

P 192

N° 1—5 B I

JANVIER—MAI

1938

BULLETIN INTERNATIONAL
DE L'ACADÉMIE POLONAISE
DES SCIENCES ET DES LETTRES

CLASSE DES SCIENCES MATHÉMATIQUES ET NATURELLES
SÉRIE B: SCIENCES NATURELLES (I)

CRACOVIE
IMPRIMERIE DE L'UNIVERSITÉ
1938



Publié, par l'Académie Polonaise des Sciences et des Lettres, sous la direction
de M. S. Maziarski, Secrétaire de la Classe des Sciences Mathématiques et
Naturelles (Cracovie, Institut d'Histologie de l'Université, rue Wielopole 15).

Nakładem Polskiej Akademii Umiejętności.
Drukarnia Uniwersytetu Jagiellońskiego pod zarządem Józefa Filipowskiego

BULLETIN INTERNATIONAL
DE L'ACADÉMIE POLONAISE DES SCIENCES ET DES LETTRES
CLASSE DES SCIENCES MATHÉMATIQUES ET NATURELLES
SÉRIE B: SCIENCES NATURELLES (I)

1938

Zachowanie się korzeni pod działaniem substancji wzrostowych kielków owsa i kukurydzy. — Das Verhalten der Wurzeln unter der Einwirkung von Wuchsstoffen der Avena- und der Zea-Koleoptilspitzen.

Mémoire

de M. **FR. WEILER**,

présenté le 7 Février 1938 par M. S. Krzemieniewski m. c.

(Planche 1).

I.

Die Wuchsstoffe der Pflanzen, wie Auxine, Heteroauxine oder Phytohormone bilden heute in der Biologie ein Problem von besonderem Interesse.

Eng verbunden mit ihnen ist das Problem der Entstehung und des Wachstums von Pflanzenorganen, ihrer Bewegungen und Empfindlichkeit äußeren Reizen gegenüber¹⁾. Besondere Beachtung wird im Bereiche erwähnter Untersuchungen dem Geotropismus gewidmet.

Wird die Koleoptile oder die Wurzel einer Pflanze entspitzt, so pflegen die genannten Organe meistens eine Zeitlang keiner geotropischen Reaktion fähig zu sein, dabei aber eine Beschleunigung (die Wurzeln), oder auch eine Hemmung (die Koleoptilen) des Wachstums zu erfahren. Schon diese Tatsachen zeugen dafür, daß die Wuchsstoffe hauptsächlich in den Spitzen der Wurzeln und der Koleoptile vorhanden sind und das Wachstum dieser Organe regulieren. In quergelegten Organen gelangen die Wuchs-

¹⁾ Eine Zusammenstellung der diesbezüglichen, sehr umfangreichen Literatur befindet sich in den unter 3, 12, 13, 19, 22 und 24 genannten Werken.

stoffe auf deren untere Seite, wo sie eine Hemmung oder Beschleunigung des Wachstums bewirken, was negative Krümmungen der oberirdischen Organe und positive Krümmungen der Wurzeln zur Folge hat. Da nun, wie mehrmals festgestellt worden ist, eine Koleoptilspitze, die auf eine entspitzte Wurzel aufgesetzt wurde, deren Wachstum genau so hemmt wie eine Wurzelspitze, und eine Wurzelspitze, die der Koleoptile aufgetragen wurde, ihr Wachstum so beschleunigt wie eine Koleoptilspitze, so scheint daraus zu folgen, daß die Wuchsstoffe der Wurzel und der Koleoptile gleichartig sind, daß aber die oberirdischen Organe und die Wurzeln sich ihnen gegenüber entgegengesetzt verhalten.

Vor kurzem wurde jedoch ein abweichendes Verhalten der Wurzeln von *Lupinus luteus* festgestellt, denen an Stelle ihrer Spitzen Koleoptilspitzen von *Avena* aufgetragen wurden (17). In eine wagrechte Lage versetzt, krümmen sich solche Wurzeln nicht, wie zu erwarten wäre, positiv geotropisch, sondern erfahren eine negative Krümmung. Es wurde auch beobachtet, daß eine von der Keimpflanze abgetrennte, aber nicht entspitzte Wurzel von *Lupinus luteus* keine normale geotropische Krümmung erfährt, falls ihrer Basis eine Koleoptilspitze von *Avena* aufgetragen wird, sondern ohne jegliche Krümmung in der horizontalen Lage verbleibt.

Diese Beobachtungen, die einer eingehenden Analyse unterzogen werden müssen, bilden den Gegenstand der vorliegenden Arbeit. Sie wurde ausgeführt in den Jahren 1936 und 1937 im Biologisch-Botanischen Institut der J. K. Universität, Lwów, auf Anregung und unter der Leitung des Herrn Prof. Dr. S. Krzemieniewski, welchem ich an dieser Stelle für die vielen wertvollen Ratschläge meinen herzlichsten Dank ausspreche.

Während der Ausführung dieser Arbeit sind einige andere erschienen, die ähnliche Probleme behandeln. Manche von ihnen sind mit unserem Thema eng verknüpft.

Den Ausgangspunkt fast all dieser Arbeiten bildet die seiner Zeit von Niels Nielsen (18) und vor kurzem von Boysen Jensen geäußerte Vermutung (4), daß die Wuchsstoffe deshalb das Wachstum der Wurzeln hemmen, weil dieselben besonders empfindlich sind, und daß diese Stoffe, in stärkerer Verdünnung angewendet, das Wachstum der Wurzeln vielleicht fördern könnten, mit anderen Worten, daß das abweichende Verhalten der Wurzeln

und Stengel nur von der Menge der ihnen zugeführten Wuchsstoffe abhängt (4). Diese Annahme sollte bald durch mehrere Arbeiten bestätigt werden. Faber (9) konnte schon beweisen, daß die aus Harn oder Mais gewonnenen, zu Lanolinpaste verarbeiteten Wuchsstoffe, sowie die synthetische β -Indolylessigsäure je nach ihrer Konzentration verschieden auf die Wurzeln einwirken.

Die Reaktion der Wurzeln auf die ihnen von außen gebotenen Wuchsstoffe hängt nach Ansicht der Verfasserin auch von ihrem eigenen Wuchsstoffgehalt ab. Daher das bis zu einem gewissen Grade abweichende Verhalten der großen und der kleinen Wurzeln, sowie der Unterschied im Verhalten der unversehrten Wurzeln und derjenigen, die entspitzt wurden.

Obwohl der Versuch, die negativen Krümmungen der Wurzeln mit der Hemmung ihres Wachstums in Beziehung zu setzen, sowie manch andere Stellen der Abhandlung, auf die bereits Söding (23) hingewiesen hat, einer gewissen Unklarheit nicht entbehren, so deuten die Hauptergebnisse der Untersuchung von Faber doch darauf hin, daß zwischen der Richtung, in der die Krümmung der Wurzeln erfolgt, und der Menge des einseitig dargebotenen Wuchsstoffes zweifelsohne eine Beziehung besteht.

Fiedler (10) verwendete in seinen Versuchen nebst Heteroauxin (β -Indolylessigsäure) auch Rhizopin, Rhizokallin u. a. Wuchsstoffe. Er stellte fest, daß das Wachstum der Wurzelspitzen von *Zea Mays* in flüssiger Nährlösung gefördert wird, falls das Heteroauxin in einer Menge von 0.1 γ pro Liter dargeboten wird, daß aber die Menge von 1 γ pro Liter bereits eine Wachstumshemmung bewirkt.

Kurz darauf kam auch Amlong (1) in seinen Untersuchungen über die Einwirkung von Heteroauxin auf dekapitierte Wurzeln von *Vicia Faba* zu ähnlichen Ergebnissen. Die Wurzelspitzen wurden entfernt, da angenommen wurde, daß Wurzeln, die nur wenig eigene Wuchsstoffe in sich enthielten, gegen eine äußere Einwirkung empfindlicher sind. Die operierten Wurzeln wurden senkrecht über einem Gefäße mit Heteroauxinlösung befestigt, darauf ihrer Länge nach mit schmalen, feuchten Streifen von Fließpapier einseitig beschickt, die mit ihren Enden in die Lösung eingetaucht wurden. Das Heteroauxin kam erst 3 Stunden nach dem Abschneiden der Spitzen zur Anwendung, weil man

den Gehalt an eigenem Wuchsstoffe so weit als möglich zu verringern suchte. Auf Grund dieser Untersuchungen wurde von Amlong festgestellt, daß das Heteroauxin in einer Konzentration von 10^{-9} n das Wachstum der Wurzeln beschleunigt, wogegen bei größeren Konzentrationen eine Hemmung erfolgt. Die größte Wachstumshemmung wurde bei einer Konzentration von 10^{-5} n verzeichnet. Eine Bestätigung dieser Ergebnisse findet Amlong in einem weiteren Versuche mit den Wurzeln von *Vicia Faba*, die, nachdem die Spitzen zwecks Entfernung des Wuchsstoffes abgeschnitten worden waren, 3 Stunden lang in vertikaler, und erst dann in wagrechter Lage gehalten wurden. Die auf diese Weise behandelten Wurzeln erfahren in weiteren 3 Stunden eine negative Krümmung, da geringe Mengen von Wuchsstoff auf ihre untere Seite einwirken. Hier ist ein gewisser Mangel an Übereinstimmung mit den Versuchen von Fiedler nicht außer Acht zu lassen. Der letztgenannte Autor konnte nämlich stets normale, positive Krümmungen an Wurzeln beobachten, die seiner Meinung nach keinen Wuchsstoff mehr enthielten, oder nur so geringe Mengen von Wuchsstoff, daß sie nicht festgestellt werden konnten. Ob die Wurzeln in den Versuchen Fiedlers wirklich frei von Wuchsstoff waren, ist schwer zu sagen. Die mit dem Avenatest vorgenommenen Proben sind unzureichend. Jedenfalls waren in den Wurzeln, da sie ergrünten, Bedingungen zur Wuchsstoffbildung vorhanden (24).

Ähnliche Ergebnisse wie Amlong hatten auch Geiger-Huber und Burlet (11) in ihren Versuchen mit ganzen, nicht dekapitierten Wurzeln von *Zea Mays* zu verzeichnen. Heteroauxinlösungen in einer Konzentration von 10^{-10} molar bis 10^{-13} molar pflegten ihr Wachstum zu beschleunigen, wobei das Optimum des Wachstums bei einer Konzentration von 2.86×10^{-11} molar = 0.005γ pro Liter festgestellt wurde. Bei einer Konzentration von 10^{-9} molar — 10^{-5} molar wurde bereits eine Hemmung wahrgenommen.

In letzter Zeit wurde dasselbe Problem von L. Jost und E. Reiß (15) behandelt. Sie führten Versuche aus mit ganzen Wurzeln von *Lupinus* und *Pisum*, welche mit ihren Spitzen in verschiedene Lösungen von Heteroauxin eingetaucht wurden. Zuerst (1936) stellten die Verfasser ein beschleunigtes Wachstum bei einer Konzentration von 1:1 Milliarde fest, in weiteren Ver-

suchen wurde dasselbe manchmal erst bei einer Konzentration von 1:100 Milliarden, oder sogar von 1:10 Billionen festgestellt. Stärkere Lösungen pflegten das Wachstum immer zu hemmen. Darin könnte man gewissermaßen eine Bestätigung der Ergebnisse der anderen Verfassern erblicken, denen zufolge stark verdünnte Heteroauxinlösungen das Wachstum beschleunigen. Jost und Reiß suchen jedoch angesichts der großen Abweichungen im Verhalten einzelner Wurzeln, ihre Beobachtungen nicht zu verallgemeinern. Die Verfasser stellen somit fest, daß es ihnen nicht gelungen ist, ein beschleunigtes Wachstum der Wurzeln unter Einwirkung stark verdünnter Heteroauxinlösungen zu beobachten, wie dies von anderen Autoren beschrieben wurde. Jost und Reiß erblicken jedoch darin keinen Widerspruch mit den Ergebnissen anderer Verfasser. Jost und Reiß beobachteten nämlich die Wachstumshemmung der Wurzeln gewöhnlich unmittelbar nach Verabreichung des Heteroauxins, was Fiedler nicht beobachten konnte, da seine Messungen erst nach längerer Zeit gemacht wurden.

Andererseits bemerken Jost und Reiß, daß sie nicht feststellen konnten, ob nicht auf die anfängliche Wachstumshemmung der Wurzeln später ein beschleunigtes Wachstum folgt, da gewisse Anzeichen jedenfalls dafür sprechen. Endlich machen die Verfasser auf den Umstand aufmerksam, daß in den Versuchen von Fiedler Wurzeln verwendet wurden, die von Auxin freigemacht worden waren, wogegen sie ihre Versuche mit normalen Wurzeln anstellten, und daß, wenn es sich um die Untersuchungen von Amlong handelt, der seine Untersuchungen an ganz anderem Material ausgeführt hatte, nämlich an dekapitierten Wurzeln von *Vicia Faba*.

Ungeachtet dieser Vorbehalte kann jedoch, angesichts der Versuche von Jost und Reiß, das Problem der Abhängigkeit des Wurzelwachstums von der Konzentration der Wuchsstoffe nicht als gelöst und abgeschlossen erachtet werden und die Annahme, daß das Wachstum durch sehr geringe Mengen dieser Stoffe beschleunigt wird, bedarf noch einer Bestätigung.

Ein Beitrag zur Kenntnis dieses Gegenstandes, wie ihn die in der vorliegenden Arbeit zusammengestellten Versuche bieten, scheint somit an der Zeit.

II.

Die Aufgabe der vorliegenden Untersuchungen besteht in einer Analyse der Erscheinung, daß die Spitze der *Avena*-Koleoptile einer wagrecht liegenden Wurzel von *Lupinus luteus* an Stelle von deren eigener Spitze aufgetragen, eine Beschleunigung des Wachstums an der unteren Seite und somit eine negative Krümmung der Wurzel bewirkt. Um diese Erscheinung zu erklären, mußten Versuche mit größeren und kleineren Mengen der in den *Avena*-Koleoptilen tätigen Wuchsstoffe angestellt werden; vorher mußte aber festgestellt werden, ob ein solches Verhalten der Wurzeln von *Lupinus luteus* der *Avena*-Koleoptile gegenüber wirklich eine außergewöhnliche, bei anderen Wurzeln nicht vorkommende Erscheinung ist, und wie sie sich verhalten würden, falls statt der *Avena* die Koleoptilspitzen anderer Gräser verwendet würden.

Nachdem die Samen im Wasser gequollen waren, wurden sie in Sägespänen zur Keimung gebracht. Die Spitze der Wurzeln von *Lupinus* wurde in einer Länge von 1·5 mm abgeschnitten, die Koleoptilspitzen von *Avena* in einer Länge von 2—3 mm; letztere erfolgte bei Pflanzen, deren Koleoptile eine Länge von 2—3 cm aufwiesen. All diese Operationen, sowie das Auftragen der Koleoptilspitzen auf die *Lupinus*-Wurzeln erfolgten in einem Dunkelzimmer bei rotem Lichte. Sodann wurden die Wurzeln mit den Samen, oder die von Samen abgetrennten Wurzeln auf schmalen Holzleisten zwischen zwei feuchten, schmalen, mit Stecknadeln befestigten Streifen von Fließpapier wagrecht angebracht, die Holzleisten darauf in mit feuchtem Fließpapier ausgekleideten Glasgefäßen aufgestellt. Auf einer Holzleiste wurden für gewöhnlich 5 Wurzeln befestigt. Ein jeder Versuch bestand aus mehreren solchen Holzleisten.

Das Auftragen der Koleoptilspitzen von *Avena* auf die *Lupinus*-Wurzeln war meistens nur ein Orientierungsversuch. Handelte es sich um verschiedene Mengen des Wuchsstoffes, so kamen zwecks Abfangung des Wuchsstoffes in der üblichen Weise 3% Agarwürfelchen zur Anwendung. Zwecks Gewinnung des Wuchsstoffes in solchen Mengen, die Bruchteilen einer Koleoptilspitze von *Avena* entsprechen würden, wurden größere Agarplättchen benutzt, die dann in Teile zerlegt wurden, deren Ausmaße gewöhnlich $2 \times 2 \times 1$ mm betragen. Sollten größere Mengen des Wuchsstoffes gesammelt werden, so trug man den Agarplatten

mehrere Koleoptilspitzen auf einmal auf, wobei manchmal diese Tätigkeit mehrere Male nacheinander wiederholt wurde. Die Diffusion des Wuchsstoffes in die Agarplatte nahm 4 Stunden in Anspruch. Die Agarwürfelchen mit dem Wuchsstoffe wurden an der Wurzel, entweder an Stelle der entfernten Wurzelspitze angebracht, oder an der Basis, d. h. an der Stelle, wo die Wurzel von dem Hypokotyl abgetrennt wurde. Die Einwirkung des Wuchsstoffes auf die wagrecht liegenden Wurzeln wurde nach dem Krümmungswinkel ihrer Spitzen von der Horizontalen beurteilt. Die Messungen wurden 5 Stunden nach Beginn des Versuches ausgeführt.

Zwecks Ermittlung, inwieweit das Verhalten der Wurzeln von *Lupinus luteus* der *Avena*-Koleoptile gegenüber als außergewöhnlich zu gelten hat, wurden Versuche mit den Wurzeln mehrerer anderer Pflanzen angestellt, die zu solchen Untersuchungen öfters herangezogen zu werden pflegen.

Tabelle I bringt die Ergebnisse dieser Versuche. Die Zahlen führen an, wie viele Wurzeln zu jedem Versuch verwendet worden sind, die Zeichen + und — die Richtung, in der unter dem Einfluß der *Avena*-Koleoptilspitze die Krümmung der wagrecht liegenden Wurzeln erfolgte.

TABELLE I.

Die Krümmungen entspitzter Wurzeln in wagrechter Lage unter Einwirkung der Koleoptilspitzen von <i>Avena</i>		
Die Wurzeln	Anzahl	Krümmung
<i>Helianthus annuus</i>	110	+
<i>Zea Mays</i>	140	+
<i>Cucurbita Pepo</i>	40	+
<i>Vicia Faba</i>	180	+
<i>Vicia Faba minor</i>	60	+
<i>Phaseolus multiflorus</i>	80	+
<i>Soja hispida</i>	55	+
<i>Pisum sativum</i>	120	0
<i>Lupinus angustifolius</i>	160	+
<i>Lupinus albus</i>	60	+
<i>Lupinus luteus</i>	295	—

Nur die Wurzeln von *Lupinus luteus* und *Pisum sativum* unterscheiden sich von den anderen. Die Wurzeln von *Lupinus luteus* krümmen sich unter der Einwirkung des *Avenakoleoptils* negativ, die Wurzeln von *Pisum sativum* weisen überhaupt keine Krümmung auf. Alle anderen ergeben mit Hafer eine normale, positive Reaktion. Mit ihren eigenen Spitzen krümmen sich alle Wurzeln positiv, nach Entfernung der Spitze (1·5 mm von dem Ende der Wurzel) bleiben sie gerade, ohne jegliche Krümmung. Manchmal konnten jedoch gewisse Abweichungen verzeichnet werden. So z. B. konnten neben 65 dekapitierten Wurzeln von *Zea Mays*, die keine Krümmung aufzuweisen hatten, 3 mit einer positiven Krümmung verzeichnet werden, oder neben 84 ungekrümmten Wurzeln von *Vicia Faba* 4 negativ gekrümmte, neben 60 positiv gekrümmten Wurzeln von *Lupinus angustifolius* 8 mit einer negativen Krümmung und neben 40 positiv gekrümmten Wurzeln von *Lupinus albus* zwei, die eine negative Reaktion erkennen ließen. Diese Abweichungen konnten wenigstens teilweise durch das Abschneiden zu langer oder zu kurzer Stücke von der Wurzelspitze bedingt sein.

Es mußte sodann festgestellt werden, ob die Wurzeln von *Lupinus luteus* unter der Einwirkung der Koleoptilen anderer Gräser an Stelle des Hafers nicht gleichfalls eine negative Reaktion ergeben. Tabelle II umfaßt die Ergebnisse der diesbezüglichen Versuche. Die Zahlen geben in % die Anzahl der Wurzeln von *Lupinus luteus* an, welche die durch +, 0, oder — bezeichneten Krümmungen aufwiesen.

Unter der Einwirkung der *Avenakoleoptile* reagieren die Wurzeln von *Lupinus luteus* immer negativ, unter der Einwirkung der *Zea-Koleoptile* immer positiv. Den Koleoptilen anderer Gräser gegenüber verhalten sie sich verschieden. Auf die Koleoptilen von *Secale*, *Hordeum*, *Triticum* reagieren sie meistens positiv, unter der Einwirkung der Koleoptile von *Festuca pratensis* und *Dactylis glomerata* bleiben sie meistens gerade. Die ungleichartigen Ergebnisse bei der Koleoptile derselben Pflanze ist möglicherweise darauf zurückzuführen, daß das verwendete Material nicht reinen Linien entstammte, vielleicht auch darauf, daß beim Abtrennen der Wurzel- und der Koleoptilspitzen, was durch Freihandmanipulation geschah, nicht immer gleich lange Stücke abgeschnitten wurden; von Bedeutung konnte dabei endlich auch der

TABELLE II.

Die Krümmungen der Wurzeln von <i>Lupinus luteus</i> unter Einwirkung der Koleoptilspitzen verschiedener Gräser. Die Zahlen bezeichnen in % die Anzahl der in verschiedener Weise reagierenden Wurzeln.			
Gräser, deren Koleoptilspitzen verwendet wurden	Die Zahl der gekrümmten Wurzeln von <i>Lupinus luteus</i> in %		
	+	0	—
<i>Zea mays</i>	100	0	0
<i>Secale</i>	87	6	7
<i>Hordeum</i>	79	11	10
<i>Triticum</i>	68	18	14
<i>Bromus inermis</i>	27	50	23
<i>Bromus mollis</i>	20	57	23
<i>Avena fatua</i>	27	40	33
<i>Avena strigosa</i>	23	58	20
<i>Lolium perenne</i>	19	56	25
<i>Arrhenatherum elatius</i>	13	47	40
<i>Festuca pratensis</i>	20	80	0
<i>Dactylis glomerata</i>	13	87	0
<i>Avena sativa</i>	0	0	100

Umstand sein, daß beim Auflegen der kleinen Koleoptilspitzen der Gräser auf die immerhin größere Fläche des Querschnittes der *Lupinus*-Wurzeln, die Koleoptilen nicht immer auf den gleichen Stellen angebracht wurden. Wie dem auch sei, muß doch das gleichartige Verhalten der Wurzeln von *Lupinus luteus* und von *Pisum sativum* hervorgehoben werden, ebenso die immer gleiche Wirkung der Koleoptilspitze von *Avena* und von *Zea Mays* auf die Wurzeln von *Lupinus luteus*.

