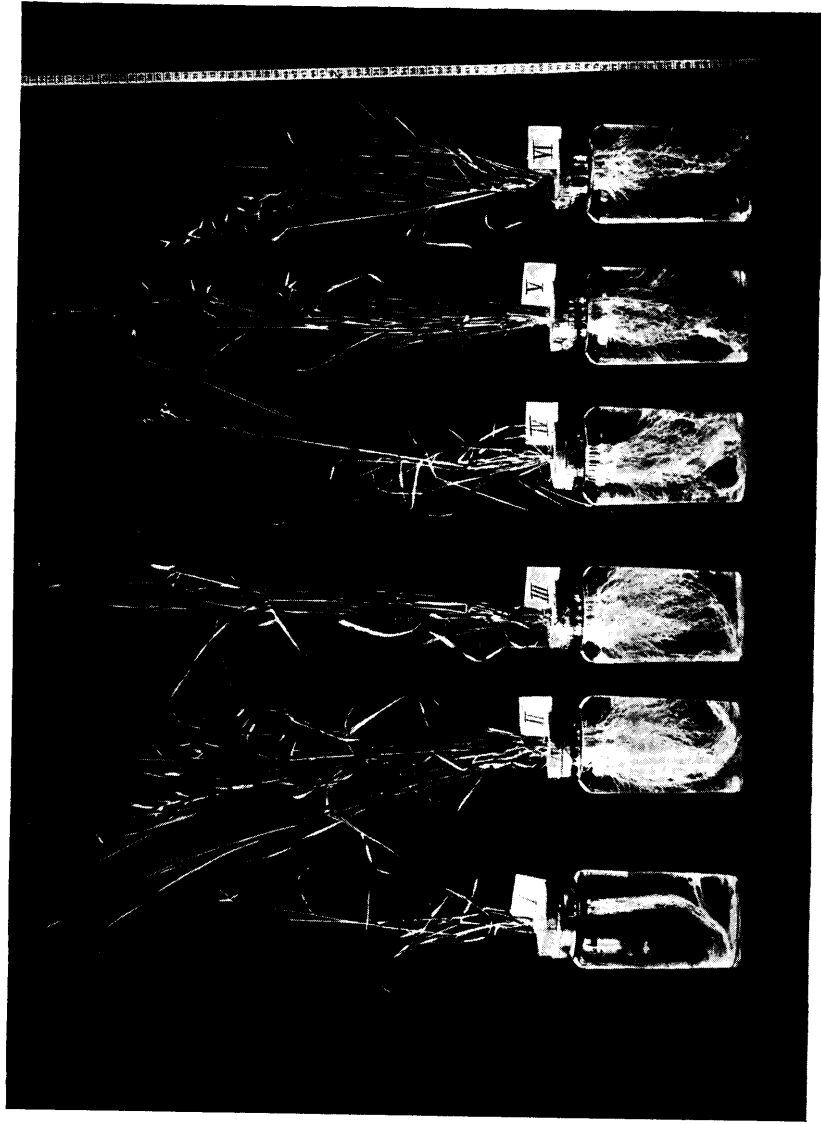
In voller Übereinstimmung mit den erhaltenen Resultaten und den genannten Erscheinungen steht der beobachtete niedrige Stickstoffgehalt der Pflanzensubstanz. Der prozentuale Gehalt der Trockensubstanz der Pflanzen an Gesamtstickstoff wurde im Mittel zu 2,58 gefunden. Dieser Gehalt kennzeichnet also die Haferpflanzen, welche während der Vegetationszeit sich entwickeln mussten auf Kosten des Stickstoffs, der in den Körnern, aus denen sie hervorgingen, enthalten war.

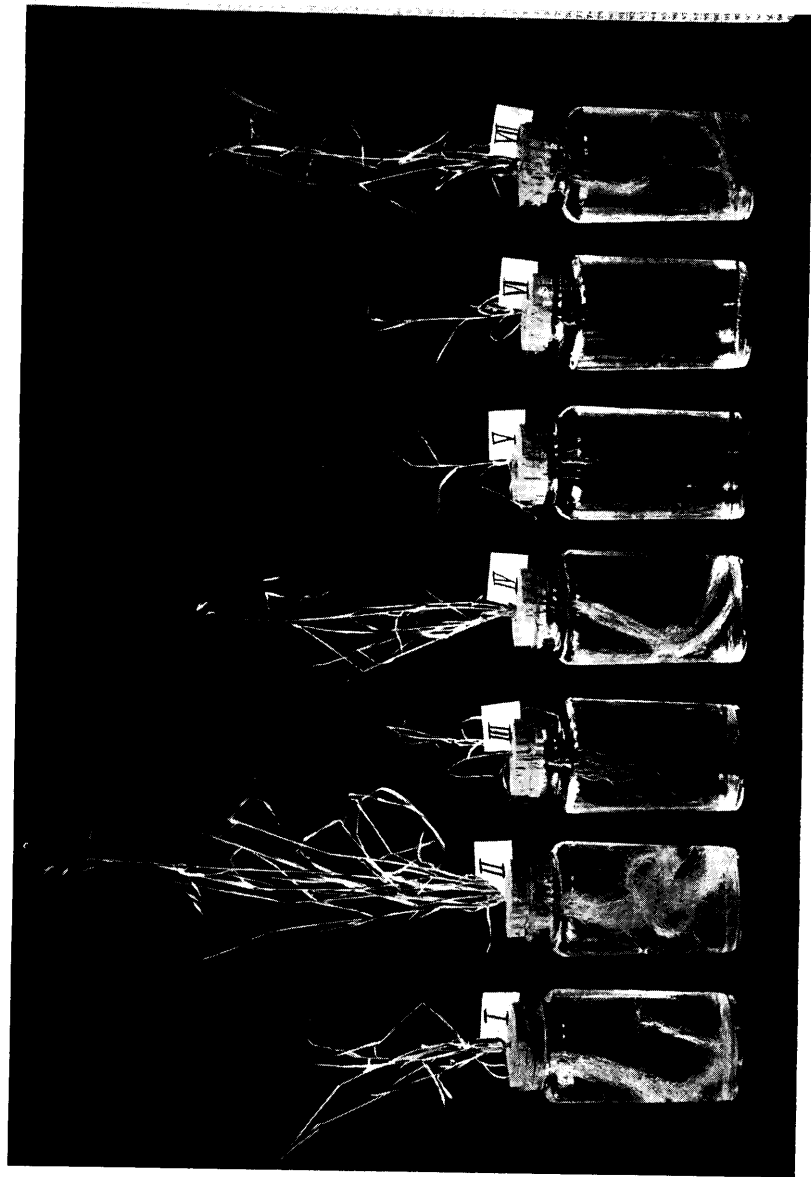
Diese Pflanzen spielen somit die Rolle von Kontrollpflanzen der Vegetationszeit 1901, und ihre Pflanzensubstanzmengen sowohl als auch ihr Stickstoffgehalt wurden oben zum Vergleich mit den Pflanzen der anderen Versuche dieser Versuchsreihe herangezogen.