Aus diesem Grunde mußten diese Pflanzen in weiteren Versuchen besondere Beachtung finden.

III.

Wir geben im Folgenden einen Überblick über die Versuche. An erster Stelle stehen die Versuche mit querliegenden Wurzeln von *Lupinus luteus* mit Agarwürfelchen an der Stelle der abgetrennten Wurzelspitzen, die verschieden große Mengen des aus

Avena-Koleoptilen gewonnenen Wuchsstoffes enthalten. Die Mengen des Wuchsstoffes werden im Nachfolgenden immer in der Anzahl der *Avena*- oder *Zea*-Koleoptilspitzen angegeben, aus denen sie gewonnen wurden, und werden mit col bezeichnet.

I. Serie. Entspitzte Wurzeln von *Lupinus luteus* unter Einwirkung des Wuchsstoffes der *Avenakoleoptile*.

Die Menge des Wuchsstoffes in col-Einheiten	1/8	1/4	1/2	1	2	3	4	5	6
Die Zahl der untersuchten Wurzeln	40	40	80	295	90	40	50	30	65
Die Krümmungsrichtung u. der mittlere Krümmungswinkel der Wurzeln in wagrechter Lage	0	—	—	—	—	—	0	+	+
	0°	6°	20°	50°	65°	25°	—	30°	70°

Diese Versuchsserie ist von großer Wichtigkeit. Es folgt aus ihr, daß die in Agarplatten abgefangenen Wuchsstoffe in einer Menge, die 1/8 der *Avenakoleoptile* entspricht auf die quergelegten Wurzeln von *Lupinus luteus* keinen merklichen Einfluß ausüben. Die Wurzeln bleiben gerade, wie immer, nachdem von ihrer Spitze 1.5 mm abgeschnitten wurden. Erst eine Menge von Wuchsstoff, die 1/4 des *Avenakoleoptils* entspricht, sowie noch größere Mengen, bewirken eine sichtliche Krümmung. Die Wurzeln krümmten sich negativ und zwar wurde die stärkste Krümmung bei einer Menge von Wuchsstoff verzeichnet, die 1—2 *Avenakoleoptilen* entsprach. Bei einer Menge von 3 col. pflegte die negative Krümmung bereits schwächer zu sein, bei 4 col. blieben die horizontalen Wurzeln gerade, ohne Krümmungen aufzuweisen, noch größere Mengen des Wuchsstoffes bewirkten eine immer größere positive Krümmung. Bei 6 col. sind die positiven Krümmungen der Wurzeln fast doppelt so groß, wie bei 5 col. Es ist klar, daß die negativen Krümmungen der Wurzeln durch eine Beschleunigung des Wachstums an ihrer unteren Seite hervorgerufen werden, die positiven durch dessen Hemmung.

Die Unterschiede in der Wachstumsgeschwindigkeit der Wurzeln unter Einwirkung verschieden großer Mengen von Wuchsstoff können auch unmittelbar an senkrechten Wurzeln beobachtet werden. So betrug z. B. der mittlere Zuwachs eines 10 mm langen Abschnittes der Wurzel, 1 mm oberhalb der Wurzelspitze gerechnet, nach 5 Stunden mit 1. col. von *Avena* 1.93 ± 0.04 mm,

mit 2 col. 2.04 ± 0.01 mm, mit 3 col. 1.08 ± 0.01 mm, mit 4 col. 1.41 ± 1.01 mm, mit 6 col. 1.03 ± 0.01 mm.

Aus dem Umstand, daß die Wurzeln von *Lupinus luteus* mit unverletzten Spitzen in horizontaler Lage positive Krümmungen erfahren, welche in dekapitierten Wurzeln erst unter Einwirkung von Wuchsstoff in einer Menge von 5 col. von *Avena* zu erzielen sind, wäre zu folgern, daß die Menge des Wuchsstoffes, die in einer Wurzelspitze von *Lupinus luteus* enthalten ist, fünfmal größer ist als in einer Koleoptilspitze von *Avena*. Eine solche Folgerung wäre jedoch zu weitgehend, denn es ist erstens nicht bekannt, ob bei den Versuchen die ganze Menge des Wuchsstoffes von der *Avena*-koleoptilspitze ins Agar hinein diffundiert, des weiteren kann nicht mit Sicherheit behauptet werden, daß der Wuchsstoff der Koleoptile von derselben Art ist wie der Wuchsstoff der Wurzeln, ebensowenig ist bekannt, ob die Wurzeln dem Wuchsstoffe der Koleoptile und dem Wuchsstoffe der Wurzelspitze gegenüber gleich empfindlich sind.

In den weiteren Versuchsserien wurde das Verhalten der Wurzeln anderer Pflanzen geprüft, die öfters zu analogen Untersuchungen verwendet zu werden pflegen.

II. Serie. Entspitzte Wurzeln von *Lupinus albus* unter Einwirkung des Wuchsstoffes der *Avena*-Koleoptile.

Die Menge des Wuchsstoffes der <i>Avena</i> -Koleoptile in col. Einheiten	1/8	1/4	1/2	1	3
Die Zahl der untersuchten Wurzeln von <i>Lupinus albus</i>	30	25	25	20	20
Die Krümmungsrichtung und der mittlere Krümmungswinkel der Wurzeln in wag-rechter Lage	0	+ 0 20 Wurzeln + 10°-30°; 5 Wurzeln 0	+ 50°-60°	+ 85°-90°	+ Die größte Krümmung

Unter der Einwirkung des Wuchsstoffes der *Avena*-Koleoptile in Mengen von 1/8 bis 3 col. pflegen die Wurzeln von *Lupinus albus* keine negativen Krümmungen aufzuweisen, sie bleiben entweder gerade, ohne jede Krümmung, oder sie krümmen sich positiv. Die positiven Krümmungen entstehen dabei bereits bei 1/4 col.,

was im Vergleich mit den Wurzeln von *Lupinus luteus*, auf eine größere Empfindlichkeit der Wurzeln von *Lupinus albus* hinzuweisen scheint. Auf kleinere Mengen des Wuchsstoffes der *Avena*-koleoptile reagieren die Wurzeln von *Lupinus albus* nicht mit negativen Krümmungen. Es besteht die Möglichkeit, daß sich an diesen Wurzeln negative Krümmungen vielleicht durch viel kleinere Wuchsstoffmengen als durch 1/8 col. erzielen ließen. Diese Hypothese verdient, einer besonderen Untersuchung unterzogen zu werden.

III. Serie. Entspitzte Wurzeln von *Pisum sativum* unter Einwirkung des Wuchsstoffes der *Avena*-Koleoptile.

Die Menge des Wuchsstoffes der <i>Avena</i> -Koleoptile in col. Einheiten	1/16	1/8	1/4	1/2	1	2	3	5
Die Zahl der untersuchten Wurzeln von <i>Pisum sativum</i>	20	20	20	20	25	25	25	25
Die Krümmungsrichtung und der Krümmungswinkel der Wurzeln in wagrechter Lage	0	0	0	0	0	0 +	+	+
						20 Wurz. 0 5 » +	30°—35°	50°—55°

Die Wurzeln von *Pisum sativum* zeigten ähnlich wie die Wurzeln von *Lupinus albus* bei Einwirkung geringer Mengen von Wuchsstoff der *Avena*-Koleoptile keine negativen Krümmungen, sondern blieben gerade. Dieses Ausbleiben der Reaktion umfaßt eine ganze Reihe der mit immer größeren Mengen von Wuchsstoff behandelten Wurzeln und konnte noch sogar bei Wurzeln mit 1 col. festgestellt werden; erst unter der Einwirkung von 2 col. waren positive Krümmungen feststellbar. Größeren Mengen von Wuchsstoff gegenüber erweisen sich die Wurzeln von *Pisum sativum* zwar als ein wenig empfindlicher als die Wurzeln von *Lupinus luteus*, sie sind jedoch viel weniger empfindlich, als die Wurzeln von *Lupinus albus*.

Im Lichte dieser Versuchsserie wird das abweichende Verhalten der Wurzeln von *Pisum sativum* unter Einwirkung der *Avena*-Koleoptilspitze verständlich und entspricht den auf S. 7 u. 9 dargestellten Schilderungen.

IV. Serie. Entspitzte Wurzeln von *Zea Mays* unter Einwirkung des Wuchsstoffes der *Avena*-Koleoptile.

Die Menge des Wuchsstoffes der <i>Avena</i> -Koleoptile in col. Einheiten	1/8	1/4	1/2	1	2	3	4
Die Zahl der untersuchten Wurzeln von <i>Zea Mays</i>	25	25	25	25	25	25	25
Die Krümmungsrichtung und der Krümmungswinkel der Wurzeln in wagrechter Lage	— +	— 0	0 +	+	+	+	+
	23 Wurz. — 2 » +	14 Wurz. — 7°—8° 11 » 0	17 Wurz. 0 8 » + 10°				

Die Ergebnisse der Versuche mit den Wurzeln von *Zea Mays* sind insofern interessant, als sie gewissermaßen an das Verhalten der Wurzeln von *Lupinus luteus* erinnern. Mit geringen Wuchsstoffmengen der *Avena*-Koleoptilspitzen behandelt, krümmen sich die Wurzeln von *Zea Mays* meistens negativ, wobei bei 1/4 col. die Zahl der negativ gekrümmten die Zahl der gerade gebliebenen übertrifft. Unter der Einwirkung von 1/2 col. weisen manche Wurzeln bereits eine positive Krümmung auf, die meisten bleiben jedoch noch gerade und erst von 1 col. an krümmen sich alle Wurzeln positiv. Der Hauptunterschied in dem Verhalten der Wurzeln von *Zea Mays* und *Lupinus luteus* besteht darin, daß an den Wurzeln von *Zea Mays* positive Krümmungen durch viel kleinere Wuchsstoffmengen erzielt werden, als den Wurzeln von *Lupinus luteus*, in welcher Beziehung die Wurzeln von *Zea Mays* mehr an die Wurzeln von *Lupinus albus* erinnern.

Eine Zusammenstellung der Ergebnisse der oben geschilderten Versuche ergibt, daß die Wurzeln der verschiedenen Pflanzen nicht in derselben Weise auf den Wuchsstoff der *Avena*-Koleoptile reagieren. Wenn wir die Richtung, in der die Krümmung der quergelegten Wurzeln unter der Einwirkung verschieden großer Mengen des *Avena*-Wuchsstoffes erfolgt, berücksichtigen, so können wir diese Ergebnisse folgendermaßen zusammenfassen: (Siehe S. 14).

Ein Vergleich zwischen dem Verhalten der Wurzeln von *Zea Mays* und *Lupinus luteus* ergibt, daß die ersteren empfindlicher sind. Der Umschwung von der negativen zu der positiven Reaktion erfolgt nämlich bei den Wurzeln von *Zea Mays* unter

Das Verhalten der Wurzeln unter dem Einfluß der *Avena*-Wachsstoffe:

Die Menge des Wachstoffs der
Avena-Koleoptile in col. Ein-
heiten

Die Krümmungs-
richtung der Wur-
zeln von:

	1/16	1/8	1/4	1/2	1	2	3	4	5	6
<i>Lupinus luteus</i>		0	-	-	-	-	-	0	+	+
<i>Pisum sativum</i>	0	0	0	0	0	0	+	+	+	+
<i>Zea Mays</i>		-	0	+	+	+	+	+	+	
<i>Lupinus albus</i>		0	+	+	+					+

der Einwirkung verhältnismäßig kleinerer Mengen des *Avena*-Wachstoffs, da mit 1/8 col. eine negative, mit 1 col. eine positive Reaktion erfolgt, während bei den Wurzeln von *Lupinus luteus* die entsprechenden Werte 3 col. und 5 col. betragen. An den Wurzeln von *Pisum sativum* und *Lupinus albus* wurden unter der Einwirkung der in den Versuchen angewendeten Wachstoffs mengen keine negativen Krümmungen festgestellt. Die Krümmungen 0 und + der Wurzeln von *Lupinus albus* erfolgten unter Einwirkung von 1/8 und 1/4 col., diejenigen der Wurzeln von *Pisum sativum* unter der Einwirkung von 1 und 3 col. Es folgt daraus, daß *Pisum sativum* im Vergleich mit *Lupinus albus* sich größeren Wachstoffs mengen gegenüber als weniger empfindlich erweist. Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß, falls es sich um positive Krümmungen der Wurzeln unter dem Einflusse der *Avena*-Koleoptile handelt, diese am leichtesten bei *Lupinus albus* erfolgen, dann bei *Zea Mays*, *Pisum sativum* und endlich bei *Lupinus luteus*. Die negativen Krümmungen der Wurzeln von *Lupinus luteus* können schon durch 3 col. erzielt werden, während sie an den Wurzeln von *Zea Mays* bereits bei 1/4 col. nachzulassen beginnen. Eine negative Reaktion der Wurzeln von *Lupinus albus* scheint zu ihrem Zustandekommen Wachstoffs in einer Menge zu erfordern, die kleiner wäre als 1/8 col., eine negative Reaktion der Wurzeln von *Pisum sativum* sogar in einer Menge, die nicht einmal 1/16 col. erreicht.

IV.

Wir gehen nun an eine Darstellung des Einflusses der Wachstoffs der Koleoptilspitze von *Zea Mays* auf das Wachstum der Wurzeln von *Lupinus luteus*, *Pisum sativum*, *Zea Mays* und *Lu-*

pinus albus. Die Wahl der *Zea*-Koleoptilen erfolgte aus dem Grunde, weil die Wurzeln von unserem *Lupinus luteus* mit ihnen stets eine positive Reaktion ergaben.

V. Serie. Entspitzte Wurzeln von *Lupinus luteus* unter Einwirkung des Wuchsstoffes der *Zea*-Koleoptile.

Aus nebenstehender Tabelle ist ersichtlich, daß sich die Wurzeln von *Lupinus luteus* unter der Einwirkung des Wuchsstoffes der *Zea*-Koleoptile genau so verhalten, wie unter der Einwirkung des *Avena*-Wuchsstoffes. In Querlage gebracht, krümmen sie sich positiv, negativ, oder bleiben gerade, je nach der Menge des Wuchsstoffes. Die Unterschiede bestehen darin, daß die negativen Krümmungen bei Behandlung mit dem *Zea*-Wuchsstoff früher, und zwar bereits bei 1/8 col. zu erfolgen pflegen, während dies bei Anwendung des Wuchsstoffes der *Avena*-Koleoptile erst bei 1/4 col. der Fall ist. Ähnlicherweise sind die positiven Krümmungen, die nach Verabreichung größerer Wuchsstoffmengen in Erscheinung treten, bei Anwendung des *Zea*-Wuchsstoffes früher (bei 1 col.) zu verzeichnen, als bei der Einwirkung des Wuchsstoffes der *Avena*-Koleoptile (5 col.). Daraus kann geschlossen werden, daß entweder die Wurzeln von *Lupinus luteus* auf den Wuchsstoff der *Zea*-Koleoptile empfindlicher reagieren als auf den Wuchsstoff von *Avena*, oder aber, daß die Koleoptilspitzen von *Zea Mays* an Wuchsstoff (Auxin) reicher sind als die Koleoptilspitzen

8	15	+	15°-20° Krank.
7	15	+	
6	15	+	75°-80°
5	15	+	90°-92°
4	15	+	80°-90°
3	45	+	85°
2	45	+	65°
1	95	+	25°
1/2	55	0 +	42 Wurz. 0
1/4	110	0 -	106 Wurz. - 30°-45° 4 Wurz. 0
1/8	55	0 -	50 Wurz. - 5°-7° 5 Wurz. 0
1/16	55	0	
Die Menge des Wuchsstoffes der <i>Zea</i> -Koleoptile in col. Einheiten			
Die Zahl der untersuchten Wurzeln			
Die Krümmungsrichtung und der mittlere Krümmungswinkel der Wurzeln in wagrechter Lage			

von *Avena sativa*, was den Angaben Kögl's und seiner Mitarbeiter entsprechen würde, denen zufolge eine Maisspitze im Laufe einer Stunde etwa 1·3 *Avena*-Einheiten von Wuchsstoff an Agar-Agar abzugeben pflegt.

Es muß hier bemerkt werden, daß die Wurzeln von *Lupinus*, welche mit 6 oder mehr col. des Wuchsstoffes der *Zea*-Koleoptile behandelt wurden, kein normales Bild mehr ergeben. Ihre Krümmungen werden schwächer, und ihr Welken und Braunwerden verrät Krankheitssymptome.

VI. Serie. Entspitzte Wurzeln von *Pisum sativum* unter Einwirkung des Wuchsstoffes der *Zea*-Koleoptile.

Die Menge des Wuchsstoffes der <i>Zea</i> -Koleoptile in col. Einheiten	1/16	1/8	1/4	1/2	1	2	3	4
Die Zahl der untersuchten Wurzeln von <i>Pisum sativum</i>	30	30	30	30	25	30	30	30
Die Krümmungsrichtung und der mittlere Krümmungswinkel	0	0	0	0	0 +	+	+	+
					22 Wurz. 0 3 » +	26 Wurz. + 4 » 0		

Auch hier sind die Ergebnisse fast die gleichen, wie in den Versuchen der III. Serie mit dem *Avena*-Wuchsstoff. Eine Menge von 1/16 col. des Wuchsstoffes der *Zea*-Koleoptile ist, wie es scheint, noch nicht klein genug, um an den Wurzeln von *Pisum sativum* negative Krümmungen hervorzurufen. Andererseits bleiben die Wurzeln sogar unter der Einwirkung von 1/2 col. des *Zea*-Wuchsstoffes noch gerade, und erst bei 1 col. beginnen sich manche von ihnen positiv zu krümmen. Bei einer Menge von 2 col. des *Zea*-Wuchsstoffes pflegen die positiven Krümmungen bereits zu überwiegen. Bei Anwendung des Wuchsstoffes der *Avena*-Koleoptile konnte dies erst mit größeren Mengen erzielt werden. Bei Anwendung von 2 col. des *Avena*-Wuchsstoffes pflegten nämlich erst die ersten, noch spärlichen, positiven Krümmungen zu erfolgen.

Aus diesen Versuchen folgt, daß der Wuchsstoff der *Zea*-Koleoptile auf die Wurzeln von *Lupinus luteus* und *Pisum sativum* von größerem Einfluß ist, als der Wuchsstoff von *Avena sativa*.

VII. Serie. Entspitzte Wurzeln von *Zea Mays* unter Einwirkung des Wuchsstoffes der *Zea*-Koleoptile.

Die Menge des Wuchsstoffes der <i>Zea</i> -Koleoptile in col. Einheiten	1/16	1/8	1/4	1/2	1	2	3	4
Die Zahl der untersuchten Wurzeln von <i>Zea Mays</i>	25	25	25	30	30	30	25	25
Die Krümmungsrichtung und der Krümmungswinkel der Wurzeln in Querlage	0	0 — 13 Wurz. 0 12 » — 15°	— 0 13 Wurz. — 12 » 0	+	+	+	+	+

Dem Wuchsstoffe ihrer eigenen Koleoptile gegenüber verhalten sich die Wurzeln von *Zea Mays* fast genau so wie der Einwirkung der *Avena*-Koleoptile gegenüber. Krümmten sich z. B. unter der Einwirkung des Hafer-Wuchsstoffes die *Zea*-Wurzeln negativ, falls die Menge des Wuchsstoffes 1/8 col. entsprach, und war bei 1/4 col. die Zahl der negativ gekrümmten und der gerade gebliebenen Wurzeln fast die gleiche, so konnte das letztere Resultat in den Versuchen mit dem Wuchsstoff der *Zea*-Koleoptile bereits bei 1/8 col. vermerkt werden. Sämtliche Wurzeln von *Zea Mays* krümmen sich positiv unter der Einwirkung des *Avena*-Wuchsstoffes in einer Menge von 1 col.; unter der Einwirkung des *Zea*-Wuchsstoffes ist letzteres bereits bei 1/2 col. der Fall. Diese Unterschiede werden somit auch hier dadurch bewirkt, daß die Koleoptile von *Zea* verhältnismäßig mehr Wuchsstoff in sich enthält, als die Koleoptile von *Avena*.

VIII. Serie. Die Wurzeln von *Lupinus albus* unter Einwirkung der Wuchsstoffe der *Zea*-Koleoptilen.

Die Versuche der zweiten Serie ergaben, daß die Mehrzahl der Wurzeln von *Lupinus albus* bereits unter der Einwirkung von 1/4 col. des *Avena*-Wuchsstoffes positive Krümmungen aufweist, was bei allen Wurzeln unter der Einwirkung von 1/2 col. festgestellt wurde. Dementsprechend kamen in den Versuchen mit dem Wuchsstoffe der *Zea*-Koleoptilen nur geringe Mengen desselben und zwar in den Grenzen von 1/64 bis 1/4 col. zur Anwendung.

Die Menge des Wuchsstoffes der <i>Zea</i> -Koleoptilen in col.	1/64	1/32	1/16	1/8	1/4
Die Anzahl der untersuchten Wurzeln von <i>Lupinus albus</i>	20	20	20	20	30
Die Krümmungsrichtung und der Krümmungswinkel der Wurzeln in wagrechter Lage	— 0 14 Wurz. — 15°—20° 6 Wurz. 0	0 — 12 Wurz. 0 8 » — 10°—15°	0 — 18 Wurz. 0 2 » — sehr schwach	0 + 13 Wurz. 0 7 » + 10°	+ — 30°—50°

Die Ergebnisse dieses Versuches bilden einen weiteren Beweis dafür, daß die Wuchsstoffe der *Zea*-Koleoptilen von größerer Wirksamkeit sind, als diejenigen von *Avena*. Sie beweisen, daß sich bei sehr geringen Mengen des *Zea*-Wuchsstoffes (1/64 col.) die meisten Wurzeln von *Lupinus albus* negativ zu krümmen pflegen. Bei größeren Wuchsstoffmengen überwiegen die Wurzeln, die keine Krümmungen aufzuweisen haben, bei noch größeren werden bereits auch positive Krümmungen verzeichnet. Unter der Einwirkung von 1/4 col. krümmen sich alle Wurzeln positiv.

Um diese Unterschiede klarzumachen, sind im Nachfolgenden die Ergebnisse der Versuche mit dem Wuchsstoff der *Zea*-Koleoptile zusammengestellt, so wie auf S. 4 diejenigen aus den Versuchen mit dem *Avena*-Wuchsstoff.

Das Verhalten der Wurzeln unter dem Einfluß der *Zea*-Wuchsstoffe.

Die Menge des Wuchsstoffes der <i>Zea</i> -Koleoptile in col. Einheiten		1/16	1/8	1/4	1/2	1	2	3	4
Die Krümmungsrichtung der Wurzeln von:	<i>Pisum sativum</i>	0	0	0	0	0 +	+	+	+
	<i>Lupinus luteus</i>	0	—	—	0	+	+	+	+
	<i>Zea Mays</i>	0	0 —	— 0	+				
	<i>Lupinus albus</i>	0 —	0 +	+					

In allen Versuchen ist bei allen oder bei der Mehrzahl der untersuchten Wurzeln eine positive Reaktion früher sichtbar, d. h. unter der Einwirkung von kleineren Mengen der *Zea*-Koleoptilen, als dies in den Versuchen mit den Hafer-Koleoptilen der Fall war.

Die bisher beschriebenen Versuche stellen fest, daß die negativen Krümmungen der Wurzeln von *Lupinus luteus*, denen an Stelle ihrer eigenen Spitzen, Koleoptilspitzen von *Avena* aufgetragen wurden, durch sehr geringe Wuchsstoffmengen bewirkt werden. Bei einer weiteren Verminderung der Wuchsstoffmenge hört die Wurzelreaktion überhaupt auf; wird dagegen ihre Zufuhr vergrößert, so treten die negativen Wurzelkrümmungen allmählich zurück, bei etwas größeren Mengen bleiben die Wurzeln gerade, bei noch größeren fangen aber ihre positiven Krümmungen an. Zu ähnlichen Ergebnissen gelangt man auch, wenn man den Wurzeln der gelben Lupine die Koleoptilspitzen von *Zea Mays* aufsetzt. Andererseits wurde ein ähnliches Verhalten bei den Maiswurzeln unter dem Einflusse der Wuchsstoffe von *Avena* und bei den Wurzeln von *Lupinus albus* unter dem Einflusse der Wuchsstoffe von Mais festgestellt. Die Wurzeln anderer Pflanzen unterscheiden sich nur durch eine stärkere oder schwächere Empfindlichkeit den Wuchsstoffen gegenüber. Das scheinbar eine Ausnahme bildende Verhalten der Wurzeln der gelben Lupine den Wuchsstoffen von *Avena* gegenüber, wird auf diese Weise erklärt und dabei auf andere Pflanzen ausgedehnt.

V.

Wird die Koleoptilspitze von *Avena* auf die basale Querschnittfläche einer wagrecht liegenden Wurzel von *Lupinus luteus* mit unversehrter Spitze gesetzt, so wird dadurch ihre geotropische Krümmung aufgehalten und die Wurzel bleibt gerade (17). Dies entspricht jedoch nicht anderen Beobachtungen. So findet z. B. Czaja (8), daß eine Paste von verschiedenem Wuchsstoffgehalt den basalen Querschnittflächen der Erbsenwurzeln aufgetragen, eine stärkere positive Krümmung deren Spitzen bewirkt. Faber (9) stellte dagegen fest, daß eine Paste mit Heteroauxin (β -Indolylessigsäure) in drei verschiedenen Konzentrationen auf die basalen Flächen wagrecht liegender, nicht dekapitierter Erbsen- und Lupinenwurzeln gebracht, ohne jeden sichtbaren Einfluß bleibt und die Wurzeln eine normale positive Krümmung erfahren.

In den Untersuchungen von Cholodny (7) könnte man möglicherweise dieselbe Erscheinung erblicken, wie in den Versuchen mit den Wurzeln von *Lupinus luteus*, denen an der Basis Koleoptilspitzen von *Avena* aufgetragen wurden. Wurzelabschnitte

von *Zea Mays*, welche die Wachstumszone umfassen, krümmten sich nicht, falls an ihren basalen Schnittflächen Koleoptilspitzen von *Zea* aufgesetzt wurden. Angesichts dieser verschiedenen Ergebnisse, ist es angezeigt, diese Versuche noch einmal zu wiederholen.

IX. Serie. Dekapitierte Wurzeln von *Lupinus luteus* mit den Wuchsstoffen von *Avena* an ihrer Basis.

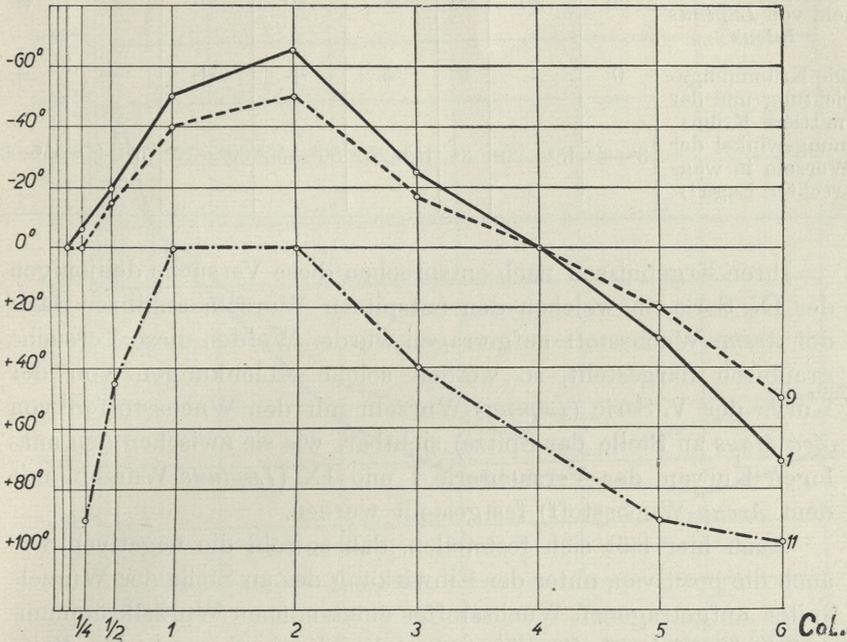
Die Menge des Wuchsstoffes der <i>Avena</i> -Koleoptile in col.	1/8	1/4	1/2	1	2	3	4	5	6
Die Anzahl der untersuchten Wurzeln von <i>Lupinus luteus</i>	30	60	70	80	30	20	20	10	20
Die Krümmungsrichtung und der Krümmungswinkel der Wurzeln in wagrechter Lage	0	0	—	—	—	—	0	+	+
			15°	40°	50°	17°		20°	50°

Es ist erwiesen, daß die entspitzen Wurzeln der gelben Lupine, welchen der Wuchsstoff an den basalen Schnittflächen aufgetragen wurde, sich beinahe so verhalten wie die Wurzeln, denen an Stelle ihrer Spitzen der Wuchsstoff aufgetragen wird (I. Serie, Seite 10). Dies bedeutet, daß sehr geringe Wuchsstoffmengen, u. zw. 1/8—1/4 col., an der Basis angebracht, überhaupt unwirksam bleiben. Wird jedoch die Menge der Wuchsstoffe vergrößert, so werden negative Wurzelkrümmungen beobachtet, die immer stärker werden. Bei einer weiteren Vergrößerung der Wuchsstoffmenge, werden diese Krümmungen wieder schwächer und schlagen nach einer neutralen Phase in positive Krümmungen um.

Die Ergebnisse dieser Versuchsserie sowie diejenigen der I. Serie sind in Textfig. 1 graphisch dargestellt. Die 1. Kurve bezieht sich auf die Versuche der I. Serie (Wurzeln von *Lupinus luteus* mit *Avena*-Wuchsstoff an Stelle ihrer Spitze), die 9. Kurve — auf die Versuche der IX. Serie (dekapitierte Wurzeln mit den Wuchsstoffen der *Avena*-Koleoptile an ihrer Basis).

Aus Textfig. 1 ist die Übereinstimmung der Ergebnisse der Versuche mit dekapitierten Wurzeln von *Lupinus luteus*, denen der Wuchsstoff das eine Mal an Stelle der Spitze, das andere Mal an der Basis aufgetragen wurde, noch besser ersichtlich. Die Kurven 1 und 9 verlaufen nebeneinander mit geringen Abweichungen. Nichtsdestoweniger sind diese Abweichungen — falls sie nicht dem Zufall zuzuschreiben sind — bemerkenswert. Kurve 1,

die die Ergebnisse der Versuche mit den Wurzeln veranschaulicht, denen an Stelle ihrer Spitzen verschieden große Mengen des *Avena*-Wuchsstoffes aufgetragen wurden, beweist, daß sowohl die negativen, wie auch die positiven Krümmungen dieser Wur-



Textfig. 1. Krümmungen der Wurzeln von *Lupinus luteus* unter Einwirkung verschiedener Mengen von Wuchsstoff der *Avena*-Koleoptile. 1) Wuchsstoff an Stelle der Wurzelspitzen. 9) Wuchsstoff an der Basis dekapitierter Wurzeln. 11) Wuchsstoff an der Basis nicht entspitzer Wurzeln.

zeln größer waren, als diejenigen der Wurzeln mit dem *Avena*-Wuchsstoff an ihrer Basis (Kurve 9). Es ist nicht unwahrscheinlich, daß diese Unterschiede durch die ungleiche Entfernung der Basis und der Spitze von der Wachstumszone hervorgerufen worden sind. Es ist auch möglich, daß der Wuchsstoffstrom sich nach der Spitze hin langsamer bewegte, wie dies Jost und Reiß für die Koleoptile von *Avena* und die Wurzeln von *Zea Mays* (14 u. 15) bewiesen haben.

X. Serie. Entspitze Wurzeln von *Lupinus luteus* mit den Wuchsstoffen der *Mais*-Koleoptile an ihrer Basis.

Die Menge des Wuchsstoffes der <i>Zea Mays</i> -Koleoptile in col.	1/8	1/4	1/2	1	2	3	4	6
Die Anzahl der untersuchten Wurzeln von <i>Lupinus luteus</i>	20	20	20	20	20	20	20	20
Die Krümmungsrichtung und der mittlere Krümmungswinkel der Wurzeln in wagrechter Lage ¹⁾	0 —	—	0 —	+	+	+	+	+
	3°—4°	15°—20°	3°	15°—20°	50°—55°	60°—70°	75°—80°	55°—60°

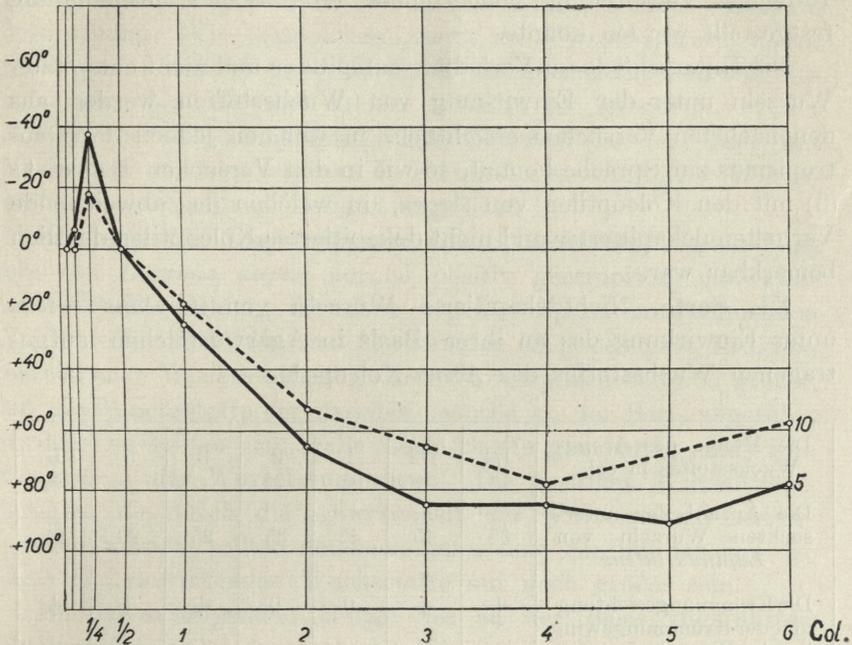
Ihren Ergebnissen nach entsprechen diese Versuche denjenigen der IX. Serie, in welchen den entspitzen Wurzeln an ihrer Basis der *Avena*-Wuchsstoff aufgetragen wurde. Werden diese Versuche graphisch dargestellt, so werden solche Ablenkungen von der Kurve der V. Serie (*Lupinus*-Wurzeln mit den Wuchsstoffen von *Zea Mays* an Stelle der Spitze) sichtbar, wie sie zwischen den analogen Kurven der Versuchserie I und IX (*Lupinus*-Wurzeln mit dem *Avena*-Wuchsstoff) festgestellt wurden.

Auch hier läßt sich feststellen, daß sowohl die negativen, wie auch die positiven, unter der Einwirkung des an Stelle der Wurzelspitze aufgetragenen Wuchsstoffes entstandenen Wurzelkrümmungen größer sind, als diejenigen, die durch den an der Basis aufgesetzten Wuchsstoff bewirkt worden sind.

Obige Versuche wurden mit von Samen abgetrennten, dekapitierten Wurzeln ausgeführt; weitere, von denen nun zu berichten sein wird, mit Wurzeln, die nicht entspitzt worden sind. Der Einfluß des Heteroauxins auf entspitzte und nicht entspitzte Wurzeln wurde bereits mehrmals untersucht. Niels-Nielsen (18) tauchte zu diesem Zwecke die Wurzeln von *Lupinus albus* mit ihren Enden in eine Lösung von Rhizopin. Ein Unterschied in ihrem Verhalten konnte aber nicht festgestellt werden. Es scheint jedoch, daß diese Lösung nicht genug verdünnt war, da sie bei

¹⁾ Unter der Einwirkung von 1 col. waren an 3 Wurzeln keine Krümmungen wahrnehmbar; bei 2 col. waren 7 Wurzeln ungekrümmt, bei 3 col. 5, bei 4 col. 4; bei 6 col. war bereits eine Bräunung und das Absterben der Wurzeln sichtbar.

einer Wirkungsdauer von 20—30 Min. das Wachstum vollständig zum Stillstand brachte und in 10-facher Verdünnung angewendet, noch immer eine deutlich hemmende Wirkung erkennen ließ. Diese Versuche wurden von Boysen-Jensen (2) mit den Wur-



Textfig. 2. Krümmungen der entspitzten Wurzeln von *Lupinus luteus* unter Einwirkung verschiedener Mengen des Wuchsstoffes der Mais-Koleoptile: 5) Wuchsstoff an Stelle der Wurzelspitze. 10) Wuchsstoff an der Basis der Wurzeln.

zeln von *Vicia Faba* wiederholt, der indessen die entspitzten Wurzeln nicht in die Flüssigkeit versenkte, sondern sie mit einer Wuchsstoffpaste beschickte. Er fand dabei, daß man zwecks einer Herabsetzung des Wachstums auf die Hälfte bei entspitzten Wurzeln das Heteroauxin in 25-fach stärkerer Konzentration anwenden muß, als bei Wurzeln, die nicht dekapitiert worden sind. Es ist wahrscheinlich, daß in den Versuchen mit nicht dekapitierten Wurzeln das Heteroauxin in seiner Wirksamkeit durch die Wurzelspitze unterstützt wurde. Vor kurzem befaßten sich mit ähnlichen Untersuchungen Jost und Reiß (15), die ihre Versuche an den Wurzeln von *Zea Mays* ausführten. Einen Unterschied

im Verhalten dekapitierter und nicht dekapitierter Wurzeln konnten jedoch die Verfasser, ähnlich wie Niels-Nielsen, nicht feststellen. Es scheint, daß auch in diesen Versuchen die Konzentration der angewendeten Heteroauxin-Lösung zu stark war, da nach 10-facher Verdünnung noch immer eine Wachstumshemmung festgestellt werden konnte.

Die Unterschiede im Verhalten entspitzierter und nicht entspitzierter Wurzeln unter der Einwirkung von Wuchsstoffen werden aus den nächsten Versuchen ersichtlich, in welchen jedoch der Geotropismus zur Sprache kommt, so wie in den Versuchen Brechts (5) mit den Koleoptilen von *Avena*, in welchen das abweichende Verhalten dekapitierter und nicht dekapitierter Koleoptilen deutlich bemerkbar war.

XI. Serie. Nichtdekapitierte Wurzeln von *Lupinus luteus* unter Einwirkung des an ihrer Basis in Agarwürfelchen aufgetragenen Wuchsstoffes der *Avena*-Koleoptile.

Die Menge des <i>Avena</i> -Wuchsstoffes in col.	1/4	1/2	1	2	3	5	6
Die Anzahl der untersuchten Wurzeln von <i>Lupinus luteus</i>	35	45	45	35	25	20	25
Die Krümmungsrichtung und der Krümmungswinkel der Wurzeln in wag-rechter Lage	+	+	0	0	+	+	+
	90°	45°			40°	90°	98°

Die Versuche bestätigen vor allem, daß die nicht dekapitierten Wurzeln von *Lupinus luteus*, welchen die aus 1 oder 2 *Avena*-Koleoptilspitzen gewonnenen Wuchsstoffe an der Basis zugeführt werden, keine Krümmungen aufweisen, obwohl ihre eigenen Spitzen unbeschädigt geblieben sind. Weiterhin beweisen sie auch, daß die Wurzeln von *Lupinus luteus* zwar normale positive Krümmungen erleiden, wenn ihrer Basis kleinere oder größere Wuchsstoffmengen aufgetragen werden, zugleich bestätigen sie aber auch, daß die Krümmungswinkel eine bemerkenswerte Änderung erfahren. Wird die ursprünglich kleine Menge des *Avena*-Wuchsstoffes vermehrt, so ist die positive Krümmung anfangs kleiner; beträgt die Menge des Wuchsstoffes an der Basis 1—2 col., so bleiben die Wurzeln ungekrümmt; bei noch größeren Dosen erfolgen

bereits positive und zwar immer stärkere Krümmungen. Die Ergebnisse dieser Versuchsserie stellt Textfig. 2 graphisch dar, neben den Kurven 1 und 9, die sich auf entspitze Wurzeln beziehen.

Kurve 11 zeigt eine große Abweichung vom Verlauf der beiden anderen Kurven (1 und 9) und erfordert eine besondere Besprechung. Wir vergleichen zuerst die Versuchsserien, denen die Kurven 9 und 11 entsprechen. Sie unterscheiden sich von einander nur dadurch, daß in der ersteren (9) entspitze, in der anderen aber (11) nicht dekapitierte Wurzeln an der Basis mit Wuchsstoff versorgt wurden. In beiden Serien wurde der Wuchsstoff in verschiedenen Mengen zugeführt.

In wagrechter Lage krümmen sich die nichtdekapitierten Wurzeln von *Lupinus luteus* normal positiv geotropisch, und zwar unter der Einwirkung der ihrer eigenen Spitze entstammenden Wuchsstoffe. Wird die zum Hervorrufen einer positiven Reaktion ausreichende Wuchsstoffmenge der Wurzelspitzen dadurch größer, daß die Wuchsstoffe der *Avena*-Koleoptile an der Basis zugeführt werden, so sollten sich, falls beide Stoffe gleichartig sind, ihre Mengen in der Wurzel summieren. Die positiven Wurzelkrümmungen, die durch die Anwesenheit der Wurzelspitzen hervorgerufen werden, sollten demnach unter dem Einfluß der von der Basis her einwirkenden Wuchsstoffe nur noch größer sein.

Mit der ansteigenden Menge des an der Basis zugeführten Wuchsstoffes sollte demnach die Kurve, die die entsprechenden Wurzelkrümmungen zur Anschauung bringt, infolge der Summierung der Wuchsstoffmengen immer steiler abfallen und demnach einschenkelig sein.

Nun hat aber die Kurve der XI-ten Untersuchungsserie die Gestalt einer zweiseitenkeligen, eingipfeligen Parabel, ein Umstand, der mit einer Summierung der Wuchsstoffmengen unvereinbar ist. Der Verlauf der Kurve läßt sich jedoch erklären, falls angenommen wird, daß beide Wuchsstoffmengen von einander unabhängig auf die Wurzeln einwirken, und daß sich erst die Folgen dieser Einwirkungen summieren und so das Bild der jeweiligen Wurzelkrümmung ergeben. Haben nun kleine, an der Basis dekapitierter *Lupinus*-Wurzeln angebrachte Wuchsstoffmengen eine negative, und zwar bis zu einem Grenzwerte immer stärkere Krümmung zur Folge, so werden sie, wenn man sie auf eine nicht entspitze Wurzel aufträgt, den normalen positiven

Krümmungen entgegenwirken, wodurch diese Krümmungen immer schwächer ausfallen werden. Etwas größere Mengen von *Avena*-Wuchsstoff werden bezüglich ihrer Wirkung den Wuchsstoffen der Wurzelspitze gleichkommen und somit die positiven Krümmungen vollständig aufheben. Eine noch größere Menge des an der Basis angebrachten *Avena*-Wuchsstoffes aber, die schon für sich allein imstande wäre eine positive Krümmung zu verursachen, wird mit den Wuchsstoffen der Wurzelspitze gleichsinnig wirken, was in einer immer stärkeren positiven Krümmung zum Ausdruck kommen wird.

Die voneinander unabhängige Einwirkung beider Wuchsstoffe auf die Wurzeln der gelben Lupine, und zwar desjenigen von *Avena*, sowie des aus den Wurzelspitzen stammenden Stoffes, könnte zur Ansicht führen, daß beide Wuchsstoffe nicht gleichartig sind, eine Annahme, die jedoch nicht ausschließt, daß eine summierte Einwirkung beider Wuchsstoffe auf die Wurzeln erfolgt. Die Fälle solcher summierter Einwirkungen verschiedener Stoffe, und zwar der Auxine und der Heteroauxine (15), oder der Heteroauxine und einer Substanz aus der Hefe »Harris« (9), sind bereits bekannt. Den Verlauf der Kurve 11, könnte man jedoch auch erklären, ohne eine Verschiedenartigkeit der Wuchsstoffe der *Avena*- und der *Zea*-Koleoptilen einerseits und der Wuchsstoffe der Wurzelspitzen andererseits anzunehmen.

Die Krümmungen der Wurzeln finden gewöhnlich in der Wachstumszone statt. Es kann nun vorkommen, daß die Wuchsstoffe aus der Wurzelspitze und diejenigen, welche von der Basis ausgehen, die Wachstumszone nicht gleichzeitig erreichen. In diesem Falle wird zuerst der Wuchsstoff aus der Wurzelspitze, als der näher gelegenen, auf die Wachstumszone einwirken, der Wuchsstoff aus der Basis, als der weiter entfernten, wird aber erst später zur Geltung gelangen und eine Verstärkung oder Abschwächung der Reaktion zur Folge haben. Es könnte dies der Fall sein, wenn die Krümmung sich nur an ein und demselben Orte der Wachstumszone vollziehen würde. Es ist jedoch auch möglich, das auf zwei einander entgegengesetzte Wuchsstoffströme, die je von der Spitze und von der Basis ausgehen, verschiedene Stellen der Hauptwachstumszone reagieren. Der der Spitze zugewendete Teil der Wachstumszone wird auf die Strömung reagieren, die von der Spitze aus sich basalwärts bewegt,

und der entgegengesetzte Teil auf den Strom, der von der Basis ausgeht. Dann wird der von der Basis kommende, den geringeren Wuchsstoffmengen entsprechende Strom, die Wurzel mit der Spitze nach oben zu heben suchen, während sich die Wurzelspitze gleichzeitig unter Einwirkung des anderen Stromes nach unten krümmen wird. Infolge dieser Vorgänge wird die positive Krümmung schwächer ausfallen, als dies normalerweise der Fall ist. Sind an der Wurzelbasis große Mengen von *Avena*-Wuchsstoff vorhanden, so können an beiden Enden der Wachstumszone positive Krümmungen eintreten, woraus schließlich größere Abweichungen in positiver Richtung resultieren müßten. Welche von den obigen Annahmen der Wirklichkeit entspricht, könnte nur auf Grund weiterer Untersuchungen festgestellt werden. Leider eignen sich die Wurzeln der gelben Lupine nicht dazu, u. zw. infolge ihres s. g. »anormalen« Wachstums, welches von P o r o d k o beschrieben (20, 21) und von C h o l o d n y erklärt wurde (6).