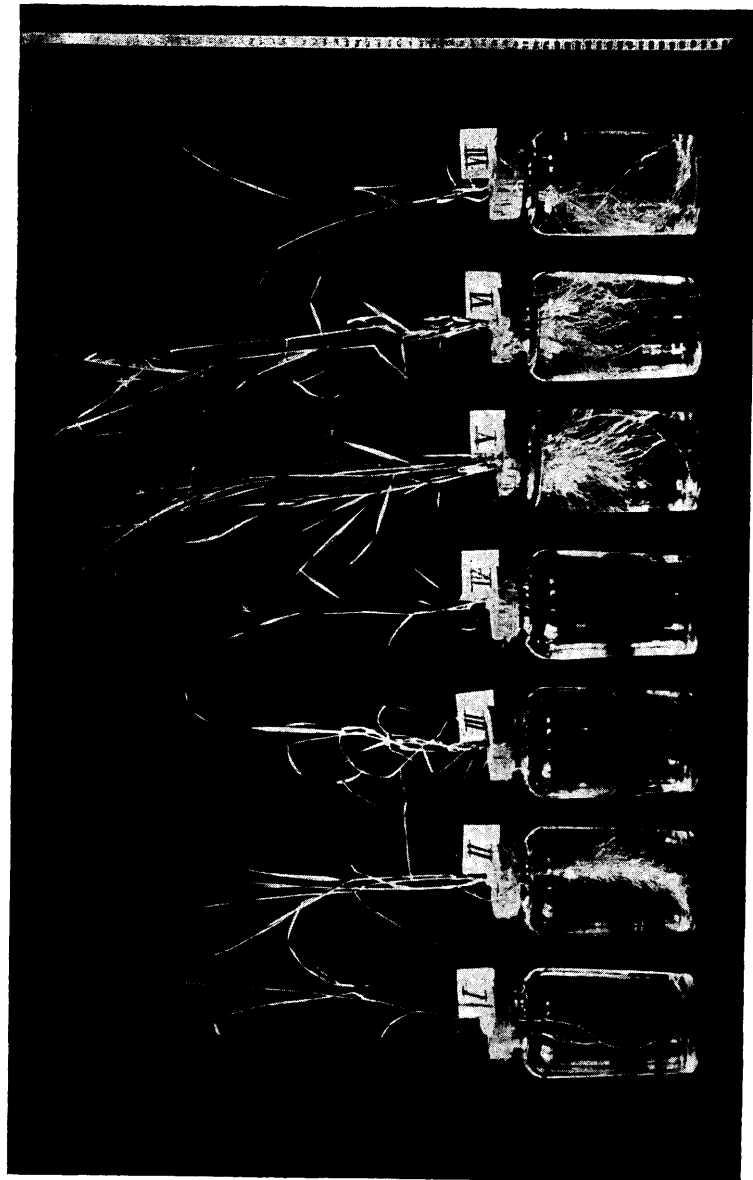
Inhaltsverzeichnis.

	Seite.
I. Einleitendes	5
II. Beschreibung der Versuchsmethode und der Ausführung der Versuche im allgemeinen	9
III. In der Vegetationszeit des Jahres 1900 ausgeführte Versuche. (Tafeln I—III.)	18
IV. Erste Versuchsserie des Jahres 1900. (Tafeln I und II.)	22
1. Ernährungsversuch mit Formamid. <i>Pflanze II der Tafel I</i>	18
2. " " Acetamid. <i>Pflanze III der Tafel I</i>	25
3. " " Glykokoll. <i>Pflanze V der Tafel I</i>	28
4. " " Asparaginsäure. <i>Pflanze VI der Tafel I</i>	31
5. " " Hippursäure. <i>Pflanze IV der Tafel I</i>	34
6. " " Urethan. <i>Pflanze II der Tafel II</i>	36
7. " " Guanidin. <i>Pflanze III der Tafel II</i>	39
8. " " Nitroguanidin. <i>Pflanze IV der Tafel II</i>	42
9. " " Chinolin	44
10. " " Morphin. <i>Pflanze V der Tafel II</i>	45
11. " " Chinin. <i>Pflanze VI der Tafel II</i>	48
12. " " Strychnin. <i>Pflanze VII der Tafel II</i>	50
13. " " bei Ausschluss der Stickstoffgabe. <i>Pflanze I der Tafeln I u. II</i>	53
V. Zweite Versuchsserie des Jahres 1900. (Tafel III.)	54
1. Ernährungsversuch mit Nitromethan. <i>Pflanze II der Tafel III</i>	56
2. " " Rhodannatrium	58
3. " " Ortho-Nitrophenol	59
4. " " Pikrinsäure. <i>Pflanze III der Tafel III</i>	60
5. " " Ortho-Nitrobenzoesäure	61
6. " " Para-Aminobenzoesäure. <i>Pflanze IV der Tafel III</i>	63
7. " " Pyridin	64
8. " " Albumin. <i>Pflanze V der Tafel III</i>	65
9. " " Pepton. <i>Pflanze VI der Tafel III</i>	68
10. " " bei Ausschluss der Stickstoffgabe. <i>Pflanze I der Tafel III</i>	70
VI. Dritte Versuchsserie des Jahres 1900. (Tafel III.)	71
2. Ernährungsversuch mit Koniin. <i>Pflanze VII der Tafel III</i>	72
3. " " bei Ausschluss der Stickstoffgabe	73
VII. In der Vegetationszeit des Jahres 1901 ausgeführte Versuche	74
1. Ernährungsversuch mit Hydrazin	76