XII. Serie. Nicht entspitze Wurzeln von *Lupinus luteus* mit *Zea*-Wuchsstoffen an der basalen Schnittfläche.

A. Die Menge des Mais-Wuchsstoffes in col.	1/8	1/4	1/2	1	2	3	6
Die Anzahl der untersuchten Wurzeln von <i>Lupinus luteus</i>	20	20	20	20	20	20	20
Die Krümmungsrichtung und der Krümmungswinkel der Wurzeln in wagrechter Lage	+	+	+	+	+	+	+
	norm.	50°—55°	80°—85°	norm. etwas verspätet	norm.	norm. etwas beschleunigt	krank braun und welkend
B. Die Menge des Mais-Wuchsstoffes in col.	1/64	1/32	1/16	1/8	1/4	1/2	1
Die Anzahl der untersuchten Wurzeln von <i>Lupinus luteus</i>	15	15	15	15	15	15	15
Die Krümmungsrichtung und der Krümmungswinkel der Wurzeln in wagrechter Lage	+	+	+	+	+	+	+
	norm.	norm.	norm.	norm. verspätet	50°—55°	norm.	norm.

Die zwölfte Versuchsserie ist eine Wiederholung der vorhergehenden, mit dem Unterschiede, daß den Lupinenwurzeln anstatt der Wuchsstoffe aus den Koleoptilen von *Avena*, nun die Wuchsstoffe der Koleoptile von *Zea Mays* (in Agar) an der Basis zugeführt wurden.

Es wurden zwei Versuchsreihen, A und B ausgeführt. Die Reihe A umfaßt Versuche, in denen die Wurzeln an ihrer Basis 1/8—6 col. des Mais-Wuchsstoffes zugesetzt bekamen.

Bei 1/8 col. krümmen sich die Wurzelspitzen normalerweise senkrecht nach unten. Bei 1/4 col. betrug der Krümmungswinkel der Wurzelspitze von der Horizontalen nach unten im Mittel nur 50°. Bei 1/2 col. waren die Wurzelspitzen fast senkrecht, bei 1 col., waren die Krümmungen normal, aber sie traten mit einer gewissen Verspätung ein. Bei 2 col. waren sie normal, bei 3 col. erfolgten sie sogar etwas früher, bei 6 col. endlich waren die Krümmungen wieder kleiner. Die Wurzeln litten dabei deutlich, was man am Welken und an der Bräunung ihrer Spitzen erkennen konnte.

In den Versuchen der Reihe B kamen Wuchsstoffmengen von 1/64—1 col. zur Anwendung. Die Ergebnisse waren fast die gleichen. Bei 1/8 col. und bei 1/4 col. waren die Krümmungen entweder etwas schwächer oder sie traten später auf, als in den Versuchen mit anderen Mengen des Mais-Wuchsstoffes.

Im Allgemeinen ist auch aus diesen Versuchen — wenn auch nicht so deutlich wie aus der vorhergehenden Versuchsserie — ersichtlich, daß gewisse kleine Mengen des Wuchsstoffes der Mais-Koleoptile, die auf die Wurzelbasis gebracht wurden, die Krümmungen, die unter der Einwirkung der Wurzelspitze zustande kommen sollten, hemmen und aufhalten, wogegen größere Mengen des zugeführten Wuchsstoffes diese Krümmungen beschleunigen. Die Wuchsstoffe der Mais-Koleoptile wirken also auch hier unabhängig von den Wuchsstoffen der Wurzelspitze, wobei die endgültige Wurzelkrümmung als eine algebraische Summe beider Wirkungen aufgefaßt werden kann.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Das Verhalten der Wurzeln von *Lupinus luteus* hängt unter der Einwirkung der an Stelle ihrer Spitzen aufgesetzten Wuchsstoffe der Koleoptilspitzen von *Avena*, von der Menge dieser Stoffe ab.

In einer Menge von $1/8$ col. verwendet, bleibt der *Avena*-Wuchsstoff auf die wagrecht liegenden Wurzeln der gelben Lupine wirkungslos; unter der Einwirkung von $1/4$ bis 3 col. krümmen sich die Wurzeln infolge einer einseitigen Beschleunigung des Wachstums negativ, bei 4 col. dagegen bleiben sie gerade, bei 5 und 6 col. erfolgt infolge einer einseitigen Wachstumshemmung eine positive Krümmung. Ähnlich verhalten sich die Wurzeln von *Zea Mays*.

Eine derartige Wirkung vermögen auf die *Lupinus*- und Mais-Wurzeln auch die Wuchsstoffe der Koleoptile von *Zea* auszuüben.

Kleine Mengen von Wuchsstoffen aus den Hafer- und Mais-Koleoptilen, die bei *Lupinus* und *Zea*-Wurzeln negative Krümmungen hervorzurufen pflegten, bewirkten bei den Wurzeln der Erbse keinerlei Änderungen.

Bei Anwendung größerer Wuchsstoffmengen blieben diese Wurzeln gerade, bei einer weiteren Erhöhung der Mengen, krümmten sie sich positiv.

Das Verhalten der Wurzeln der gelben Lupine, denen die *Avena*-Wuchsstoffe an der basalen Schnittfläche aufgetragen wurden, hängt davon ab, ob diese Wurzeln eigene Spitzen besitzen oder dekapitiert worden sind.

Die Krümmungen der dekapitierten Wurzeln von *Lupinus luteus* erfahren unter der Einwirkung des an ihrer Basis aufgesetzten *Avena*-Wuchsstoffes, bei verschiedenen großen Wuchsstoffmengen, fast die gleichen Änderungen wie die entspitzen Wurzeln, denen der Wuchsstoff an Stelle der Spitze aufgetragen wurde. Dies bildet einen weiteren Beweis für die Tatsache, daß die Wuchsstoffe die Wurzeln in zwei Richtungen durchströmen können.

Werden nicht dekapitierte Wurzeln an ihrer Basis mit verschiedenen Mengen von *Avena*-Wuchsstoff versorgt, so ist ihre Reaktion nicht als durch eine einfache Summierung der Wuchsstoffmengen der Wurzelspitze und der *Avena*-Koleoptile bedingt aufzufassen. Wäre dies der Fall, so würden infolge der Anwesenheit der Wurzelspitze nur positive, und zwar je nach der Menge des hinzugefügten Wuchsstoffes immer stärkere, oder sich schneller vollziehende Krümmungen zu erwarten sein. Statt dessen weist die Kurve, welche die Ergebnisse der Versuche mit nicht dekapitierten Wurzeln, denen an ihrer Basis verschieden große Wuchsstoffmengen zugeführt wurden, zum Ausdrucke bringt, bei geringen Mengen

des Wuchsstoffes, die 1 col. nicht erreichen, nur positive und zwar immer schwächere Krümmungen auf. Beträgt die Wuchsstoffmenge an der Wurzelbasis 1—2 col., so bleiben die Wurzeln gerade, wogegen die Mengen von 3 col. aufwärts wiederum immer stärkere, positive Krümmungen zu bewirken pflegen. Dies beweist, daß die Wuchsstoffe aus den Koleoptilen von *Avena*, sowie diejenigen aus den Wurzelspitzen von *Lupinus luteus* voneinander vollständig unabhängig wirken, d. h. so, als ob sie ihrer Natur nach ganz verschieden wären, und daß sich erst die Folgen ihrer Einwirkungen summieren, die als entgegengesetzt oder gleichsinnig verlaufende Krümmungen sichtbar werden. Ähnliches wurde von Kögl für Heteroauxin und Auxin festgestellt. Sind aber die Wuchsstoffe der *Avena*- und der *Zea*-Koleoptile sowie diejenigen der Wurzelspitze von *Lupinus luteus* ganz gleich, so kann angenommen werden, daß in Versuchen mit nicht dekapitierten Wurzeln, denen an den Basalflächen der *Avena*-Wuchsstoff hinzugefügt wurde, die beiden Wuchsstoffströme die Hauptwachstumszone nicht gleichzeitig beeinflussen, oder daß ihre Einwirkung sich nicht auf die gleichen Stellen der Wachstumszone erstreckt. Wie dem auch sei, so ist doch als Tatsache hervorzuheben, daß kleine, an der Wurzelbasis angebrachte Mengen von *Avena*- oder *Zea*-Wuchsstoff die positiven Krümmungen nicht dekapitierter Wurzeln von *Lupinus luteus* abschwächen.

Das Verhalten der Wurzeln unter Einwirkung verschiedener Mengen der Wuchsstoffe ihrer eigenen Spitzen erfordert eine besondere Untersuchung. Mit entsprechenden Versuchen wurde bereits begonnen.

Literaturverzeichnis.

- 1) Amlong H. U., Zur Frage der Wuchsstoffwirkung auf das Wurzelsystem. Jahrb. f. wiss. Bot. **83**, 773, 1936. — 2) Boysen-Jensen P., Die Bedeutung des Wuchsstoffes für das Wachstum und die geotropische Krümmung der Wurzeln von *Vicia Faba*. Planta. **20**, 688, 1933. — 3) Boysen Jensen P., Die Wuchsstofftheorie, Jena 1935. — 4) Boysen Jensen P., Über die Verteilung des Wuchsstoffes in Keimstengeln und Wurzeln während der phototropischen und geotropischen Krümmung. Det. Kgl. Danske Videnskabernes Selskab. Biologiske Meddelelser **XIII** 1, 1936. — 5) Brecht F., Der Einfluß von Wuchsstoff- und Säurepasten auf das Wachstum von *Avena*- und *Helianthus*-Keimlingen und seine Abhängigkeit vom Sauerstoffgehalt der Luft. Jahrb. f. wiss. Bot. **82**, 581, 1936. — 6) Cholodny N., Über eine

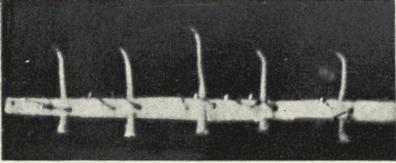
vermeintliche Anomalie im Wachstumsmodus der Wurzeln von *Lupinus albus*. Ber. d. D. bot. Ges. **46**, 247, 1928. — 7) Cholodny N., Über die Bildung und Leitung des Wuchshormons bei den Wurzeln. *Planta* **21**, 529, 1934. — 8) Czaja A. Th., Wurzelwachstum, Wuchsstoff und die Theorie der Wuchsstoffwirkung. Ber. d. D. bot. Ges. **53**, 230, 1935. — 9) Faber, Ellen-Ruth Wuchsstoffversuche an Keimwurzeln. *Jahrb. f. wiss. Bot.* **83**, 439, 1936. — 10) Fiedler Herbert, Entwicklungs- und reizphysiologische Untersuchungen an Kulturen isolierter Wurzelspitzen. *Zeitschr. f. Bot.* **30**, 385, 1936. — 11) Geiger-Huber Max und Burlet, Ernst Über den hormonalen Einfluß der β -Indolylessigsäure auf das Wachstum isolierter Wurzeln in keimfreier Organkultur. *Jahrb. f. wiss. Bot.* **84**, 233, 1936. — 12) Guttenberg H. von, Wachstum und Bewegung. *Fortschritte d. Bot.* I—VI, 1932—1937. — 13) Jost L., Über Wuchsstoffe. *Zeitschr. f. Bot.* **28**, 260, 1934/35; **31**, 95, 1937. — 14) Jost Ludwig und Reiß Elisabeth, Zur Physiologie der Wuchsstoffe II. Einfluß des Heteroauxins auf Längen- und Dickenwachstum. *Zeitschr. f. Bot.* **30**, 335, 1936. — 15) Jost Ludwig und Reiß Elisabeth, Zur Physiologie der Wuchsstoffe III. *Zeitschr. f. Bot.* **31**, 65, 1937. — 16) Kögl F., Haagen Smit-A. J. u. Erxleben H., Über ein neues Auxin (Heteroauxin) aus Harn. *Zeitschr. f. Phys. Chemie.* **228**, 95, 1934. — 17) Krzemieniewski S. i Weiler F., Wpływ czubka pochewki kielka owsa na wygięcia geotropiczne korzeni lubinu żółtego. *Acta Soc. Bot. Pol.* **XIII**, 293, 1936. — 18) Niels Nielsen, Untersuchungen über einen neuen wachstumsregulierenden Stoff: Rhizopin. *Jahrb. f. wiss. Bot.* **73**, 125, 1930. — 19) Otte Karola, Die Wuchsstoffe im Leben der höheren Pflanze. Braunschweig 1937. — 20) Porodko Th. M., Ein eigenartiger Wachstumsmodus der Hauptwurzeln bei *Lupinus albus*. *Planta* **4**, 710, 1927. — 21) Porodko Th. M., Neue Längenwachstumstypen der Hauptwurzeln. *Planta* **6**, 234, 1928. — 22) Schlenker G., Die Wuchsstoffe der Pflanzen. München 1937. — 23) Söding H., *Zeitschr. f. Bot.* **31**, 183, 1937. — 24) Went F. W. and Thimann Kenneth V., *Phytohormones*. New York 1937.

Erklärung der Tafel 1 mit den Photographien der Wurzeln von *Lupinus luteus*.

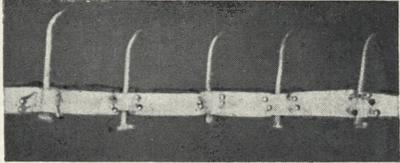
Nr. 1, 2, 3. Wurzeln mit den Wuchsstoffen der *Avena*-Koleoptile (in Koleoptil-Einheiten) an Stelle der Spitze: Nr. 1 mit 1/4 col., Nr. 2 mit 1/2 col., Nr. 3 mit 1 col.

Nr. 4, 5, 6. Dekapitierte Wurzeln mit den Wuchsstoffen der *Avena*-Koleoptile (in Koleoptil-Einheiten) an der Basis: Nr. 4 mit 1/4 col., Nr. 5 mit 1/2 col., Nr. 6 mit 1 col.

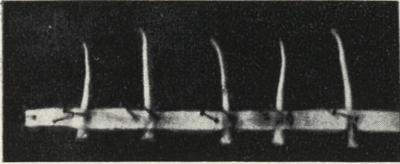
Nr. 7, 8, 9, 10, 11. Nicht dekapitierte Wurzeln mit Wuchsstoffen der *Avena*-Koleoptile (in Koleoptil-Einheiten) an der Basis: Nr. 7 mit 1/4 col., Nr. 8 mit 1/2 col., Nr. 9 und 10 mit 1 col., Nr. 11 mit 2 col., Nr. 12 mit 3 col.



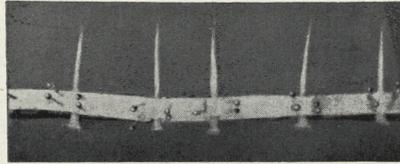
1



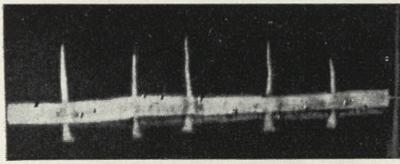
2



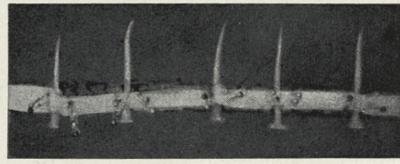
3



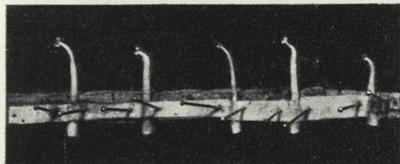
4



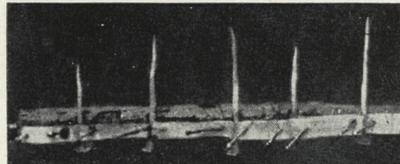
5



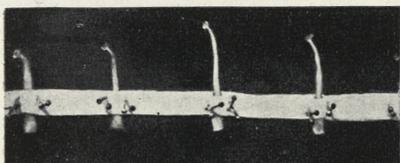
6



7



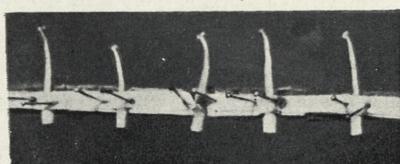
8



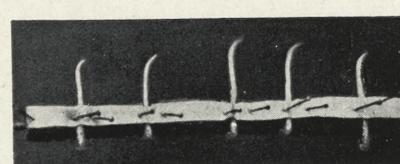
9



10



11



12

Fr. Weiler phot.

Badania cytogenetyczne nad aneuploidalnymi typami orlika (Aquilegia) — Cytogenetic Studies in Aneuploid types of Aquilegia.

Mémoire

de M^{me} **M. SKALIŃSKA**,

présenté le 7 Mars 1938 par M. Wł. Szafer m. t.

(Planche 2).

Introduction

The present paper gives the results of cytogenetic investigations of hyperdiploid *Aquilegia* plants which appeared in a limited number among the derivatives of a triploid plant studied previously (1934) by the writer. The triploid plant was found in the F_1 generation of the cross *A. chrysantha* × *A. flabellata*. It developed from an unreduced (diploid) egg-cell fertilized by a normal haploid sperm. Its progeny represented two distinctly different groups: the first was formed by vigorous quickly growing tetraploids, while the second, less numerous group was represented by smaller slowly growing trisomic and doubly trisomic plants. Another way to obtain plants with extra chromosomes was the cross of *A. flabellata* with the spontaneous triploid, since its pollen carried a high percentage of viable grains; this cross however leads in most cases to the production of plants with the exact diploid number of chromosomes, while hyperdiploids occur only exceptionally.

The study of the mature pollen of several trisomic and doubly trisomic plants of *Aquilegia* permits to establish the presence of giant grains in a low percentage (Table I). Some details of the meiosis in the pollen mother cells throw light upon their origin. Plants which carried the giant grains were used to cross-

experiments with the chief aim to control the ability to function of these grains which probably are diploid or hyperdiploid. On the basis of previous experiments in *Aquilegia* crosses carried on by the writer (1937) it could be anticipated that these occasionally formed giant grains will be unable to compete with haploid pollengrains on the stigma of diploids or of hyperdiploids. On the contrary, the stigma of a tetraploid plant will furnish the most favourable conditions for the functioning of the giant grains, notwithstanding the presence of a large number of haploid and hyperhaploid grains; thus the pollination of tetraploid plants with the mixed pollen of the trisomes can lead to the production of tetraploids and hypertetraploids which result from the giant pollen grains. The zygotes formed in this way will have the possibility of a normal development since they originated from the union of gametes with approximately the same number of chromosomes (4). The above theoretical assumptions concerning the ability of the giant grains to function in tetraploid tissues as well as the viability of the types formed, have been corroborated by the results obtained. Besides three triploids and one hypertriploid with 23 chromosomes ($3n + 2$) which resulted when the haploid and hyperhaploid grains functioned, there were obtained also tetraploid and hypertetraploid plants with 28 ($4n$), 29 chromosomes ($4n + 1$) and 30 chromosomes ($4n + 2$). This proves that the synthesis of these types took place with the giant pollen grains carrying 14, 15 and 16 chromosomes.

Hyperdiploid types

Morphology

The plants which carried extra chromosomes could be easily distinguished from tetraploid sister-plants in the triploid's progeny, owing to their checked growth since the first stages of development. Their distinguishing characters are besides the slower rate of growth also smaller leaves and flowers. These peculiarities can be more or less marked, in all cases however plants with extra chromosomes contrasted distinctly with sister-tetraploids which are 65—90 cm high, vigorous and develop abundant foliage and large flowers (Plate 2, Fig. 1 A, 2).

A short description of five plants which furnished the material for the present study is given below.

A. Plants from the progeny of the selfed triploid:

1. The doubly trisomic plant 15/4 (16 chromosomes Fig. 1 *a*). In the first season of growth (1933) this plant showed some abnormalities in its development. It showed a slower rate of growth; its young foliage was somewhat paler than the normal and slightly deformed; the leaf rosette showed the non-typical tendency to lay flatly on the soil, contrary to the erect position of leaves in normal plants. In the next season however (1934) the appearance of this plant was less abnormal. It is a dwarf with a small leaf rosette; its flowering stems are thin slender but only 25 cm high; the length of its leaf with the petiol is 12—15 cm (Plate 2, Fig. 1 *B*). A small quantity of anthocyanin is present in vegetative parts and in flowers. The flowers are of pale lavender blue colour with cream limbs. Their diameter is about 4 cm, the sepals are exceedingly narrow, the spurs long, thin and straight (Plate 2, Fig. 2). The pollen is fertile only in 20—30 p. c.; the abortive grains are irregular in outline, imperfectly filled or empty; it ought to be mentioned that normal grains which are round and full of material show remarkable differences in their size (21 μ — 42 μ), the largest ones are giant grains the diameter of which corresponds to that of tetraploid plants (Table I). After the selfing of isolated flowers in 1935 only 8.9 of normal seeds in average were obtained pro fruit; this corresponds to 6 p. c. of the potential estimated number of seeds. Beside them the follicles contained a high number of abortive seeds.

TABLE I.

Diameter of pollen grains in three hyperdiploid plants.

Plant N.	Number of chromosomes	Diameter of pollen grains in microns:							Total
		21 — 24	27	30	33	36	39 — 42		
15/4	16	28	113	40	10	4	3	3	200
16/4	15	28	109	31	11	12	9	—	200
16/7	15	17	15	15	3	—	—	—	50

2. The singly trisomic plant 15/9 (15 chromosomes, Fig. 1 *c*). The development of this plant was highly abnormal with

a remarkably checked growth since the early stages after germination. Its leaves were very small (6—7 cm) and they had a distinct tendency to inward rolling the edges. The young foliage was brownish red on account of a great content of anthocyanin and of a defective development of chlorophyll. Owing to the retarded development this plant also in the second season (1934) was exceedingly weak and did not flower, it was able however to survive the second winter 1934/35 and flowered for the first time in its third growing season, namely in spring 1935. It preserved nevertheless its highly abnormal appearance. Its leaf rosette is composed at flowering of only 3—4 leaves; the leaves are small and of abnormal shape with rolled edges (Plate 2, Fig. 1 D). It is at flowering only 15 cm high, weak, non ramified. Flowers are very small (2—2.5 cm diameter), pale yellow with traces of anthocyanin in their very short straight spurs. This plant is completely sterile, its anthers do not dehisce, the pollen is entirely abortive. The ovules, too, seem to be sterile, since not a single seed was developed.

B. Plants obtained from open pollination of the triploid:

3. The singly trisomic plant 16/4 (15 chromosomes). This plant showed in the first season (1933) a somewhat retarded growth. Its leaves were paler than in normal plants and slightly deformed with edges rolled downward. In the second season however the appearance of this plant became nearly normal though it preserved its dwarf habitus and the small size of leaves and flowers. The leaf rosette is small and dense, it is composed at flowering of many leaves, which are only 8—10 cm long (Plate 2, Fig. 1 C). The plant develops each year 4 or 5 flowering stems 25 cm high. Anthocyanin is absent in vegetative parts which are pale green, as well as in flowers. Flowers are small (2.5—3 cm) pure white. The pollen carries 25—50 p. c. of fertile grains, the percentage of fertility varies in the successive years. The diameter of the normal grains varies from $21\ \mu$ — $39\ \mu$ (Table I). The largest grains seemed to represent giant pollen grains. The seed production after selfing is higher than in the double trisome 15/4. The follicles contain in average 18.6 normal seeds, this corresponds to 12 p. c. of the potential estimated number of seeds.

4. The single trisome 16/7 (15 chromosomes, Fig. 1 b), This plant showed a highly retarded development; in the first

season (1933) it belonged like plant 15/9 to the slowest growing; it was however well proportioned and it showed no traces of leaf deformation. Its leaf rosette with only 4–5 leaves at flowering is small, the leaves are only about 7 cm long. The flowering stem is 25 cm high. Anthocyanin is present in vegetative parts. Flowers are yellow, they are small (3.5 cm) with long thin and straight spurs. The pollenfertility is low. The diameter of the normal pollen grains varies from 21μ — 33μ (Table I), no giant grains were found in two successive years 1934 and 1935. The plant proved to be totally sterile.

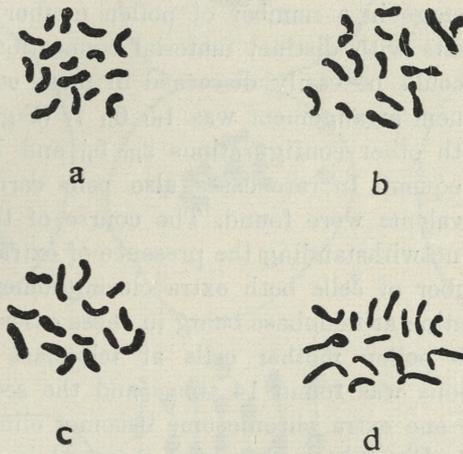


Fig. 1. Somatic metaphases in root-tips of four hyperdiploid plants. *a* — plant 15/4 (16 chromosomes), *b* — plant 16/7 (15 chromosomes), *c* — plant 15/9 (15 chromosomes), *d* — plant 43/3 (16 chromosomes) ($\times 3300$).

C. One plant obtained from the cross *A. flabellata* \times Triploid.

5. The doubly trisomic plant 43/3 (16 chromosomes, Fig. 1 *d*). A dwarf robust plant with a small leaf rosette. Leaves about 12 cm long are dark green and they have relatively thick and stiff petiols. The flowering stem is only about 15 cm high, thick with short internodes, sparingly branched. Anthocyanin is present in vegetative parts and in lavender blue flowers which are small (about 3 cm) with long well developed limbs and short incurved spurs (Plate 2, Fig. 2). The plant is completely male sterile. The anthers are not dehiscent, without pollen. A small proportion of the ovules are fertile. In 4 follicles 60 seeds developed after open pollination. This proves about 10 p. c. of the ovules are fertile.

Cytology

The number of chromosomes in the trisomes and double trisomes was established in 1933 on root-tip mitoses (Fig. 1). Meioses were studied on pollen mother cells in 1935 and 1936. Both root-tips and young flower buds were fixed in Navashin's chromacetic formalin. Sections of 4μ for root-tips and 5μ for flower buds were stained with Newton Gentian-violet.

The double trisome 15/4 (16 chromosomes, Fig. 1*a*). Well fixed I metaphases were frequently found in the flower buds, thus it was possible to study the configuration of chromosomes at this stage in a number of pollen mother cells. One or two rod-trivalents with distinct material connections between the chromosomes could be easily discerned in most cells (Table II). The most frequent arrangement was $1_{III} 6_{II} 1_I$ (Fig. 2*a*) (23 times in 43 cells) both other configurations $2_{III} 5_{II}$ and $7_{II} 2_I$ were relatively less frequent. In rare cases also cells carrying 4 univalents and 6 bivalents were found. The course of the anaphase is rather regular, notwithstanding the presence of extra chromosomes. In a high number of cells both extra chromosomes reach the poles, the distribution at telophase being in these cases 8+8 (Fig. 2*d*) or 9+7. Of 55 pollen mother cells at telophase I the first of these distributions was found 14 times and the second 16 times. Cells in which one extra chromosome becomes eliminated (distribution 8+7+1 (Fig. 2*b, c*), also were observed in 16 cases, while the distribution with the elimination of both extra chromosomes (7+7+2) is the less frequent (Table III). Only once a cell with the distribution 6+8+2 was found (Fig. 2*e*), it resulted probably from the mentioned above arrangement at I metaphase, namely $6_{II} 4_I$. The extra chromosomes which form trivalents with normal pairs usually reach the poles. Of the associated members of the trivalent after separation two joined chromosomes are going to one pole while the remaining chromosome reaches the other pole. The comparison of data of Table II and Table III leads to the conclusion that not only the chromosomes included in the trivalents but also some univalents can pass to the poles. The univalents sometimes may lie away from the spindle at I metaphase, but usually they lie in the spindle beside the bivalents. In the latter case at anaphase the univalents can move to the poles simultaneously with the bivalents and they become included in the

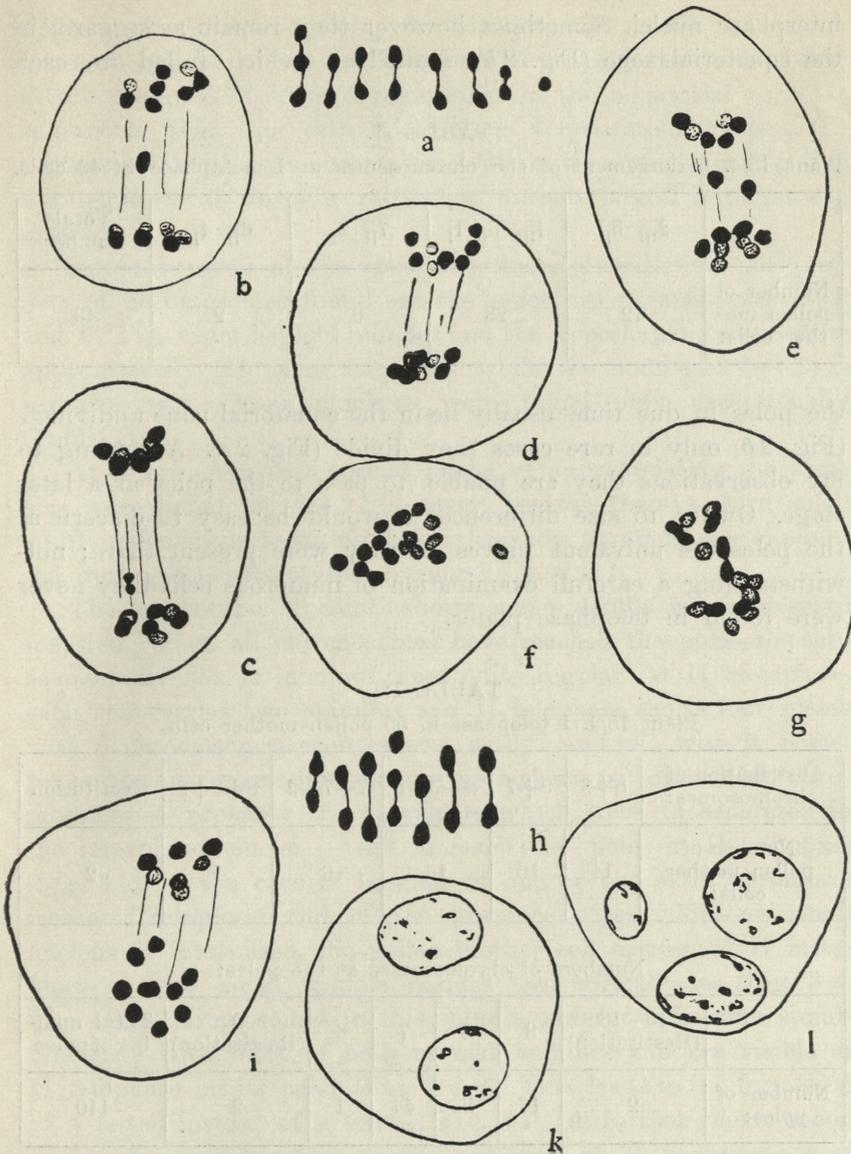


Fig. 2. Meioses in P. M. Cs. *a-g* the double trisome 15/4; *a* — metaanaphase (arrangement $1_{III} 6_{II} 1_I$), chromosomes drawn separately. *b-g* — I telophases; *b, c* — distribution 8+7+1, in *c* — a dividing univalent; *d* — distribution 8+6+2; *f* — restitution with one chromosome eliminated; *g* — probable restitution. Cells *b-f* from the same anther, *d* and *f* are two adjacent cells; *h* — I metaanaphase of plant 16/4 (arrangement $7_{II} 1_I$) *i* — I telophase of the double trisome 43/3; distribution 7+9; *k, l* — normal and trinucleate interkinesis of the plant 15/4 ($\times 3300$).

interphase nuclei. Sometimes however they remain as laggards in the equatorial zone (Fig. 2*b*). Univalents which failed to reach

TABLE II.

Plant 15/4. Arrangement of the chromosomes at I metaphase in 43 cells.

	2 _{III} 5 _{II}	1 _{III} 6 _{II} 1 _I	7 _{II} 2 _I	6 _{II} 4 _I	Total number
Number of pollen mother cells:	12	23	6	2	43

the poles in due time usually lie in the equatorial zone undivided (Fig. 2*b*) only in rare cases they divide (Fig. 2*c*). According to my observations they are unable to pass to the poles at a later stage. Owing to size differences it would be easy to discern at the poles the univalent halves if they were present there; notwithstanding a careful examination of numerous cells they never were found in telophase plates.

TABLE III.

Plant 15/4. I telophase in 55 pollen mother cells.

Distribution of chromosomes:	8+8	9+7	8+7+1	7+7+2	8+6+2	Restitution	
Number of pollen mother cells:	14	16	16	6	1	2	
Numbers of chromosomes at the poles:							
	15-16 (Restitution)	9	8	7	6	0 (Restitution)	Total number of poles
Number of poles:	2	16	45	44	1	2	110

In rare cases cells with the tendency to the formation of a restitution nucleus were observed. Fig. 2*g* represents such a cell found in an anther which contains pollen mother cells at I telophase. The cell mentioned seems to have a retarded development and it resembles rather a highly irregular I anaphase. All 16 chro-

mosomes are scattered along the short spindle; their separation into two groups is less marked than in the adjacent cells owing to the presence of some chromosomes in the equatorial zone. It is possible that this cell would form a restitution nucleus. In another cell with one chromosome left in the cytoplasm (Fig. 2 *f*) the tendency to form a restitution nucleus is still stronger expressed.

In consequence of the above mentioned distribution the numbers of chromosomes found on the poles are in most cases 7, 8 and 9. The exact haploid number and the hyperhaploid $n+1$ show approximately the same frequency while the number 9 ($n+2$) is less frequent. Other numbers were found only exceptionally (Table III).

At interkinesis two normal nuclei of approximately the same size were found, or the cells carry besides them a third small additional nucleus resulting from the extra chromosomes eliminated during the heterotypic division (Fig. 2 *k, l*).

The homeotypic division shows some details which deserve mention. When all chromosomes have reached the poles the subsequent division is in most cases quite regular: at II metaphase each cell carries two spindles and II telophase shows four plates with 8 chromosomes each or two with 7 and two with 9. Sometimes however some disturbances were observed: one or two chromosomes — probably the univalents which were incorporated in the interphase nuclei — fail to reach the poles at II telophase (Fig. 3 *b*). In the case of lagging of one or two extra chromosomes at I telophase and of the presence of an additional small nucleus at interphase, the pollen mother cell carries at II metaphase a third small spindle besides two normal ones (Fig. 3 *a*). The extra chromosomes in this spindle undergo a division simultaneously with those of both normal spindles and are visible at II telophase on its poles (Fig. 3 *d, f*). This leads to the formation of a hexad instead of a tetrad (Fig. 3 *i*). A further phenomenon which deserves mention is the presence at II anatelophase of pollen mother cells with only one broad spindle instead of two. Such a spindle could originate from a restitution nucleus or from the fusion of two spindles. Sometimes such cells show a retarded development in comparison with the surrounding cells. In one case such a pollen mother cell with one spindle was found among

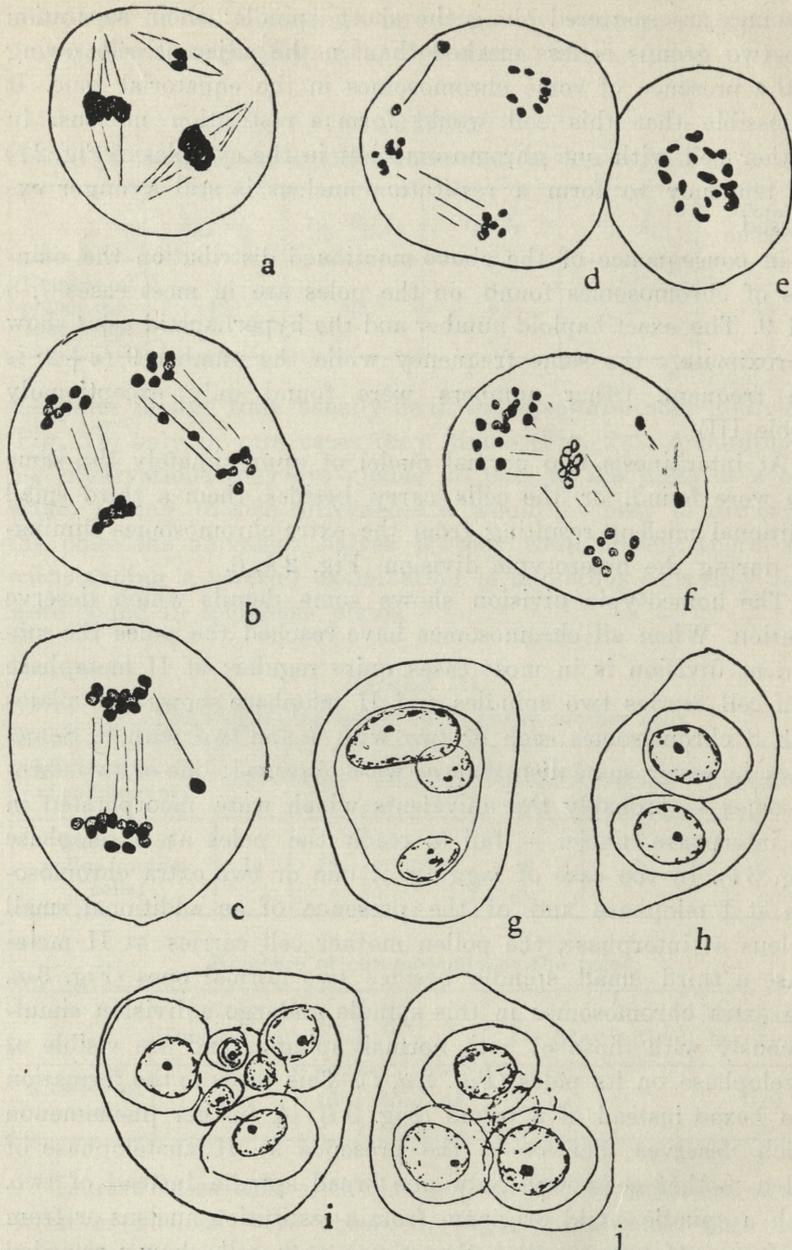


Fig. 3. Meioses in *P. M. Cs.* of plant 15/4. *a* — II metaphase with an additional spindle resulting from the distribution 7+7+2; *b-f* — II telophases; *b* — lagging chromosomes in one spindle; *c* — one broad spindle from

restitution or fusion of two spindles, fused at one pole with the small additional spindle carrying 1 chromosome; *d, e* — two adjacent cells; *d* — two approximately normal spindles with 8 and 7 chromosomes and an additional spindle carrying one chromosome at each pole; *e* — a hyperdiploid plate of a cell with a somewhat retarded development; *f* — »unipolar synhyperdiploidy«: two telophase plates at the upper pole will be incorporated in one large nucleus while two other plates with 7 and 8 chromosomes remain separated; at the right an additional spindle carrying one chromosome at each pole; *g* — a P. M. C. before the cell wall formation representing a later stage of a cell like *f*; one giant nucleus which resulted from fusion and two approximately haploid nuclei; *h* — dyad, *i* — hexad, *j* — normal tetrad ($\times 3300$).

cells at II telophase though it represents the stage of metaanaphase (Fig. 3 *e*). Such a cell resulted probably from restitution. In their further development such cells would give dyads instead of tetrads and they would give rise to giant pollen grains with the whole somatic number of chromosomes ($2n + 2$). It ought to be mentioned however that in one of the observed cells with a single spindle one extra chromosome has been left in the cytoplasm. This permits to conclude that also in such cases the elimination of extra chromosomes can take place leading to balance at least partially the aneuploid number. Further studies show that not only the restitution but also the fusion of spindles can lead to the formation of giant pollen grains though in rare cases. The cell Fig. 3 *c* carries a broad spindle and, in addition, a small one with 1 chromosome. The development of this cell proceeds synchronously with that of the surrounding cells which are at II telophase. The broad spindle originated probably from fusion of two parallel spindles; on one pole one extra chromosome halve, too, will be probably incorporated in one telophase plate, while the other can form a microcyte. Thus of such a cell two giant pollen grains and one microcyte can result. Though in the majority of cells at II metaphase both spindles do not tend to fuse, nevertheless sometimes the fusion of two II telophase plates takes place. This phenomenon results from close contact of the two spindles at one pole only; the chromosomes of both spindles which pass to this pole form together one telophase plate. Thus a triad with one large (diploid or hyperdiploid) nucleus and two smaller approximately haploid nuclei would result instead of a normal tetrad. Fig. 3 *f* represents such a cell in

which the primary distribution was $8+7+1$. The univalent left in the cytoplasm has formed at II metaphase a small additional spindle which at II telophase carries one univalent halve at each pole (at the right). The axis of the spindle with 8 chromosomes forms an angle with that carrying 7 chromosomes. The upper poles of the two spindles fuse while the other two poles remain separated. The chromosome sets 8 and 7 joined at the upper pole will be probably included in one nucleus. Such a phenomenon can be called »unipolar synhyperdiploidy«.

Fig. 3g represents the late II telophase of a pollen mother cell which carries three nuclei; two smaller spherical nuclei are approximately haploid, while the large elongated nucleus is doubtless diploid or hyperdiploid; it arose from the fusion, thus probably it represents a later stage of development of a cell like Fig. 3f.

The tetrads usually are normal, they carry four cells; sometimes however hexads with two small cells in addition to the normal four were observed (Fig. 3i). In rare cases dyads resulting from restitution or from fusion of spindles at II metaphase were formed (Fig. 3h) also triads produced in the way of the »unipolar synhyperdiploidy« described above were found occasionally. The mature pollen of the doubly trisomic plant carries 20—30 p. c. of abortive grains. The size of the normal grains shows a considerable variability (Table I). Although the pollen measurements show that the majority of the grains correspond in their size to the normal scale of variability of haploid grains ($21\mu - 33\mu$) nevertheless a small number of larger grains were found too. Their size range from $33\mu - 42\mu$ diameter. An insignificant increase of the size could be explained perhaps in connection with the formation of viable grains carrying 8 or 9 chromosomes, the largest ones however ($36\mu - 42\mu$) doubtless represent giant grains as they have the size of diploid grains formed by tetraploids. The study of meiosis permits to elucidate their origin. They can carry 14, 15 or 16 chromosomes according to the course of the meiosis.

It ought to be remarked that the existence of all these kinds of giant grains and their ability to function were verified on the basis of cross experiments with tetraploids, in consequence of which besides a number of plants with the exact tetraploid number there were obtained also hypertetraploids with 29 ($4n + 1$) and 30 chromosomes ($4n + 2$) This proves the synthesis of these types took

place with the part of giant grains carrying 14, 15 and 16 chromosomes.

The single trisome 16/4 (15 chromosomes). The arrangement of chromosomes at I metaphase was $7_{II} 1_I$ (Fig. 2*b*). Contrary to plant 15/4 trivalents were not found at this stage. The univalent may lie in the spindle or it is scattered in the cytoplasm, frequently it was found on one pole. The course of the anaphase is normal; the paired chromosomes and probably also sometimes the univalents lying in the spindle pass to the poles. The distribution at I telophase is 8+7 or 7+7+1 leading in the majority of the cases to the formation of normal haploid nuclei or, less frequently, nuclei with one extra chromosome (Table IV). At II metaphase sometimes besides two spindles a third additional carrying one univalent was observed.

In this plant none of the disturbances described for the double trisome 15/4 were found in spite of the fact that in the mature pollen in two successive years the presence of a limited number of larger grains was established. These grains exceeded in their size the haploid grains though they did not attain the extreme size of giants (Table I).

TABLE IV.
Plant 16/4. I telophase in 25 pollen mother cells.

Distribution of chromosomes:	7+8	7+7+1	Total number
Number of pollen mother cells:	14	11	25
	Numbers of chromosomes on the poles:		Total number of poles:
	8	7	
Number of poles:	14	36	50

Crosses of this plant with tetraploids as mother plants in most cases failed. Only two individuals were obtained from one cross; both plants however carried the exact triploid number of chromosomes, thus, in both cases haploid grains functioned. Since the

larger grains proved to be unable to function in tetraploid tissues experiments in pollen germination in artificial medium (saccharose solution) were carried on. Of the living grains only those which presumably carry the haploid or hyperhaploid number of chromosomes were able to germinate while the largest ones showed no germination.

The single trisome 16/7 (15 chromosomes). This plant usually shows at diakinesis and I metaphase the arrangement $7_{II} 1_I$ with the univalent lying in the spindle or in the cytoplasm; sometimes however the arrangement $1_{III} 6_{II}$ was found; the rod-trivalent usually lie along the axis of the spindle; in one case however a trivalent lying across the spindle was observed. During the first division the univalent becomes eliminated in most cells. This leads to the formation of a preponderance of exactly haploid pollen grains the size of which varies from 21μ — 33μ . Owing to the lack of giant pollen grains this plant was not included in the cross experiments with tetraploids.