		Seite.
2.	Ernährungsversuch mit Alanin	77
3.	„ „ Succinamid	79
4.	„ „ Succinimid	81
5.	„ „ Acetonitril	82
6.	„ „ Ortho-Nitrotoluol	84
7.	„ „ Trinitrotoluol	85
8.	„ „ Meta-Nitrophenol	87
9.	„ „ Para-Nitrophenol	88
10.	„ „ Ortho-Nitranilin	89
11.	„ „ Meta-Phenylendiamin	90
12.	„ „ Para-Phenylendiamin	91
13.	„ „ Benzamid	93
14.	„ „ Ortho-Nitrobenzoesäure	94
15.	„ „ Meta-Nitrobenzoesäure	96
16.	„ „ Para-Nitrobenzoesäure	97
17.	„ „ Ortho-Aminobenzoessäure	98
18.	„ „ Meta-Aminobenzoessäure	100
19.	„ „ Para-Aminobenzoessäure	101
20.	„ bei Ausschluss der Stickstoffgabe	104







Eelmiste köidete sisu. — Contenu des volumes précédents.

A I (1921). 1. A. Paldrock. Ein Beitrag zur Statistik der Geschlechtskrankheiten in Dorpat während der Jahre 1909—1918. — 2. K. Väisälä. Verallgemeinerung des Begriffes der Dirichletschen Reihen. — 3. C. Schlossmann. Hapete mõju kolloidide peale ja selle tähtsus patoloogias. (L'action des acides sur les colloïdes et son rôle dans la pathologie.) — 4. K. Regel. Statistische und physiognomische Studien an Wiesen. Ein Beitrag zur Methodik der Wiesenuntersuchung. — 5. H. Reichenbach. Notes sur les microorganismes trouvés dans les pêches planctoniques des environs de Couda (gouv. d'Archangel) en été 1917. — **Misc.** F. Bucholtz. Der gegenwärtige Zustand des Botanischen Gartens zu Dorpat und Richtlinien für die Zukunft.

A II (1921). 1. H. Bekker. The Kuckers stage of the ordovician rocks of NE Estonia. — 2. C. Schlossmann. Über die Darmspirochäten beim Menschen. — 3. J. Letzmann. Die Höhe der Schneedecke im Ostbaltischen Gebiet. — 4. H. Kaho. Neutraalsoolade mõjust ultramaksimum-temperatuuri peale *Tradescantia zebrina* juures. (Über den Einfluss der Neutralsalze auf die Temperatur des Ultramaximums bei *Tradescantia zebrina*.)

A III (1922). 1. J. Narbutt. Von den Kurven für die freie und die innere Energie bei Schmelz- und Umwandlungsvorgängen. — 2. A. Томсонъ (A. Thomson). Значение аммонийныхъ солей для питания высшихъ культурныхъ растений. (Der Wert der Ammonsalze für die Ernährung der höheren Kulturpflanzen.) — 3. E. Blessig. Ophthalmologische Bibliographie Russlands 1870—1920. I. Hälfte (S. I—VII und 1—96). — 4. A. Lüüs. Ein Beitrag zum Studium der Wirkung künstlicher Wildunger Helenenquellensalze auf die Diurese nierenkranker Kinder. — 5. E. Öpik. A statistical method of counting shooting stars and its application to the Perseid shower of 1920. — 6. P. N. Kogerman. The chemical composition of the Esthonian M.-Ordovician oil-bearing mineral „Kukersite“. — 7. M. Wittlich und S. Weshnjakow. Beitrag zur Kenntnis des estländischen Ölschiefers, genannt Kukersit. — **Misc.** J. Letzmann. Die Trombe von Odenpäh am 10. Mai 1920.

A IV (1922). 1. E. Blessig. Ophthalmologische Bibliographie Russlands 1870—1920. II. Hälfte (S. 97—188). — 2. A. Valdes. Glückogeeni hulka vähendavate tegurite mõju üle südame spetsiifilise lihassüsteemi glükogeeni peale. (Über den Einfluss der die Glykogenmenge vermindernenden Faktoren auf das Glykogen des spezifischen Muskelsystems des Herzens.) — 3. E. Öpik. Notes on stellae statistics and stellar evolution. — 4. H. Kaho. Raskemetallsoolade kiihtisusest taimeplasma kohta. (Über die Schwermetallgiftwirkung in bezug auf das Pflanzenplasma.) — 5. J. Piiper und M. Härms. Der Kiefernkreuzschnabel der Insel Ösel *Loxia pityopsittacus estiae* subsp. nov. — 6. L. Poska-Teiss. Zur Frage über die vielkernigen Zellen des einschichtigen Plattenepithels.

A V (1924). 1. E. Öpik. Photographic observations of the brightness of Neptune. Method and preliminary results. — 2. A. Lüü s. Ergebnisse der Krüppelkinder-Statistik in Eesti. — 3. C. Schlo s s m a n n. Culture in vitro des protozoaires de l'intestin humain. — 4. H. K a h o. Über die physiologische Wirkung der Neutralsalze auf das Pflanzenplasma. — 5. Y. K a u k o. Beiträge zur Kenntnis der Torfzersetzung und Vertorfung. — 6. A. T a m m e k a n n. Eesti diktüoneema-kihi uurimine tema tekkimise, vanaduse ja levimise kohta. (Untersuchung des Dictyonema-Schiefers in Estland nach Entstehung, Alter und Verbreitung.) — 7. Y. K a u k o. Zur Bestimmung des Vertorfungsgrades. — 8. N. W e i d e r p a s s. Eesti piparmündi-öli (*Oleum menthae esthicum*). (Das estnische Pfefferminzöl.)