The doubly trisomic hybrid 43/3 (*A. flabellata* × Triploid) (16 chromosomes). The most frequent arrangement of chromosomes at I metaphase is $7_{II} 2_I$ with the univalents lying in the spindle. Sometimes however one rod-trivalent was found at this stage giving the arrangement $1_{III} 6_{II} 1_I$. Usually all chromosomes reach the poles, their distribution being in most cases $8+8$ or $9+7$ (Table V, Fig. 2*i*).

TABLE V.

Plant 43/3. I telophase in 24 pollen mother cells.

Distribution of chromosomes:	8+8	9+7	8+7+1	7+7+2
Number of pollen mother cells:	12	5	3	4
Numbers of chromosomes an the poles:				
	9	8	7	Total number of poles:
Number of poles:	5	27	16	48

During meiosis none of the disturbances leading to the formation of unreduced pollen grains were observed. However all pollen grains degenerate after the tetrad stage owing to the defective development of the tapetum layer. The male sterility of this plant seems to be induced somatically.

The single trisome 15/9 (15 chromosomes) represents a further instance of a pollen sterility induced somatically. In this plant however the pollen abortion is due to a hypertrophic development and the abnormal activity of the tapetum layer.

Synthesis of hypertetraploid types

Cross experiments

On the basis of previous cross experiments between different karyological types of *Aquilegia* (1937) it could be anticipated that not all kinds of the pollen grains of the double trisome will have in the same degree the ability to function on its own stigma. Haploid grains will give better results than hyperhaploid ones while the giant grains found in a limited number in the mixed pollen of the double trisome 15/4 will be unable to execute fertilization in diploid or hyperdiploid plants. On the contrary, on tetraploid stigma the giant grains will have favourable conditions and will be able to compete with the haploid and hyperhaploid grains which are produced abundantly by the double trisome. Thus the pollination of tetraploids with the pollen of this plant will lead to the production of hypertetraploid and tetraploid zygotes formed with the part of the diploid and hyperdiploid pollen grains.

The respective crosses were carried on in 1935 and 1936. In the first year 26 crosses were executed; 21 of them failed altogether, the remaining five gave 10 seeds (1—5 pro follicle).

In 1936 the cross experiments were repeated (14 crosses) but only negative results were obtained.

As father individuals two plants, namely the double trisome 15/4 and the single trisome 16/4 were used in the first year. The last plant however did not give the expected types, thus, in the second year only crosses with the double trisome were carried on.

The double trisome 15/4 proved to be especially suitable for the planned crosses not only owing to the presence of giant grains

in its pollen but also from the genetical point of view. It carries three dominant factors:

C_1 — gene for the presence of anthocyanin in stem and leaves, gives also a colour base for anthocyanic pigmentation in flowers.

R — in cooperation with C_1 produces the pink flower colour.

F — modifies this colour into blue (1929, 1935).

Thus, hybrids obtained from crosses of this plant with pure white flowering tetraploid mother plants were identified in the early stages of development owing to the gene C_1 for anthocyanin in vegetative parts introduced by the father individual. The cross products with tetraploids carrying anthocyanin in stem and leaves and in pink-yellow flowers could be positively recognized at a later stage, namely, at their flowering time: they developed blue flowers due to the factor F lacking in the mother plant and introduced by the father plant in the cross-product.

As mother plants in the majority of the crosses white flowered tetraploids *Aquilegia Janczewskii* (1937) lacking anthocyanin in vegetative parts were used. Unfortunately their time of flowering is relatively short and early, thus additional crosses were carried on with two tetraploids with pink-yellow flowers. These plants are derivatives of the spontaneous triploid and sister plants of the double trisome; they are about three weeks later in blooming than *A. Janczewskii*. All tetraploid derivatives of the spontaneous triploid carry anthocyanin in their vegetative parts (gene C_1); pink-yellow colour of the flowers (gene R) is recessive with regard to the lavender blue colour of the doubly trisomic plant; this permits to identify the cross-products at least at the time of flowering.

All seeds obtained from the mentioned crosses in 1935 were able to germinate. They were sown in spring 1936 and gave 10 plants which flowered in May 1937. The following karyological types were obtained: 3 triploids, 1 hypertriploid with 23 chromosomes ($3n + 2$), 4 tetraploids and two hypertetraploids with 29 chromosomes ($4n + 1$) and 30 chromosomes ($4n + 2$). The egg-cells of the tetraploids always carry 14 chromosomes, consequently not only the giant pollen grains but also a haploid and a hyperhaploid grain of plant 15/4 proved to be able to function on tetraploid stigma in one case each, while the single trisome 16/4 formed no plants with the part of giant pollen grains, giving only two triploids (Table VI).

TABLE VI.
Crosses of tetraploids with hyperdiploids (1935).

Tetraploid mother plants:	Hyperdiploid father plants:	Number of pollinations executed:	Number of hybrids:	Chromosome numbers in hybrids:				
				21	23	28	29	30
<i>Aquilegia Janczewskii</i> :	Double trisome 15/4	7	2	1	1	—	—	—
"	Single trisome 16/4	2	—	—	—	—	—	—
"	Double trisome 15/4	2	—	—	—	—	—	—
"	"	7	1	—	—	—	1	—
Triploid's derivatives:	Double trisome 15/4	2	5	—	—	4	—	1
"	"	4	—	—	—	—	—	—
"	Single trisome 16/4	2	—	2	—	—	—	—
Total numbers:		26	10	3	1	4	1	1
Number of chromosomes in the pollen grains which functioned:				7	9	14	15	16

It ought to be emphasized that the results obtained with the double trisome are satisfactory in view of the fact that giant pollen grains are produced only in a limited number. They carry 14, 15 or 16 chromosomes.

Description of the cross products

Cross 314. Mother plant: *A. Janczewskii* 4/1 (photo 1935 Plate 5, Fig. 15). Plant 110 cm high, without anthocyanin in vegetative parts and in flowers. Non-dehiscent anthers. Father plant: Double trisome 15/4 (see description p. 35). Hybrid: (plant 314, Fig. 4a) a triploid which carries anthocyanin in vegetative parts and in flowers. During the first season (1936) its development was rather slow though the plant was well proportioned. Its flowering stem in spring 1937 was 65 cm high. Flowers of

5 cm. diameter with short incurved spurs are pale pink with cream limbs; the pink colour is caused by the factors C_1 and R ; it appears as the product of Mendelian segregation of the gene F for the lavender blue colour of the double trisome. The pollen is fertile in 30 p. c. The diameter of the normal pollen grains range from 21μ — 37μ (Table VII), the majority of them correspond to haploid grains. The size of abortive grains shows a large variability. Beside larger empty grains also dwarfs were found in each specimen of the pollen. The plant is almost completely sterile, like triploid plants of *Aquilegia* studied previously. Its seed production was poor in 1937: of 7 selfed flowers only one abortive and two normal seeds were obtained.

Cross 315. Mother plant *A. Janczewskii* 4/1 (see above). Father plant: double trisome 15/4. Hybrid (plant 315, Fig. 4b): a doubly tetrasomic triploid (23 chromosomes). In the first stages of development the growth of this plant was somewhat retarded, but later it was nearly normal. The plant flowered in spring 1937. Its rosette of leaves is dense, leaves are small with deep incisions. It was 65 cm high at flowering. It carries anthocyanin in its stem and in flowers which are lavender blue like those of the father plant. Their diameter is 4.5 cm, the sepals are narrow, though broader than in 15/4, the thin spurs are of intermediate length (Plate 2, Fig. 3). The pollen carries a high proportion of abortive grains. The size of living grains range from 24μ to 42μ . The smallest grains are probably haploid while the largest ones are possibly diploid or hyperdiploid (Table VII). Among the abortive pollen grains dwarfs have been frequently found. This plant proved to be totally sterile; after selfing of 10 flowers not a single seed has been obtained. From open pollination only 3 seeds were harvested.

Cross 319. Mother plant *Aquilegia Janczewskii* N/11, plant 60 cm high without anthocyanin in vegetative parts and in flowers. Non-dehiscent anthers. Father plant: double trisome 15/4. Hybrid (plant 319): a pentasomic tetraploid (29 chromosomes, Fig. 4c) carries anthocyanin in vegetative parts and in flowers. The first stages of development were nearly normal; slight disturbances manifested themselves in the development of some leaves which showed a fairly marked tendency of downward rolling of the edges. At flowering this plant was only 55 cm high,

well branched with a well developed rosette of leaves. Its blue flowers are larger than those of the triploid and of the hypertriploid (about 6 cm) with broad sepals and short incurved spurs. The pollen is normal in about 40 per cent. The living grains are somewhat smaller than the size previously established for tetraploids, ranging from $30\ \mu - 42\ \mu$, most of them however have

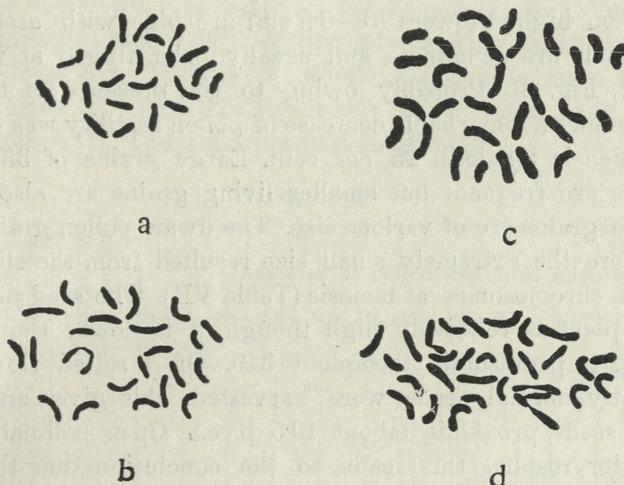


Fig. 4. Somatic metaphases in root-tips: *a* — a triploid (plant 314); *b* — a doubly tetrasomic triploid (plant 315); *c* — a pentasomic tetraploid (plant 319); *d* — a doubly pentasomic tetraploid (plant 320/1) ($\times 3300$).

only $27\ \mu - 33\ \mu$ diameter (Table VII); frequently they carry 4 pores instead of three. The seed production is relatively high: from 5 selfed flowers 113 normal seeds were obtained; this gives an average of 22.6 seeds pro fruit (about 14.5 per cent).

Cross 320. Mother plant: the tetraploid 15/1 from the triploid's progeny, a slender plant about 70 cm high with anthocyanin in vegetative parts (gene C_1) and in the pale pink flowers (gene R) with yellow limbs. Normal anthers. Father plant: double trisome 15/4. This cross gave rise to five plants, all carrying blue anthocyanin in flowers; this flower colour, due to the cooperation of C_1 and R with the factor F introduced by the father plant, allows to consider all the obtained plants certainly as hybrids.

Plant 320/1 is a doubly pentasomic tetraploid ($2n = 30$, Fig. 4*d*). In the first stages of development this plant manifested

a somewhat checked growth; contrary to the loose rosette of leaves of the mother plant, this plant has a more robust habitus; it showed a slight deformation of the leaves and a weak tendency of downward rolling of the edges. In the second season of growth however this tendency manifested itself only in the first leaves while the later developed leaves were nearly normal. The abundantly flowering and richly branched stem of this plant was 75 cm high. Flowers (6—6.5 cm) are blue with cream limbs, their sepals are acuminate and usually paler tinged at their tops (Plate 2, Fig. 3). Probably owing to the presence of two extra chromosomes a remarkable decrease of pollen fertility was observed. The pollen is fertile in 25 per cent. Large grains of $33\ \mu$ — $39\ \mu$ diameter are frequent but smaller living grains are also present. Abortive grains are of various size. The dwarf pollen grains which reach here the extremely small size resulted from the elimination of extra chromosomes at meiosis (Table VII). The seed production of this plant is relatively high though it is lower than that of the singly pentasomic tetraploid 319. Of 7 selfed flowers 114 apparently normal seeds were harvested, this gives an average of 16.3 seeds pro fruit (about 10.5 p. c.). Open pollination gave still better results, this leads to the conclusion that the ovules are here less affected by sterility than the pollen grains.

Plant 320/2 is a tetraploid ($2n=28$) with a quite normal development. Contrary to both hypertetraploids described above it arose with the part of an exactly diploid pollengrain; such a grain could originate from a pollen mother cell in which took place the elimination of both extra chromosomes followed by the formation of a restitution nucleus or by syndiploidy.

This plant possesses blue flowers. It is at flowering 70 cm high.

Plant 320/3 is also a tetraploid with a quite normal development. The flowering stem is only 40 cm high. Flowers are blue with cream limbs. Unfortunately this plant perished in spring 1937 short time after flowering.

Plant 320/4 is a tetraploid with a slightly retarded growth in the beginning of the first season. In the second season the development was quite normal without any trace of deformation of leaves. The flowering plant is 70 cm high. Flowers are large (6.5—7 cm diameter), blue with cream limbs. Anthers are normal.

Plant 320/5—a tetraploid plant with a slow rate of growth in the first season. In spring 1937 however it developed a big rosette of leaves and a richly branched stem 105 cm high. The blue flowers are large (7 cm) with relatively long and thin spurs (Plate 2, Fig. 3). The anthers are normal and the pollen carries about 50 per cent of viable grains. These grains are well filled and large; their size is normal for tetraploids. Beside them however a limited number of smaller grains with dark cytoplasm has been observed. The size of abortive grains is more uniform than in plants 319 and 320/1. Dwarfs were found only in rare cases (Table VII). The seed production is high.

TABLE VII.

Plant N.	Chromosome number $2n$	Percent. of good pollen	Diameter of pollen grains in microns:													<i>n</i>
			3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39		42
314	21	30	—	—	—	—	—	—	7	21	13	7	2	—	—	50
bad pollen			—	6	3	1	1	5	20	14	—	—	—	—	—	50
315	23	20	—	—	—	—	—	—	—	13	12	8	14	4	1	52
bad pollen			—	5	1	7	5	5	9	17	1	—	—	—	—	50
320/5	28	50	—	—	—	—	—	—	—	1	3	15	15	15	1	50
bad pollen			—	2	—	1	1	2	12	32	—	—	—	—	—	50
319	29	40	—	—	—	—	—	—	—	3	21	21	3	3	—	51
bad pollen			—	—	4	6	9	7	11	13	—	—	—	—	—	50
320/1	30	25	—	—	—	—	—	—	—	6	11	5	15	14	—	51
bad pollen			2	5	6	7	3	5	12	10	—	—	—	—	—	50
321/1	21	25	—	—	—	—	—	—	—	6	15	16	13	—	—	50
bad pollen			—	2	—	2	1	3	4	13	—	—	—	—	—	50

Cross 321. Mother plant: the tetraploid 15/2 from the triploid's progeny, a plant 70 cm high carrying anthocyanin in vegetative parts and in the pale pink flowers with yellow limbs. The anthers are normal and the pollen is fertile in 50 per cent. Its progeny obtained by selfing manifests a segregation in consequence of which also individuals without anthocyanin appear (unpublished data). Father plant: the single trisome 16/4 (see description page 36). From this cross two plants with the exact

triploid number of chromosomes were obtained. Both plants had a normal development but unfortunately plant 321/2 was destroyed by worms short time after the transplanting into the soil.

Plant 321 is 60 cm high, anthocyanin is absent in vegetative parts and in flowers which are pale cream. The mature pollen is fertile in about 25 per cent, it contains a small number of imperfectly filled grains. The size of the living grains range from 24μ — 36μ . Among the abortive grains also dwarfs could be discerned (Table VII). In consequence of the selfing of 7 flowers only one apparently normal seed was obtained while one fruit from open pollination developed 2 seeds; thus, like in other triploids of *Aquilegia* the seed production is very low.

Discussion

The study of the mature pollen of trisomic plants permits to establish in some of them the presence of giant grains in a low percentage. The study of the meiosis in the pollen mother cells of the double trisome 15/4 throws light upon their origin. They can originate in three different ways, namely: by the formation of restitution nuclei, by the fusion of two spindles during the second division and by the so called »unipolar synhyperdiploidy« (p. 44). This last phenomenon is the consequence of a close contact of two spindles at one pole only; the chromosomes of both spindles which pass to this pole form together one telophase plate and are incorporated in one single nucleus; thus a triad with one large (diploid or hyperdiploid) nucleus and two smaller approximately haploid nuclei, results instead of a normal tetrad. The giant grains can contain the full somatic number of chromosomes ($2n + 2$) or the elimination of one or both extra chromosomes can take place leading to balance at least partially the aneuploid number.

The production of unreduced germ cells was described in the last ten years by a number of writers. However their development in aneuploids belongs to rather rare cases. Such a case was described by Avery (1929) for trisomic plants of *Nicotiana glauca* var. *grandiflora*. Among cells at II. division stages the resp. P. M. C. showed 19 ($2n + 1$) units on a large spindle. The author assumes that they arose in consequence of a semiheterotypic division. Occasionally these metaphases showed only 18 chromosomes while the nineteenth chromosome was beyond the plate. Thus,

like in *Aquilegia*, the occasionally formed giant grains of *Nicotiana* can carry the full somatic number ($2n + 1$) or the extra chromosome can be eliminated during meiosis, leading to the production of exactly diploid grains. It is however difficult to explain the causes of the formation of such giant grains. In general in other hyperdiploids (e. g. *Zea*, *Datura*, *Solanum*) the presence of extra chromosomes does not seem to cause far reaching disturbances; most pollen mother cells undergo a nearly normal meiotic division with a partial elimination of supernumerary chromosomes. In the case of *Aquilegia* it is perhaps possible that the lack of vigour proper to all plants with extra chromosomes, causes in rare cases the retarded or disturbed development of some pollen mother cells, like in a strain of *Aquilegia chrysantha* described by the writer in a previous paper (1937). The plants mentioned represent the fourth selfed generation. The repeated selfing of this allogamous species has caused a kind of senile degeneration (in a phylogenetic sense), which highly affects the development and the fertility of these plants. They are weak, checked in growth and their pollen is partially sterile with a rather high frequency of unreduced grains. As pointed out in the previous paper, in connection with the remarkable decrease of vigour and the checked growth of these plants, their retarded development can lead to some disturbances during meiosis, from which a number of unreduced micro- and megaspores result (p. 20). »This strain is characterized by a relative high production of diploid microspores — in other words it shows the tendency to frequent polyploid mutations« (p. 27—28).

It ought to be emphasized that an abnormal retardation of development which can result from internal as well as external causes, in general seems to represent favourable conditions for the doubling of chromosomes. In the newly published experiments of Blakeslee and Avery (1937) after the treatment of plants or seeds with the narcotic alkaloid colchicine the immediate effect was the checking of growth; in consequence of a highly abnormal subsequent development mixed $4n$ and $2n$ tissues are formed giving rise to mutated shoots.

The giant pollen grains formed by the doubly trisomic plant $15/4$ were used to the production of hypertetraploid individuals according to a definite plan.

On the basis of previous cross experiments between different karyologic types of *Aquilegia* it could be anticipated that the giant pollen grains which are occasionally formed will be unable to execute fertilization in diploid and hyperdiploid plants. On the contrary, on tetraploid stigma the giant grains will have favourable conditions and will be able to compete with the haploid and hyperhaploid grains which are produced abundantly by the double trisome. Thus the pollination of tetraploids with the mixed pollen of the plant 15/4 will lead to the synthesis of hyper-tetraploid, as well as tetraploid zygotes formed with the part of the hyperdiploid and diploid pollen grains.

As, fortunately, the writer had at her disposal tetraploid strains of *Aquilegia* obtained in previous experiments (1935), the giant grains were not lost, since they could obtain the possibly best conditions for their germination.

It could be anticipated, too, that the subsequent development of the zygotes formed in this way will be nearly normal, since they would result from the union of gametes with approximately the same numbers of chromosomes (Müntzing 1933). This opinion of Müntzing has been confirmed for a number of Angiosperms and it ought to be emphasized that the respective ability of development is strongly expressed in *Aquilegia*: from crosses of diploids with a triploid as father plant chiefly diploids and only exceptionally hyperdiploids were obtained, while crosses of tetraploids with the same triploid plant did not give any single plant with a lower number of chromosomes than $4n$. Also in crosses of tetraploids with the above mentioned strain of *A. chrysantha* which frequently produces diploid pollen grains, just these grains gave rise to the majority of viable (tetraploid) zygotes, while the theoretically expected triploids were formed only in rare cases. The reciprocal cross (*chrysantha* × tetraploid) succeeded only once with the part of a diploid (unreduced) egg-cell (1937).

At this occasion results of Müntzing (1935) obtained from cross experiments between *Triticum turgidum*, *Secale cereale* and *Triticum vulgare* ought to be mentioned. According to Müntzing F_1 hybrids between *T. turgidum* and *Secale cereale* ($2n = 21$) are highly sterile, but a few unreduced functional ovules are formed. After pollination with the pollen of *Tr. vulgare* ($2n = 42$) a few hybrids with the hexaploid or approximately hexaploid number

were obtained. Müntzing concludes from the above results that »the success of this cross is probably due to the fact that unreduced ovules of F_1 and the pollen grains of *vulgare* have the same chromosome number« (p. 158).

Thus on the basis of all the above mentioned experiments it could be anticipated that the pollination of tetraploids with the mixed pollen of the double trisome will lead to the formation and to a nearly normal subsequent development of hypertetraploid types formed with the part of the giant pollen grains. The chromosome counts of the plants obtained from the resp. crosses corroborated both theoretical assumptions: the first concerning the ability of the giant grains to function in tetraploid tissues and the second concerning the viability of the types produced. Besides one triploid and one hypertriploid with 23 chromosomes ($3n + 2$) which resulted when the haploid and hyperhaploid grains of plant 15/4 functioned, there were obtained also tetraploid plants with 28 chromosomes and hypertetraploids with 29 chromosomes ($4n + 1$) and 30 chromosomes ($4n + 2$), this proves that the synthesis of these types took place with the giant pollen grains carrying 14, 15 and 16 chromosomes. The zygotes formed in this way are able to develop normally since they originated from the union of gametes with approximately the same number of chromosomes. The hybrid nature of the obtained cross products could be identified on the basis of their genetic constitution.

Summary

1. Meiosis in five hyperdiploid plants of *Aquilegia* with 15 ($2n + 1$) and 16 ($2n + 2$) chromosomes were studied. Two of these plants carry in their pollen a limited number of giant grains however only in one (the double trisome 15/4) the origin of these grains could be elucidated by the study of meioses. These grains formed by restitution or fusion of plates can carry the full somatic number of chromosomes, namely 16, or one or both extra chromosomes are eliminated during meiosis.