A VI (1924). 1. H. Bekker. Mõned uued andmed Kukruse lademe stratigraafia ja faunast. (Stratigraphical and paleontological supplements on the Kukruse stage of the ordovician rocks of Eesti (Estonia).) — 2. J. Wilip. Experimentelle Studien über die Bestimmung von Isothermen und kritischen Konstanten. — 3. J. Letzmann. Das Bewegungsfeld im Fuss einer fortschreitenden Wind- oder Wasserhose. — 4. H. Scupin. Die Grundlagen paläogeographischer Karten. — 5. E. Öpik. Photometric measures on the moon and the earth-shine. — 6. Y. K a u k o. Über die Vertorfungswärme. — 7. Y. K a u k o. Eigentümlichkeiten der H_2O - und CO_2 -Gehalte bei der unvollständigen Verbrennung. — 8. M. Tilzen und Y. Kauko. Die wirtschaftlichen Möglichkeiten der Anwendung von Spiritus als Brennstoff. — 9. M. Wittlich. Beitrag zur Untersuchung des Öles aus estländischem Ölschiefer. — 10. J. Wilip. Emergenzwinkel, Unstetigkeitsflächen, Laufzeit. — 11. H. Scupin. Zur Petroleumfrage in den baltischen Ländern. — 12. H. Richter. Zwei Grundgesetze (Funktion- und Strukturprinzip) der lebendigen Masse.

A VII (1925). 1. J. Vilms. Kõhreglükogeeni püsivusest mõneste suguste glükogeeni vähendavate tegurite puhul. (Über die Stabilität des Knorpelglykogens unter verschiedenen das Glykogen zum Verschwinden bringenden Umständen.) — 2. E. Blessig. Ophthalmologische Bibliographie Russlands 1870—1920. Nachtrag. — 3. O. Kuriks. Trachoma Eestis (eriti Tartus) möödunud ajal ja praegu. (Das Trachom in Estland (insbesondere in Dorpat) einst und jetzt.) — 4. A. Brandt. Sexualität. Eine biologische Studie. — 5. M. Haltenberger. Gehört das Baltikum zu Ost-, Nord- oder zu Mitteleuropa? — 6. M. Haltenberger. Recent geographical work in Estonia.

A VIII (1925). 1. H. Jaakson. Sur certains types de systèmes d'équations linéaires à une infinité d'inconnues. Sur l'interpolation. — 2. K. Frisch. Die Temperaturabweichungen in Tartu (Dorpat) und ihre Bedeutung für die Witterungsprognose. — 3. O. Kuriks. Muutused leeprahaigete silmas Eesti leprosooriumide haigete läbivaatamise põhjal. (Die Lepra des Auges.) — 4. A. Paldrock. Die Senkungsreaktion und ihr praktischer Wert. — 5. A. Öpik. Beiträge zur Kenntnis der Kukruse-(C_2)-Stufe in Eesti. I. — 6. M. Wittlich. Einiges über den Schwefel im estländischen Ölschiefer (Kukersit)

und dessen Vershwelungsprodukten. — 7. H. Kaho. Orientierende Versuche über die stimulierende Wirkung einiger Salze auf das Wachstum der Getreidepflanzen. I.

A IX (1926). 1. E. Krahn. Über Minimaleigenschaften der Kugel in drei und mehr Dimensionen. — 2. A. Mieler. Ein Beitrag zur Frage des Vorrückens des Peipus an der Embachmündung und auf der Peipusinsel Pirisaar in dem Zeitraum von 1682 bis 1900. — 3. M. Haltenberger. Der wirtschaftsgeographische Charakter der Städte der Republik Eesti. — 4. J. Rumma. Die Heimatforschung in Eesti. — 5. M. Haltenberger. Der Stand des Aufnahme- und Kartenwesens in Eesti. — 6. M. Haltenberger. Landeskunde von Eesti. I. — 7. A. Tammekann. Die Oberflächengestaltung des nord-ostestländischen Küstentafellandes. — 8. K. Frisch. Ein Versuch das Embachhochwasser im Frühling für Tartu (Dorpat) vorherzubestimmen.

A X (1926). 1. M. Haltenberger. Landeskunde von Eesti. II—III. — 2. H. Scupin. Alter und Herkunft der ostbaltischen Solquellen und ihre Bedeutung für die Frage nach dem Vorkommen von Steinsalz im baltischen Obersilur. — 3. Th. Lippmaa. Floristische Notizen aus dem Nord-Altai nebst Beschreibung einer neuen *Cardamine*-Art aus der Sektion *Dentaria*. — 4. Th. Lippmaa. Pigmenttypen bei Pteridophyta und Anthophyta. I. Allgemeiner Teil. — 5. E. Pipenberg. Eine städtemorphographische Skizze der estländischen Hafenstadt Pärnu (Pernau). — 6. E. Spöhr. Über das Vorkommen von *Sium erectum* Huds. und *Lemna gibba* L. in Estland und über deren nordöstliche Verbreitungsgrenzen in Europa. — 7. J. Wilip. On new precision-seismographs.

A XI (1927). 1. Th. Lippmaa. Pigmenttypen bei Pteridophyta und Anthophyta. II. Spezieller Teil. — 2. M. Haltenberger. Landeskunde von Eesti. IV—V. — 3. H. Scupin. Epirogenese und Orogenese im Ostbaltikum. — 4. K. Schlossmann. Mikroorganismide kui bioloogiliste reaktiivide tähtsusest keemias. (Le rôle des ferments microbiens dans la chimie.) — 5. J. Sarv. Ahmese geomeetriselised joonised. (Die geometrischen Figuren des Ahmes.) — 6. K. Jaanson-Orviku. Beiträge zur Kenntnis der Aseri- und der Tallinnastufe in Eesti. I.