2. The giant pollen grains formed by the double trisome 15/4 were used to the production of hypertetraploid individuals according to a definite plan. The hypertetraploids were synthesized by crosses of tetraploids as mother plants with the double trisome 15/4. Previous experiments furnished the following theoretical ba-

sis for this assumption: a) The stigma of tetraploid plants gives the most favourable conditions for the functioning of diploid grains notwithstanding the excess of haploid and hyperhaploid grains, b) the zygotes formed in this way have the possibility of a nearly normal development since they originated from the union of gametes with approximately the same number of chromosomes.

3. The above assumption has been corroborated by the results obtained: from crosses with the double trisome 15/4 besides one triploid and one hypertriploid with 23 chromosomes, there were obtained also exactly tetraploid and hypertetraploid plants with 28, 29 and 30 chromosomes. The hybrid nature of all these types could be identified on the basis of their genetic constitution.

Warsaw, Botanical Laboratory of the Free University.

Explanation of Plate 2

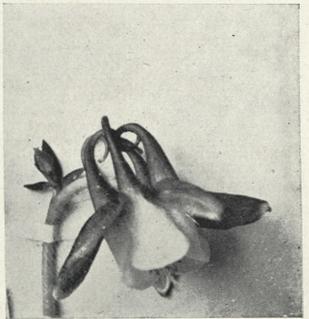
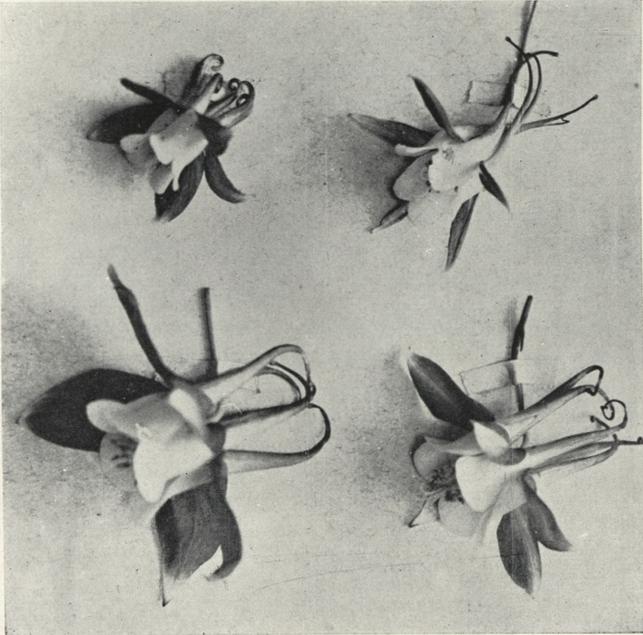
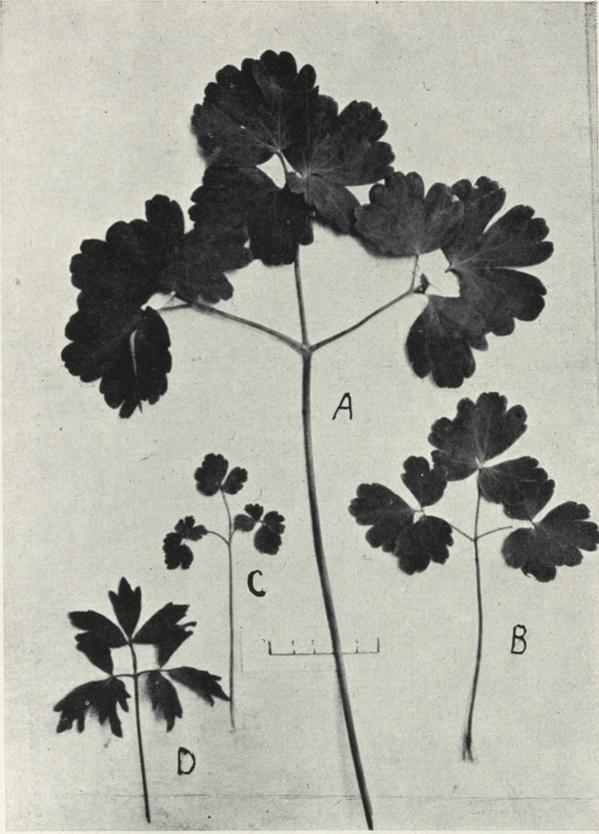
Fig. 1. Photos of leaves. *A* — tetraploid, *B* — double trisome 15/4, *C* — single trisome 16/4, *D* — single trisome 15/9 ($\times 0.3$).

Fig. 2. Photos of flowers. Above: two tetraploid sisterplants of the double trisome 15/4. Below: two hyperdiploids: 15/4 (on the left) and 43/3 (on the right) ($\times 0.66$).

Fig. 3. Downwards: the tetraploid 320/5, the doubly pentasomic tetraploid 320/1 and the doubly tetrasomic triploid 315 ($\times 0.66$).

References

- 1) Avery Priscilla, Chromosome number and morphology in *Nicotiana*. IV. The nature and effect of chromosomal irregularities in *N. alata*, var. *grandiflora*. Univ. of Calif. Publ. in Bot. **11**, 1929. — 2) Blakeslee and Avery, The inducing of doubling of chromosomes by treatment with colchicine. Journ. of Her. **28**, 1937. — 3) Lesley J. W., A cytological and genetical study of progenies of triploid tomatoes. Genetics **13**, 1928. — 4) Müntzing A., Hybrid incompatibility and the origin of polyploidy. Hereditas **18**, 1933. — 5) Müntzing A., Triple hybrids between Rye and two Wheat species. Hereditas **20**, 1935. — 6) Skalińska M., Das Problem des Nichterscheinens des väterlichen Typus in der Spaltung der partiell sterilen Aquilegia-Species-Bastarde. Acta Soc. Bot. Pol. **6**, 1929. — 7) Skalińska M., Etudes cytogénétiques sur un hybride triploïde d'Aquilegia. Acta Soc. Bot. Pol. **11**, Suppl. 1934. — 8) Skalińska M., Cytogenetic Investigations of an allotetraploid Aquilegia. Bull. de l'Acad. Pol. des Sc. et des Lettres. Série B. 1935. — 9) Skalińska M., The taxonomical value of two tetraploid groups of Aquilegia. Bibl. Univ. Lib. Pol. Série B. 1937.



1

2

3

*Wędrówki roślin górskich wzdłuż rzek tatrzańskich. —
Wanderungen der Gebirgspflanzen längs der Tatra-Flüsse.*

Mémoire

de **M. J. WALAS,**

présenté le 7 Mars 1938 par M. Wł. Szafer m. t.

(Planches 3—8).

Inhalt.

Einleitung	59
I. Morphologische Charakteristik der Tatra und ihrer Umgebung .	60
II. Die bisher bekannten Angaben über Pflanzenwanderungen längs der Tatra-Flüsse	61
III. Charakteristik des Dunajec-Flußgebietes	62
IV. Gebirgspflanzen auf den Alluvionen des Dunajec	64
V. Anpassung der Gebirgspflanzen an die Wanderung längs der Flüsse	70
VI. Beständigkeit der Standorte an den Flüssen und Verbreitung der Gebirgspflanzen von denselben aus in die weitere Umgebung	74
VII. Die Gebirgspflanzenwanderungen längs der Flüsse als Vermittler zwischen der Tatra und den Pieninen	75
VIII. Vergleich der Flußwanderungen der Gebirgspflanzen längs der Tatra- und der Alpenflüsse	77

Einleitung.

Zahlreiche Gebirgspflanzen wandern längs der Alpenflüsse viele km weit abwärts. Das strömende Wasser trägt sie als Samen, manchmal auch als ausgewachsene Pflanzen in die Ebene, südlich der Alpen fast bis an den Strand der Adria (Beck v. Mannagetta 1907, Braun 1913), nördlich bis München, Augsburg u. s. w. (Hegi 1905 u. a.).

Ein Teil dieser Pflanzen gehört zu den alpinen Arten, die ihr Verbreitungszentrum in der alpinen Stufe haben, ein Teil den

subalpinen Arten (aus der Nadelwaldstufe), ferner den montanen Arten an, die in der untersten Gebirgstufe wachsen.

Ähnliche Verhältnisse konnte man am Fuße der Karpathen, vor allem in der Tatra erwarten. Da in der Literatur hierüber wenig zu finden ist, habe ich mich in den letzten Jahren der Aufgabe unterzogen, die Flora längs der Flüsse, welche in der Tatra entspringen, zu untersuchen.

Im Prinzip beschränke ich mich nur auf das Flußgebiet des Dunajec, das fast zur Gänze in Polen liegt und zudem die Wanderungen der Gebirgsflora am stärksten zur Erscheinung bringt. Außerdem unternahm ich zu Vergleichszwecken einige kurze Exkursionen an die auf der slovakischen Seite befindlichen Tatra-Flüsse.

Zu besonderem Danke bin ich meinem verehrten Professor Dr. W. Szafer, dem derzeitigen Rektor der Jagellonischen Universität in Krakau verpflichtet, der mir bei meiner Arbeit mit Rat und Tat zur Seite stand. Herrn Prof. Dr. B. Pawłowski danke ich ebenfalls herzlichst für seine Hilfe und aufschlußreichen Hinweise und Prof. Dr. W. Koch aus Zürich für die mir in liebenswürdiger Weise zur Verfügung gestellte einschlägige Literatur.

I. Morphologische Charakteristik der Tatra und ihrer Umgebung.

Die Tatra ist von vier Talkesseln umgeben, von denen zwei, Orawa (= Arva) und Podhale im Norden, zwei andere, Spisz (Zips) und Liptów (Liptau) im Süden des Gebirges gelegen sind. Jeder dieser Talkessel wird von einem Hauptfluß durchschnitten: Orawa vom Fluß Orawa, Liptów von der Waag, Podhale vom Dunajec und Spisz vom Poprad. Die zwei erstgenannten Flüsse gehören dem Zuflußgebiet des schwarzen Meeres, die zwei letztgenannten demjenigen der Ostsee an. Infolgedessen verläuft die Hauptwasser-scheide in der Tatra quer zur Gebirgskette, also in nördlicher-südlicher Richtung. Alle Flüsse der Tatra fließen am Fuße des Gebirges parallel zu diesem, da andere Gebirgsketten, welche sich in der Nachbarschaft der Tatra erheben, ihren direkten Abfluß verhindern. Die Flüsse ändern ihre Richtung erst in einer gewissen Entfernung.

Im Tatragebirge selbst finden wir 19 Haupttäler. Sie schneiden sich sehr tief ins Gebirge hinein (die Länge des Wasserstromes im längsten Tale beträgt 16 km) und sind schwach verzweigt. Die besten Bedingungen für die Pflanzenwanderungen bietet der Dunajec. In Betracht kommen hier nämlich folgende Verhältnisse: ein stark entwickeltes Netz von Seitenflüssen, hie und da bis zum Ufer herabreichende Felswände, gut entwickelte Flußkiesbänke, eine starke Zergliederung der Nebentäler u. s. w. An zweiter Stelle stehen die Waag und der Poprad; der Fluß Orawa nimmt in dieser Hinsicht die letzte Stelle ein.

II. Die bisher bekannten Angaben über Pflanzenwanderungen längs der Tatra-Flüsse.

Die erste Angabe über eine Gebirgspflanzenwanderung an den Flüssen der Tatra stammt von Berdau (1859); sie betrifft *Veronica aphylla* L. und *V. fruticans* Jacq.

Einige Jahre später erwähnten Fritze und Ilse (1863, 1870) mehr als 10 Alpenpflanzen an den Ufern des Bialka-Flusses und seiner Nebenflüsse: Jaworowy Potok und Biała Woda.

Im Jahre 1864 erwähnen Ascherson und seine Begleiter (1864) 17 Gebirgspflanzen zwischen Kościelisko und Zakopane, ferner am Czarny Dunajec, am Ausgang des Kościelisko-Tales und an der Bialka. Die bald darauf erscheinende Skizze von Seidel (1867) berücksichtigt auch die Pflanzenwanderungen an den Flußufern, besonders am Biały Dunajec.

Einen großen Fortschritt stellt die Arbeit von Kotula (1889—1890) über die Verbreitung der Gefäßpflanzen in der Tatra dar. Sie enthält ganz genaue Angaben über die niedrigsten Fundorte aller Tatra-Pflanzen; viele von ihnen sind an Flußufern, schon außerhalb des eigentlichen Tatragebietes gelegen.

Die beiden anderen Florenwerke, die sich auf die Tatra beziehen und die gleichzeitig erschienen sind, u. zw. die Werke von Berdau (1890) und von Sagorski und Schneider (1891) tragen nicht viel neues zur Kenntnis der Gebirgspflanzenwanderung bei. Die Angaben von Berdau sind nämlich viel zu ungenau gehalten, während sich diejenigen von Sagorski und Schneider fast ausschließlich auf das Tatra-Gebiet im engeren Sinne beschränken.

Kurze und mit wenigen Ausnahmen nur ganz allgemeine Angaben über Gebirgspflanzenwanderungen finden wir ferner bei Rehman (1895) und Pax (1898, 1908). Dagegen sind viele, genauere Einzelangaben in den neueren Arbeiten von Domin, Györffy, Klika, Pawłowski u. s. w. angeführt.

III. Charakteristik des Dunajec-Flußgebietes.

Das Flußgebiet des Dunajec nimmt drei Viertel des nördlichen Abhanges der Tatra ein. Es setzt sich aus drei Flußarmen, die ihre Quellen in der Tatra haben, zusammen: aus dem Czarny Dunajec, dem Biały Dunajec und der Białka.

Der längste davon ist der Czarny Dunajec. Seine Quellen liegen in zwei Tälern der West-Tatra (Kościeliska und Chochołowska Tal). Sein Oberlauf begünstigt die Entwicklung und Wanderung der Gebirgspflanzen, sein Unterlauf bietet dagegen nur durch seine ausgedehnten Kiesfelder günstige Verhältnisse, im übrigen behindert aber die Nähe der moorreichen Orawa-Ebene sowie die Regulierung und künstliche Bepflanzung der Ufer durch Weiden deren Fortpflanzung und Wanderung.

Der Biały Dunajec hat seine Quellen am Fuß der Czerwone Wierchy. Zahlreiche Wasseradern fließen ihm zu aus den kalkreichen Tälern: Mała Łąka, Za Bramką, Strażyska, Białego. Andere Seitenarme, u. zw. die Bystra, Olczyńska und der Poroniec kommen aus der hohen Tatra. Während sich die Ausgänge der erstgenannten Täler durch einen außerordentlich großen Reichtum an günstigen Bedingungen für die Gebirgspflanzenwanderungen auszeichnen, sind die drei letzteren Täler in dieser Hinsicht arm. Der weitere Flußlauf des Dunajec ist der Pflanzenwanderung hinderlich wegen der dichten Besiedelung der Ufer, welche sich von der Stadt Zakopane über Poronin bis zum Dorf Biały Dunajec erstreckt (Vergl. Karte II).

Der dritte Fluß, die Białka, nimmt seinen Ursprung in der Hohen und der Bielaer Tatra. Seine Wasseradern kommen aus folgenden Tälern: den Polnischen Fünf Seen, dem Morskie Oko, der Biała Woda und der Jaworowa. An den Ufern dieser Flüsse erheben sich nur wenige Kalkwände, dafür umfaßt ihr Flußgebiet sehr große Flächen und reicht weit ins Gebirge hinein. Der weitere, außerhalb der Tatra liegende Lauf des Flusses Białka bietet von

TABELLE I.

Faktoren, welche die Gebirgspflanzenwanderungen im Flußgebiet des Dunajec beeinflussen.

		Czarny Dunajec	Bialy Dunajec	Bialka
1.	Länge des Flusses, von der Quelle bis zur Mündung der Bialka in den Dunajec in km	64	50	42¹⁾
2.	Summarische Länge der Wasseradern im Flußgebiet in km	412	356	520
3.	Summarische Länge der Wasseradern oberhalb einer Höhe von 1500 m ü. S. (± obere Waldgrenze) in km	73	67	82
4.	Zahl der Bäche oberhalb der 1500 m Grenze	3	3	8
5.	Tiefster Einschnitt der Bäche in das Tatra-Massiv in km	12	6	13
6.	Entwicklung des Flusses (auf 1 km Talgebiet entfallen km Wasseradern)	1·6	1·6	1·6
7.	Ausdehnung des Flußgebietes oberhalb von 900 m in qkm	74·3	74·4	121·7
8.	Flußnetz (auf 1 qkm entfallen km Wasseradern)	0·98	0·89	0·68
9.	Flußgefälle in ‰	9·5	25·5	25·4
10.	Zahl der Täler, die im Gebiete der Tatra Kalkfelsen enthalten	3	5	2
11.	Kalkfelsen längs des Flusses, außerhalb der Tatra	0	+	++
12.	Zahl der größeren Seen im Flußgebiet	0	6	20
13.	Vorkommen von Karstquellen im Flußgebiet	+	+	0
14.	Steile Ufer des Flusses außerhalb der Tatra	+	+	++
15.	Vorkommen von Torfmooren in der Nähe der Ufer	+	+	0
16.	Regulierung der Ufer und Weidenanbau	++	+	0
17.	Siedelungen an den Flussufern umfassen...qkm	9·37	7·47	1·71

allen angeführten Flüssen für die Pflanzenwanderung die größten Vorteile; an seinen Ufern breiten sich nämlich ausgedehnte Kiesfelder aus und an einer Stelle erhebt sich ein Kalktor unmittelbar

¹⁾ Der Fettdruck zeigt auf die günstige Beeinflussung der Pflanzenwanderung durch den betreffenden Faktor hin.

an dem Wasserspiegel. Zudem ist die Białka von den drei Armen des Dunajec die wasserreichste und fließt am schnellsten. Dagegen sind ihre Ufer am wenigsten besiedelt und am wenigsten reguliert.

IV. Gebirgspflanzen auf den Alluvionen des Dunajec.

Die Abgrenzung des Gebirges von der Ebene durch eine einheitliche Höhenlinie ist in der Tatra schwer durchzuführen. Im Flußgebiet des Dunajec nahm ich als Grenzlinie den Weg »pod Reglami« und weiter östlich bis zur Łysa Polana die Straße Zakopane-Morskie Oko, sowie die Straße Łysa Polana-Podspady an. Diese Grenze schwankt zwischen 900 und 1044 m, was sich mehr oder weniger mit der oberen Grenze der Ackerbaustufe deckt.

In Bezug auf die vertikale Verbreitung der Pflanzen unterscheidet sich folgende Artengruppen:

1. submontane Arten (*»gatunki podgórskie«*), die ihr Hauptzentrum im Vorgebirge, in der *Carpinus*-Stufe haben, z. B. *Epi-lobium Dodonaei* Vill.;

TABEL

Die niedrigsten, unterhalb 1000 m ü. M. liegenden Fundorte der

Flußgebiet	D u n a j e c													
	Czarny Dunajec				Biały Dunajec						Białka			
Einzelne Täler	Chocholowska	Lejowa	Kościeliska	Czarny Dunajec	Mala Łąka	Za Bramką	Strążyska	Białego	»Zakopane«	Bystra (Krupówki)	Olcza	Sucha Woda	Biała Woda	Jaworowy potok
Zahl der Gebirgspflanzen. . . .	8	0	19	19	9	31	25	25	16	12	7	0	23	4
Zahl der Fundorte im Flußgebiet der Seitenflüsse des Dunajec	45				125						27			
Zahl der Fundorte	197													

2. montane Arten (*»gatunki reglowe«*) mit dem Verbreitungszentrum in der Stufe der Buchenwälder, z. B. *Moehringia muscosa* L.;

3. subalpine Arten (*»gatunki podalpejskie«*), deren Hauptverbreitung in die Nadelwald- und Knieholzstufe fällt, z. B. *Leucanthemum rotundifolium* (W. K.) DC.;

4. alpine Arten (*»gatunki alpejskie«*) mit dem Verbreitungszentrum in der alpinen Stufe, z. B. *Oxyria digyna* (L.) Hill. Die zwei letzten Gruppen werden auch als Hochgebirgsarten zusammengefaßt (Pawłowski 1928). Außerdem unterscheide ich noch Pflanzen, welche in allen Stufen ungefähr gleichmäßig verbreitet sind; ich nenne sie allgemeine Gebirgsarten (*»ogólno górskie«*), im Gegensatz zu den Gebirgsarten überhaupt, die alle 4 Gruppen umfassen und die ich »Arten mit Verbreitungszentrum im Gebirge« nenne.

Die Gebirgspflanzen wandern meist in der Weise, daß sie etappenartig von den höheren in die tieferen Lagen versetzt werden. Deshalb ist es wichtig, ihre niedrigsten Standorte in der Tatra selbst festzustellen.

LE II.

Gebirgspflanzen in den Tatra-Tälern (nach Kotula 1889—1890)

Poprad							Waag					Orawa				
Reglany Potok	Żar = Zdziar	Szarpaniec	Tokarnia	Babina	Suchy Potok	Rakuska	Biała Liptowska	Raczkowa	Babki	Suchy Potok pod Białą Skalą	Pribisko	Stary Gaj	Osobita	Mikulcze	Orawica	
4	39	5	7	12	16	18	23	13	6	25	1	4	15	2	2	
—							—					—				
101							67					24				

In Tabelle II stelle ich die Anzahl der Pflanzen, die unter 1000 m vorkommen, zusammen. Die nördlichen Täler zählen zusammen 106 Arten an 290 Fundorten, sie sind also zweimal reicher als die Täler der Südseite, die nur 60 Arten an 85 Fundorten aufweisen¹⁾. Dies ist um so interessanter, als die Südseite der Tatra, wenn man ihre gesamte Flora in Betracht nimmt, reicher an Gebirgsarten ist, als die Nordseite (Kotula 1889—1890 S. 147). Die nördlichen Täler verdanken ihren Pflanzenreichtum vor allem ihrer günstigeren Lage, sowie dem Umstand, daß die Ufer steil und schattig sind und außerdem oft von Kalkwänden eingefaßt werden.

Die einzelnen Flußgebiete enthalten:

Flußgebiet des Dunajec:	98 Gebirgsarten	an	198 Fundorten
»	» Poprad:	68	»
»	» der Waag:	51	»
»	» Orawa:	23	»

In den einzelnen Tälern, die zu dem Flußgebiet des Dunajec gehören, sind die Gebirgspflanzen folgendermaßen verteilt (Vergl. Tabelle III).

In dem Flußgebiet des Czarny Dunajec	39 Arten	an	45 Fundorten
»	» Bialy Dunajec	70	»
»	» der Bialka	25	»

Was die niedrig gelegenen Fundorte von Gebirgspflanzen anbetrifft, ist das Flußgebiet des Bialy Dunajec das reichste, nicht nur im Flußgebiet des Dunajec, sondern in der ganzen Tatra, dank den vielen Kalktälern mit ihren steilen bis zum Flusse hinabreichenden zahlreichen Felsen.