A XII (1927). 1. E. Reinwaldt. Beiträge zur Muriden-Fauna Estlands mit Berücksichtigung der Nachbargebiete. — 2. A. Öpik. Die Inseln Odensholm und Rogö. Ein Beitrag zur Geologie von NW-Estland. — 3. A. Öpik. Beiträge zur Kenntnis der Kukruse-(C₂)-Stufe in Eesti. II. — 4. Th. Lippmaa. Beobachtungen über durch Pilzinfektion verursachte Anthocyaninbildung. — 5. A. Laur. Die Titration des Ammoniumhydrosulfides mit Ferrieyankalium. — 6. N. King. Über die rhythmischen Niederschläge von PbJ₂, Ag₂CrO₄ und AgCl im kapillaren Raume. — 7. P. N. Kogerman and J. Kranig. Physical constants of some alkyl carbonates. — 8. E. Spöhr. Über brunsterzeugende Stoffe im Pflanzenreich. Vorläufige Mitteilung.

A XIII (1928). 1. J. Sarw. Zum Beweis des Vierfarbensatzes. — 2. H. Scupin. Die stratigraphische Stellung der Devonschichten im Südosten Estlands. — 3. H. Perlit. On the parallelism between

the rate of change in electric resistance at fusion and the degree of closeness of packing of mealltic atoms in crystals. — 4. K. Frisch. Zur Frage der Luftdruckperioden. — 5. J. Port. Untersuchungen über die Plasmakoagulation von *Paramaecium caudatum*. — 6. J. Sarw. Direkte Herleitung der Lichtgeschwindigkeitsformeln. — 7. K. Frisch. Zur Frage des Temperaturanstiegens im Winter. — 8. E. Spöhr. Über die Verbreitung einiger bemerkenswerter und schutzbedürftiger Pflanzen im Ostbaltischen Gebiet. — 9. N. Rågo. Beiträge zur Kenntnis des estländischen Dictyonemaschiefers. — 10. C. Schlossmann. Études sur le rôle de la barrière hémato-encéphalique dans la genèse et le traitement des maladies infectieuses. — 11. A. Öpik. Beiträge zur Kenntnis der Kukruse-(C₂-C₃)-Stufe in Eesti. III.

A XIV (1929). 1. J. Rives. Über die histopathologischen Veränderungen im Zentralnervensystem bei experimenteller Nebenniereninsuffizienz. — 2. W. Wadi. Kopsutuberkuloosi areng ja kliinilised vormid. (Der Entwicklungsgang und die klinischen Formen der Lungentuberkulose.) — 3. E. Markus. Die Grenzverschiebung des Waldes und des Moores in Alatskivi. — 4. K. Frisch. Zur Frage über die Beziehung zwischen der Getreideernte und einigen meteorologischen Faktoren in Eesti.

A XV (1929). 1. A. Nõmmik. The influence of ground limestone on acid soils and on the availability of nitrogen from several mineral nitrogenous fertilizers. — 2. A. Öpik. Studien über das estnische Unterkambrium (Estonium). I—IV. — 3. J. Nuut. Über die Anzahl der Lösungen der Vierfarbenaufgabe. — 4. J. Nuut. Über die Vierfarbenformel. — 5. J. Nuut. Topologische Grundlagen des Zahlbegriffs. — 6. Th. Lippmaa. Pflanzenökologische Untersuchungen aus Norwegisch- und Finnisch-Lapland unter besonderer Berücksichtigung der Lichtfrage.

A XVI (1930). 1. A. Paris. Über die Hydratation der Terpene des Terpentins zu Terpinhydrat durch Einwirkung von Mineralsäuren. — 2. A. Laur. Die Anwendung der Umschlagselektroden bei der potentiometrischen Massanalyse. Die potentiometrische Bestimmung des Kaliums. — 3. A. Paris. Zur Theorie der Strömungsdoppelbrechung. — 4. O. Kuriks. Pisarate toimest silma mikrofloorasse. (Über die Wirkung der Tränen auf die Mikroflora des Auges.) — 5. K. Orviku. Keskdevoni põhikihid Eestis. (Die untersten Schichten des Mitteldevons in Eesti.) — 6. J. Kopwille. Über die thermale Zersetzung von estländischem Ölschiefer Kukersit.

A XVII (1930). 1. A. Öpik. Brachiopoda Protremata der estländischen ordovizischen Kukruse-Stufe. — 2. P. W. Thomson. Die regionale Entwicklungsgeschichte der Wälder Estlands.

A XVIII (1930). 1. G. Vilberg. Erneuerung der Loodvegetation durch Keimlinge in Ost-Harrien (Estland). — 2. A. Parts. Über die Neutralsalzwirkung auf die Geschwindigkeit der Ionenreaktionen. — 3. Ch. R. Schlossmann. On two strains of yeast-like organisms cultured from diseased human throats. — 4. H. Richter. Die Relation zwischen Form und Funktion und das teleologische Prinzip in den Naturphänomenen. — 5. H. Arro. Die Metalloxyde als photo-

chemische Sensibilatoren beim Bleichen von Methylenblaulösung. — **6.** A. Luha. Über Ergebnisse stratigraphischer Untersuchungen im Gebiete der Saaremaa-(Ösel-)Schichten in Eesti (Unterösel und Eurypterusschichten). — **7.** K. Frisch. Zur Frage der Zyklonenvertiefung. — **8.** E. Markus. Naturkomplexe von Alatskivi.

A XIX (1931). **1.** J. Uudelt. Über das Blutbild Trachomkranker. — **2.** A. Öpik. Beiträge zur Kenntnis der Kukruse-(C₂-C₃-)Stufe in Eesti. IV. — **3.** H. Liedemann. Über die Sonnenscheindauer und Bewölkung in Eesti. — **4.** J. Sarw. Geomeetria alused. (Die Grundlagen der Geometrie.)

A XX (1931). **1.** J. Kuusk. Glühauflösung der Phosphorite mit Kieselsäure zwecks Gewinnung eines citrallöslichen Düngmittels. — **2.** U. Karell. Zur Behandlung und Prognose der Luxationsbrüche des Hüftgelenks. — **3.** A. Laur. Beiträge zur Kenntnis der Reaktion des Zinks mit Kaliumferrocyanid. I. — **4.** J. Kuusk. Beitrag zur Kalisalzgewinnung beim Zementbrennen mit besonderer Berücksichtigung der estländischen K-Mineralien. — **5.** L. Rinne. Über die Tiefe der Eisbildung und das Auftauen des Eises im Niederungsmoor. — **6.** J. Wilip. A galvanometrically registering vertical seismograph with temperature compensation. — **7.** J. Nuut. Eine arithmetische Analyse des Vierfarbenproblems. — **8.** G. Barkan. Dorpats Bedeutung für die Pharmakologie. — **9.** K. Schlossmann. Vanaduse ja surma mõistetest ajakohaste bioloogiliste andmete alusel. (Über die Begriffe Alter und Tod auf Grund der modernen biologischen Forschung.)

B I (1921). **1.** M. Vasmer. Studien zur albanesischen Wortforschung. I. — **2.** A. v. Bulmerincq. Einleitung in das Buch des Propheten Maleachi. 1. — **3.** M. Vasmer. Osteuropäische Ortsnamen. — **4.** W. Anderson. Der Schwank von Kaiser und Abt bei den Minsker Juden. — **5.** J. Bergman. Quaestiunculæ Horatianæ.

B II (1922). **1.** J. Bergman. Aurelius Prudentius Clemens, der grösste christliche Dichter des Altertums. I. — **2.** L. Kettunen. Lõunavepsa häälik-ajalugu. I. Konsonandid. (Südwepsische Lautgeschichte. I. Konsonantismus.) — **3.** W. Wiget. Altgermanische Lautuntersuchungen.

B III (1922). **1.** A. v. Bulmerincq. Einleitung in das Buch des Propheten Maleachi. 2. — **2.** M. A. Курчинский (M. A. Kurtschinsky). Социальный законъ, случай и свобода. (Das soziale Gesetz, Zufall und Freiheit.) — **3.** A. R. Cederberg. Die Erstlinge der estländischen Zeitungsliteratur. — **4.** L. Kettunen. Lõunavepsa häälik-ajalugu. II. Vokaalid. (Südwepsische Lautgeschichte. II. Vokalismus.) — **5.** E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. [I.] — **6.** A. M. Tallgren. Zur Archäologie Estis. I.

B IV (1923). **1.** E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. II. — **2.** A. v. Bulmerincq. Einleitung in das Buch des Propheten Maleachi. 3. — **3.** W. Anderson. Nordasiatische Flutsagen. — **4.** A. M. Tallgren. L'ethnographie préhistorique de la Russie du

nord et des États Baltiques du nord. — 5. R. Gutmann. Eine unklare Stelle in der Oxforder Handschrift des Rolandsliedes.

B V (1924). 1. H. Mutschmann. Milton's eyesight and the chronology of his works. — 2. A. Pridik. Mut-em-wija, die Mutter Amenhotep's (Amenophis') III. — 3. A. Pridik. Der Mitregent des Königs Ptolemaios II Philadelphos. — 4. G. Suess. De Graecorum fabulis satyricis. — 5. A. Berendts und K. Grass. Flavius Josephus: Vom jüdischen Kriege, Buch I—IV, nach der slavischen Übersetzung deutsch herausgegeben und mit dem griechischen Text verglichen. I. Teil (S. 1—160). — 6. H. Mutschmann. Studies concerning the origin of „Paradise Lost“.

B VI (1925). 1. A. Saareste. Leksikaalseist vahekordadest eesti murretes. I. Analüüs. (Du sectionnement lexicologique dans les patois estoniens. I. Analyse.) — 2. A. Bjerre. Zur Psychologie des Mordes.

B VII (1926). 1. A. v. Bulmerincq. Einleitung in das Buch des Propheten Maleachi. 4. — 2. W. Anderson. Der Chalfenmünzfund von Kochtel. (Mit Beiträgen von R. Vasmer.) — 3. J. Mägist. Rosona (Eesti Ingeri) murde pääjooned. (Die Hauptzüge der Mundart von Rosona). — 4. M. A. Курчинский (M. A. Kurtschinsky). Европейский хаосъ. Экономическія послѣдствія великой войны. (Das europäische Chaos.)

B VIII (1926). 1. A. M. Tallgren. Zur Archäologie Eestis. II. — 2. H. Mutschmann. The secret of John Milton. — 3. L. Kettunen. Untersuchung über die livische Sprache. I. Phonetische Einführung. Sprachproben.

B IX (1926). 1. N. Maim. Parlamentarismist Prantsuse restauratsioonialal (1814—1836). (Du parlementarisme en France pendant la Restauration.) — 2. S. v. Csekey. Die Quellen des estnischen Verwaltungsrechts. I. Teil (S. 1—102). — 3. A. Berendts und K. Grass. Flavius Josephus: Vom jüdischen Kriege, Buch I—IV, nach der slavischen Übersetzung deutsch herausgegeben und mit dem griechischen Text verglichen. II. Teil (S. 161—288). — 4. G. Suess. De eo quem dicunt inesse Trimalchionis cenae sermone vulgari. — 5. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. III. — 6. C. Vilhelmson. De ostraco quod Revaliae in museo provinciali servatur.

B X (1927). 1. H. B. Rahamägi. Eesti Evangeeliumi Luteri usu vaba rahvakirik vabas Eestis. (Die evangelisch-lutherische freie Volkskirche im freien Eesti. Anhang: Das Gesetz betreffend die religiösen Gemeinschaften und ihre Verbände.) — 2. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. IV. — 3. A. Berendts und K. Grass. Flavius Josephus: Vom jüdischen Kriege, Buch I—IV, nach der slavischen Übersetzung deutsch herausgegeben und mit dem griechischen Text verglichen. III. Teil (S. 289—416). — 4. W. Schmied-Kowarzik. Die Objektivation des Geistigen. (Der objektive Geist und seine Formen.) — 5. W. Anderson. Novelline popolari sammarinesi. I.

B XI (1927). 1. O. Loorits. Liivi rahva usund. (Der Volksglaube der Liven.) I. — 2. A. Berendts und K. Grass. Flavius

Josephus: Vom jüdischen Kriege, Buch I—IV, nach der slavischen Übersetzung deutsch herausgegeben und mit dem griechischen Text verglichen. IV. Teil (S. 417—512). — 3. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. V.

B XII (1928). 1. O. Loorits. Liivi rahva usund. (Der Volksglaube der Liven.) II. — 2. J. Mägiste. *oi-, ei-*deminutiivid läänemeresoome keelis. (Die *oi-, ei-*Deminutiva der ostseefinnischen Sprachen).

B XIII (1928). 1. G. Suess. Petronii imitatio sermonis plebei qua necessitate coniungatur cum grammatica illius aetatis doctrina. — 2. С. Штейн (S. v. Stein). Пушкин и Гофман. (Puschkin und E. T. A. Hoffmann.) — 3. A. V. Kõrv. Värsimõõt Veske „Eesti rahvalauludes“. (Le mètre des „Chansons populaires estoniennes“ de Veske.)

B XIV (1929). 1. H. Майм (N. Maim). Парламентаризм и суверенное государство. (Der Parlamentarismus und der souveräne Staat.) — 2. S. v. Csekey. Die Quellen des estnischen Verwaltungsrechts. II. Teil (S. 103—134). — 3. E. Virányi. Thalès Bernard, littérateur français, et ses relations avec la poésie populaire estonienne et finnoise.

B XV (1929). 1. A. v. Bulmerincq. Kommentar zum Buche des Propheten Maleachi. 1 (1, 2—11). — 2. W. E. Peters. Benito Mussolini und Leo Tolstoi. Eine Studie über europäische Menschheitstypen. — 3. W. E. Peters. Die stimmanalytische Methode. — 4. W. Freymann. Platons Suchen nach einer Grundlegung aller Philosophie.

B XVI (1929). 1. O. Loorits. Liivi rahva usund. (Der Volksglaube der Liven.) III. — 2. W. Süss. Karl Morgenstern (1770—1852). I. Teil (S. 1—160).

B XVII (1930). 1. A. R. Cederberg. Heinrich Fick. Ein Beitrag zur russischen Geschichte des XVIII. Jahrhunderts. — 2. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. VI. — 3. W. E. Peters. Wilson, Roosevelt, Taft und Harding. Eine Studie über nordamerikanisch-englische Menschheitstypen nach stimmanalytischer Methode. — 4. N. Maim. Parlamentarism ja fašism. (Parliamentarism and fascism.)

B XVIII (1930). 1. J. Vasar. Taani püüded Eestimaa taasvallutamiseks 1411—1422. (Dänemarks Bemühungen, Estland zurückzugewinnen 1411—1422.) — 2. L. Leesment. Über die livländischen Gerichtssachen im Reichskammergericht und im Reichshofrat. — 3. А. И. Стендер-Петерсен (Ad. Stender-Petersen). О пережиточных следах аориста в славянских языках, преимущественно в русском. (Über rudimentäre Reste des Aorists in den slavischen Sprachen, vorzüglich im Russischen.) — 4. М. Курчинский (M. Kourtschinsky). Соединенные Штаты Европы. (Les États-Unis de l'Europe.) — 5. K. Wilhelmson. Zum römischen Fiskal-kauf in Ägypten.

B XIX (1930). 1. A. v. Bulmerincq. Kommentar zum Buche des Propheten Maleachi. 2 (1, 11—2, 9). — 2. W. Süss. Karl Mor-

genstern (1770—1852). II. Teil (S. 161—330). — 3. W. Anderson. Novelline popolari sammarinesi. II.

B XX (1930). 1. A. Oras. Milton's editors and commentators from Patrick Hume to Henry John Todd (1695—1801). I. — 2. J. Vasar. Die grosse livländische Güterreduktion. Die Entstehung des Konflikts zwischen Karl XI. und der livländischen Ritter- und Landschaft 1678—1684. Teil I (S. 1—176). — 3. S. v. Csekey. Die Quellen des estnischen Verwaltungsrechts. III. Teil (S. 135—150).

B XXI (1931). 1. W. Anderson. Der Schwank vom alten Hildebrand. Teil I (S. 1—176). — 2. A. Oras. Milton's editors and commentators from Patrick Hume to Henry John Todd (1695—1801). II. — 3. W. Anderson. Über P. Jensens Methode der vergleichenden Sagenforschung.

B XXII (1931). 1. E. Tennmann. G. Teichmüllers Philosophie des Christentums. — 2. J. Vasar. Die grosse livländische Güterreduktion. Die Entstehung des Konflikts zwischen Karl XI. und der livländischen Ritter- und Landschaft 1678—1684. Teil II (S. 177—400).

C I—III (1929). **I 1.** Ettelugemiste kava 1921. aasta I poolaastal. — **I 2.** Ettelugemiste kava 1921. aasta II poolaastal. — **I 3.** Dante pidu 14. IX. 1921. (Dantefeier 14. IX. 1921.) R. Gutmann. Dante Alighieri. W. Schmied-Kowarzik. Dantes Weltanschauung. — **II 1.** Ettelugemiste kava 1922. aasta I poolaastal. — **II 2.** Ettelugemiste kava 1922. aasta II poolaastal. — **III 1.** Ettelugemiste kava 1923. aasta I poolaastal. — **III 2.** Ettelugemiste kava 1923. aasta II poolaastal.

C IV—VI (1929). **IV 1.** Ettelugemiste kava 1924. aasta I poolaastal. — **IV 2.** Ettelugemiste kava 1924. aasta II poolaastal. — **V 1.** Ettelugemiste kava 1925. aasta I poolaastal. — **V 2.** Ettelugemiste kava 1925. aasta II poolaastal. — **VI 1.** Ettelugemiste kava 1926. aasta I poolaastal. — **VI 2.** Ettelugemiste kava 1926. aasta II poolaastal.

C VII—IX (1929). **VII 1.** Ettelugemiste kava 1927. aasta I poolaastal. — **VII 2.** Ettelugemiste kava 1927. aasta II poolaastal. — **VIII 1.** Ettelugemiste kava 1928. aasta I poolaastal. — **VIII 2.** Ettelugemiste kava 1928. aasta II poolaastal. — **IX 1.** Ettelugemiste kava 1929. aasta I poolaastal. — **IX 2.** Ettelugemiste kava 1929. aasta II poolaastal. — **IX 3.** Eesti Vabariigi Tartu Ülikooli isiklik koosseis 1. detsembril 1929.

C X (1929). Eesti Vabariigi Tartu Ülikool 1919—1929.

Éditeurs : FÉLIX ALCAN, Paris - NICOLA ZANICHELLI, Bologne - DAVID NUTT, Londres
AKAD. VERLAGSGESELLSCHAFT, Leipzig - G. E. STECHERT & Co., New York
RUIZ HERMANOS, Madrid - LIVRARIA MACHADO, Porto - THE MARUZEN COMPANY, Tokyo.

„SCIENTIA“

REVUE INTERNATIONALE DE SYNTHÈSE SCIENTIFIQUE
Paraissant mensuellement (en fascicules de 100 à 120 pages chacun)
Directeurs : F. BOTTAZZI — G. BRUNI — F. ENRIQUES

EST L'UNIQUE REVUE à collaboration vraiment internationale.

EST L'UNIQUE REVUE à diffusion absolument mondiale.

EST L'UNIQUE REVUE de synthèse et d'unification du savoir, qui traite les questions fondamentales de toutes les sciences : histoire des sciences, mathématiques, astronomie, géologie, physique, chimie, biologie, psychologie et sociologie.

EST L'UNIQUE REVUE qui, par des enquêtes conduites auprès des plus éminents savants et écrivains de tous les pays (*Sur les principes philosophiques des diverses sciences ; Sur les questions d'astronomie et de physique les plus fondamentales qui se trouvent à l'ordre du jour ; Sur la contribution que les divers pays ont apportée au développement des diverses branches du savoir ; Sur les plus importantes questions de biologie ; Sur les grandes questions économiques et sociales internationales*), étudie tous les problèmes essentiels qui agitent les milieux intellectuels du monde entier, et constitue en même temps le premier essai d'organisation internationale du mouvement philosophique et scientifique.

EST L'UNIQUE REVUE qui puisse se vanter d'avoir parmi ses collaborateurs les savants les plus illustres du monde entier. Une liste de ceux-ci, comprenant plus de 350 noms, est reproduite dans presque tous les fascicules.

Les articles sont publiés dans la langue de leurs auteurs, et à chaque fascicule est joint un supplément contenant la traduction française de tous les articles non français. Ainsi la Revue est complètement accessible même à qui ne connaît que la langue française. (Demandez un numéro spécimen gratuit au Secrétaire Général de „Scientia“, Milan, en joignant à la demande, pour remboursement des frais d'envoi, la somme de trois francs en timbres-poste de votre pays.)

ABONNEMENT : Fr. 200.00

BUREAUX DE LA REVUE : Via A. De Togni 12 — Milano (116)

Secrétaire Général : Dr. PAOLO BONETTI

Pour la publicité demandez renseignements et tarifs aux Bureaux de la Revue.

PRIX EUGENIO RIGNANO

La Revue „Scientia“, dans le but de rendre le plus beau tribut à la mémoire de son ex-Directeur, en donnant une impulsion nouvelle aux études scientifiques et philosophiques auxquelles il a consacré toute sa vie, et en développant en même temps, et de plus en plus, cette union, cette émulation spirituelle entre les savants de tous pays, qui fut sa plus haute aspiration, a institué un **Prix Eugenio Rignano**, de dix mille Lires italiennes, à décerner par *Concours international* à l'auteur, jugé le plus digne, d'une étude sur le sujet suivant :

L'évolution de la notion du temps.

Conditions du Concours :

1. — Les aspirants au Prix devront faire connaître leur intention de prendre part au Concours, en envoyant leur ouvrage à la Rédaction de „Scientia“ au plus tard le 31 décembre 1932.
2. — Les ouvrages doivent être inédits ou publiés après l'année 1930 ; ils doivent être écrits en une des langues suivantes : italien, français, anglais, allemand, espagnol ; les ouvrages non imprimés devront être écrits à la machine.
3. — En tout cas, chacun des ouvrages doit être accompagné d'un résumé écrit à la machine, qui n'ait pas plus de 10 pages (4000 mots) et qui puisse être publié comme article dans la Revue.
4. — L'examen des ouvrages envoyés sera confié à une Commission nommée par la Direction de la Revue.

Pour tout renseignement, s'adresser à la Rédaction de „Scientia“, 12, Via A. De Togni, Milano (116), Italia.

LA DIRECTION DE „SCIENTIA“.

TARTU ÜLIKOOLI TOIMETUSED ilmuvad kolmes seerias:

A: Mathematica, physica, medica. (Matemaatika-loodusteaduskonna, arstiteaduskonna, loomaarstiteaduskonna ja põllumajandusteaduskonna tööd.)

B: Humaniora. (Usuteaduskonna, filosoofiateaduskonna ja õigusteaduskonna tööd.)

C: Annales. (Aastaruanded.)

Ladu: Ülikooli Raamatukogus, Tartus.

LES PUBLICATIONS DE L'UNIVERSITÉ DE TARTU (DORPAT) se font en trois séries:

A: Mathematica, physica, medica. (Mathématiques, sciences naturelles, médecine, sciences vétérinaires, agronomie.)

B: Humaniora. (Théologie, philosophie, philologie, histoire, jurisprudence.)

C: Annales.

Dépôt: La Bibliothèque de l'Université de Tartu, Estonie.