TABELLE III

Die niedrigsten unterhalb 1000 m Höhe liegenden Fundorte der Gebirgspflanzen in dem Flußgebiet des Czarny Dunajec (nach Kotula 1889—1890)

1. Chocholowska Tal.: *Carex sempervirens* 943 m, *Crepis Jacquini* 943 m, *Cystopteris sudetica* 943 m, *Hieracium villosum* 943, *Leontopodium alpinum* 943, *Pinus mughus* (Molkówka) 956, *Sedum atratum* 943, *Trisetum alpestre* 943.

¹⁾ Sämtliche Angaben sind dem grundlegenden Werke Kotulas (1889—1890) entnommen. Der Einheitlichkeit halber habe ich die einzelnen späteren Angaben, da sie nur sporadisch sind und nicht die Gesamtheit der Täler gleichmäßig berücksichtigen, nicht in Betracht genommen.

2. Kościeliska-Tal.: *Asplenium viride* 932, *Cardamine Opizii* 932, *Carex tenuis* 941, *Cirsium erisithales* 932, *Crepis Jacquini* 941, *Cystopteris sudetica* 941, *Delphinium elatum* 941, *Festuca versicolor* 941, *Gypsophila repens* 1001, *Hieracium villosum* 932, *Leontopodium alpinum* 941, *Minuartia Kitaibelii* 941, *Pedicularis verticillata* 981, *Polystichum lonchitis* 932, *Primula auricula* 941, *Rhinanthus alpinus* 941, *Saxifraga aizoon* 932, *Saxifraga perdurans* 942, *Sempervivum soboliferum* var. 932, *Trisetum alpestre* 932.
3. Czarny Dunajec-Tal.: *Aconitum firmum* 919, *Campanula Kladniana* 774, *Carex capillaris* 898, *Cystopteris sudetica* 914, *Epilobium anagallidifolium* 847, *Galium anisophyllum* 774, *Geranium silvaticum* 919, *Geum montanum* 914, *Listera cordata* 914, *Meum mutellina* 860, *Mulgedium alpinum* 919, *Phleum alpinum* 919, *Poa alpina* 899, *Polygonum viviparum* 898, *Potentilla aurea* 860, *Sagina saginoides* 884, *Senecio subalpinus* 832, *Soldanella carpatica* 905, *Trifolium badium* 898.
4. Mała Łąka-Tal.: *Bellidiastrum Michellii* (Hruby Regiel) 958, *Cardamine trifolia* (Hruby Reg.) 938, *Cortusa Mathioli* 950, *Cystopteris montana* (Hruby R.) 958, *Gentiana verna* 940, *Rumex arifolius* 1000, *Saxifraga adscendens* 943, *Senecio subalpinus* 1000.
5. Za Bramką-Tal.: *Androsace chamaejasme* 925, *Androsace lactea* 962, *Arabis bellidifolia* 935, *Bellidiastrum Michellii* 950, *Cardamine Opizii* 962, *Carduus glaucus* 935, *Carex firma* 925, *C. sempervirens* 935, *C. tenuis* 935, *Crepis Jacquini* 935, *Dryas octopetala* 935, *Epilobium alsinifolium* 938, *Festuca Tatrae* 935, *Galium anisophyllum* ssp. *sudeticum* 935, *Gentiana Clusii* 935, *Gymnadenia odoratissima* 925, *Hieracium Tatrae* 925, *Kernera saxatilis* 925, *Leontopodium alpinum* 935, *Phegopteris Robertiana* 890, *Pinguicula alpina* 935, *Pinus mughus* 920, *Primula auricula* 935, *Ranunculus alpestris* 935, *Rumex arifolius* 935, *Salix reticulata* 940, *Saxifraga adscendens* 935, *S. caesia* 935, *S. moschata* 935, *Sweetia alpestris* 935, *Thesium alpinum* 925, *Trisetum alpestre* 925, *Veronica aphylla* 935.
6. Strażyska-Tal.: *Aconitum firmum* 898, *Arenaria ciliata* 898, *Campanula cochleariifolia* 896, *Cardamine trifolia* 940, *Carex firma* 940, *Carex sempervirens* 898, *Crepis Jacquini* 940, *Epilobium alsinifolium* (Skibówki) 880, *Euphrasia picta* (Skibówki) 880, *E. salisburgensis* 896, *Galium anisophyllum* ssp. *sudeticum* 898, *Gentiana Clusii* 940, *Gymnadenia odoratissima* 896,

6. Strażyska-Tal.: *Gypsophila repens* 898, *Hieracium Tatrae* 940, *Hutchinsia alpina* 898, *Minuartia Kitaibeli* 898, *Saxifraga aizoides* 896, *S. caesia* 940, *Scabiosa lucida* 898, *Sedum atratum* 898, *Senecio subalpinus* 898, *Sweetia alpestris* 940, *Trisetum alpestre* 898, *Veronica aphylla* 898.
7. Białego-Tal.: *Androsace chamaejasme* 938, *A. lactea* 938, *Cardamine trifolia* 938, *Carex firma* 938, *C. tenuis* 938, *Cirsium erisithales* 938, *Crepis Jacquini* 938, *Delphinium elatum vel oxysepalum* 974, *Dryas octopetala* 974, *Galium anisophyllum ssp. sudeticum* 938, *Gentiana Clusii* 938, *Geranium silvaticum* 974, *Gymnadenia odoratissima* 919, *Heliosperma quadrifidum* 938, *Hieracium villosum* 938, *Hutchinsia alpina* 974, *Kernera saxatilis* 919, *Leontopodium alpinum* 938, *Pedicularis verticillata* 974, *Pinguicula alpina* 938, *Ranunculus alpestris* 938, *Rumex scutatus* 974, *Saxifraga caesia* 938, *S. moschata* 974, *Trisetum alpestre* 938.
8. Zakopane: *Aconitum firmum* 866, *Arabis alpina* 890, *Asplenium viride* 890, *Calamagrostis »montana«* 866, *Campanula cochlearifolia* 877, *Dryas octopetala* 878, *Epilobium alsinifolium* 850, *Euphrasia picta* 846, *E. salisburgensis* 880, *Gnaphalium norvegicum* 870, *G. supinum* 900, *Heliosperma quadrifidum* 880, *Pinguicula alpina* 846, *Polygala brachyptera* 846, *Sagina saginoides* 830, *Saxifraga moschata* 890.
9. Bystra u. Krupówki: *Arabis bellidifolia* 870, *Asplenium viride* 850, *Campanula Kladniana* 850, *Listera cordata* 850, *Pinus mughus* 870, *Saxifraga aizoides* 850, *Selaginella selaginoides* 870, *Soldanella carpatica* 870, *Sweetia alpestris* 870, *Veronica aphylla* 870, *V. fruticans* 870, *Viola biflora* 850.
10. Olcza: *Aconitum firmum* 880, *Arabis alpina* 880, *A. bellidifolia* 880, *Atragene alpina* 880, *Euphrasia salisburgensis* 880, *Listera cordata* 850, *Pinus mughus* 870, *Saxifraga perdurans* 880, *Valeriana tripteris* 880.
11. Białka-Tal.: *Adenostyles alliariae* 826, *Campanula Kladniana* 826, *Crepis grandiflora* (Chowańców Wierch) 887, *Galium anisophyllum ssp. sudeticum* 820, *Heliosperma quadrifidum* 820, *Homogyne alpina* (Chowańców W.) 887, *Hypochoeris uniflora* (Chowańców W.) 899, *Leucanthemum rotundifolium* (Chowańców W.) 820, *Melampyrum silvaticum* (Chowańców W.) 820, *Minuartia Kitaibeli* 743, *Poa alpina* 820, *Polygonum viviparum* (Chowańców W.) 887, *Potentilla aurea* (Chowańców W.) 887, *Rumex scutatus* 826, *Saxi-*

11. Białka-Tal.: *fraga aizoides* 820, *Selaginella selaginoides* (Chowańców W.) 826, *Senecio subalpinus* (Chowańców W.) 826, *Solidago virga-aurea* ssp. *alpestris* 887, *Trifolium badium* 820, *Tr. spadiceum* (Chowańców W.) 899, *Valeriana tripteris* 826, *Veronica fruticans* 743, *Viola biflora* 826.
12. Jaworowy potok: *Adenostyles alliariae* 939, *Crepis grandiflora* 870, *Epilobium alpestre* 994, *Ranunculus platanifolius* 919.

In Tabelle IV stelle ich die Gebirgspflanzenarten zusammen, die ich in den letzten Jahren an den Ufern des Dunajec und seiner Zuflüsse, an deren außerhalb der Tatra gelegenen Abschnitten gefunden habe. Von diesen werden in diesem Gebiete am häufigsten folgende angetroffen: *Arabis alpina*, *Arabis arenosa* ssp. *Borbassii*, *Carduus personata*, *Cerastium Raciborskii*, *Petasites Kablikianus*, *Poa alpina*, *Rumex scutatus*, *Silene latifolia* v. *carpatica*.

Den oben aufgezählten Arten begegnet man nicht nur oft, sondern auch viele km weit außerhalb der Tatra. Andere Arten: *Aconitum firmum*, *Arabis bellidifolia*, *Campanula cochleariifolia*, *Euphrasia salisburgensis*, *Gypsophila repens*, *Heliosperma quadrifidum*, *Saxifraga aizoides*, *Trifolium badium*, *Veronica fruticans* spielen eine viel geringere Rolle. Manche von ihnen gehören im Vorgebirge der Alpen zu den an den Flußufern sehr verbreiteten Pflanzen, z. B. *Campanula cochleariifolia*, *Gypsophila repens*, *Saxifraga aizoides*.

Am reichsten sind längs der Flüsse folgende Familien vertreten: *Caryophyllaceae*, *Cruciferae*, *Compositae*, *Polygonaceae*, *Gramineae*, *Saxifragaceae*.

Aus Tabelle IV geht hervor, daß an den Flüssen nicht — wie man erwarten sollte — die montanen Arten, sondern die subalpinen und alpinen am zahlreichsten vertreten sind. Man kann daraus ersehen, daß nicht die vertikale Verbreitung der Pflanzen für ihr Auftreten an den Flüssen ausschlaggebend ist, sondern, daß hier andere Faktoren eine Rolle spielen, vor allem die Ähnlichkeit der ökologischen Bedingungen an den Alluvialfeldern mit den Bedingungen an den natürlichen Standorten im Gebirge. Infolgedessen finden wir an den Tatraflüssen größtenteils Geröllpflanzen: *Oxyria digyna*, *Papaver Burseri*, *Rumex scutatus*, *Silene latifolia* v. *carpatica*, wie auch schuttliebende Arten: *Arabis alpina*, *Arabis arenosa* ssp. *Borbassii*, *Campanula cochleariifolia*, *Hutchinsia alpina*, *Minuartia Kitaibelii*, *Saxifraga aizoides*.

An zweiter Stelle kommen die Pflanzen der Hochstaudenfluren in Betracht wie z. B. *Aconitum firmum*, *Carduus personata*, *Chaerophyllum cicutaria*, *Epilobium alpestre*, *Orobanche flava*, *Petasites Kablikianus*, *Rumex alpinus*, *Ranunculus platanifolius*, *Sedum carpaticum*, *Senecio subalpinus*, *Solidago virga-aurea* ssp. *alpestris*, *Valeriana sambucifolia*, an dritter Stelle die Quellflurenpflanzen: *Arabis bellidifolia*, *Cardamine Opizii*, *Epilobium alsinifolium*, *Heliosperma quadrifidum*, *Viola biflora*.

Was die Bodenansprüche anbelangt, so finden wir im Flußgebiet des Dunajec ausschließlich kalkstete, kalkholde oder indifferente Gebirgspflanzen (Vergl. Tab. IV); Arten, die nur an einen kalkarmen Boden gebunden sind, kommen an diesen Flüssen überhaupt nicht vor, im Gegensatz zu den Flüssen in den Alpen, wo man sehr viele s. g. »Granitpflanzen« vorfindet, ganz besonders in den Zentralalpen. Verursacht wird dies dadurch, daß im Quellgebiet aller drei Flüsse zum Teil kalkreiche Gesteine vorkommen, wodurch der Reichtum des Wassers an Ca-Jonen bedingt ist. Infolgedessen finden wir in den Flußschottern, in der Nähe der Tatra, wenigstens Spuren von Kalkstein. Zudem wirkt auch die physische Eigenart des Schotters ähnlich wie der Boden auf Kalkgestein (Kraus 1911, Salisbury 1920, Rüssel 1936).

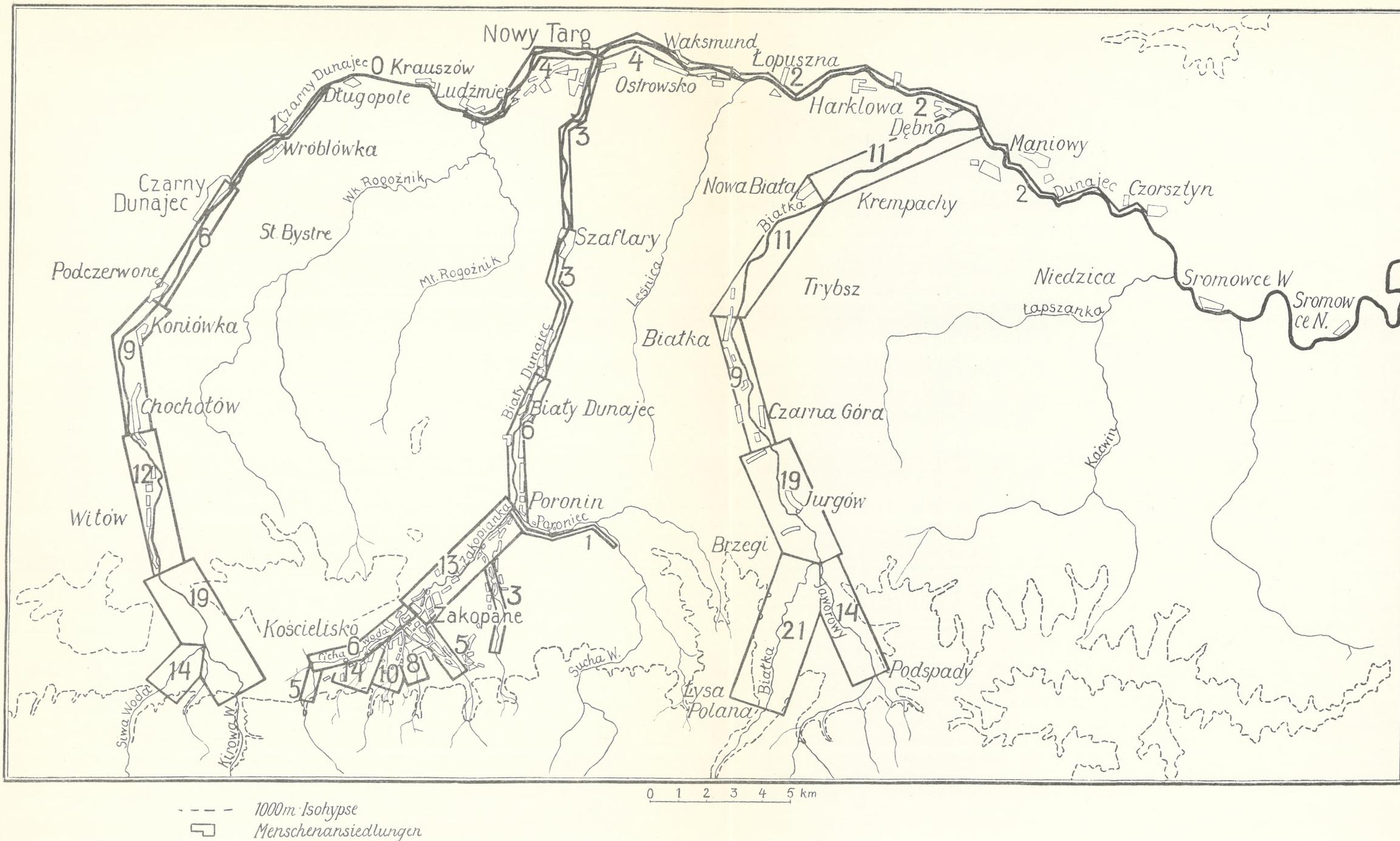
Die Zahl der im Bereich der einzelnen Flußabschnitte beobachteten Gebirgsarten hängt in einem hohen Grade von der Entfernung derselben von der Tatra ab. Das sieht man klar auf Karte I, wo jeder Flußlauf in mehrere Abschnitte von ungefähr gleicher geradliniger Ausdehnung (ungefähr 5 km) eingeteilt wurde. Wie aus dieser Karte ersichtlich, ist die Białka der an Gebirgspflanzenarten reichste Fluß. Die Ursache ist darin zu suchen, daß die Ufer desselben die günstigsten Bedingungen für die Pflanzenwanderungen schaffen (Vergl. Tab. I, S. 63). Das steht im schärfsten Gegensatz zu den Verhältnissen zwischen dem Tatrarande und der 1000 m Isohypse. Auf dieser Strecke ist der Białka-Fluß der ärmste und der Dunajec der reichste an Gebirgspflanzen (Vergl. S. 66).

V. Anpassung der Gebirgspflanzen an die Wanderung längs der Flüsse.

Die Mehrzahl der Gebirgspflanzen, welche auf den Alluvienfeldern der Tatra-Flüsse angetroffen werden, besteht aus Arten,

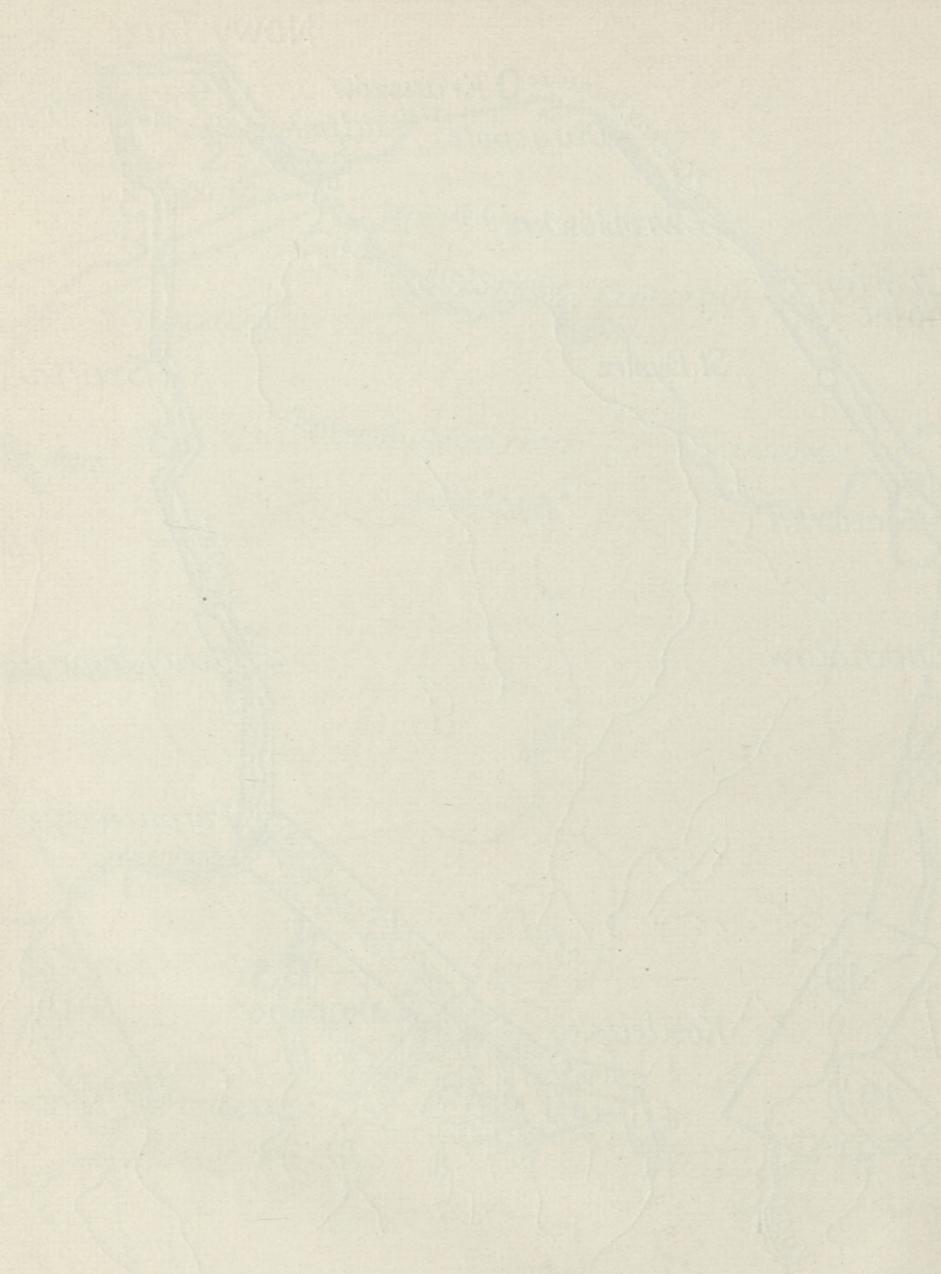
KARTE I.

Zahl der Gebirgspflanzenarten an den Ufern der Tatraflüsse in verschiedener Entfernung vom Ausgangszentrum.



Anmerkung: Die innerhalb oder neben den Rechtecken befindlichen Zahlen beziehen sich auf die Artenzahl.

J. Walas del.



Annahme: Die Kirche ist ein Teil der Nation
Wiederherstellung

deren Samen durch den Wind verbreitet werden. Dies ist eine Erscheinung, die in der ganzen Gebirgsflora überhaupt zu Tage tritt (Vogler 1901). Demgegenüber ist bei uns, ebenso wie in den Alpen keine einzige Pflanze zu nennen, deren Samen speziell an Wasserverbreitung angepaßt wären (außer *Alnus incana* und z. T. *Euphrasia salisburgensis*).

Die Flugfähigkeit der für uns in Betracht kommenden Pflanzensamen wird erreicht (vgl. hierzu Tafel 3 u. 4):

1. durch kleine Ausmaße derselben: *Campanula cochlearifolia*, *Orobanche flava*, *Papaver Burseri*, *Saxifraga aizoides*, *Saxifraga aizoon*, *Scrophularia Scopoli*, *Sedum carpaticum*, teils auch *Alchemilla*, *Arabis*, *Cerastium*-Arten, *Euphrasia salisburgensis*, *Gypsophila repens*, *Heliosperma quadrifidum*, *Sagina saginoides*, *Silene latifolia* v. *carpatica*, *Trifolium badium*, *Viola biflora* u. a.;

2. durch Warzen an der Oberfläche des Samens: *Campanula cochlearifolia*, *Cerastium fontanum*, *C. Raciborskii*, *Gypsophila repens*, *Orobanche flava*, *Papaver Burseri*, *Saxifraga aizoides*, *S. aizoon*, *Silene latifolia* v. *carpatica*; die Warzen erreichen manchmal sehr große Dimensionen: *Heliosperma quadrifidum*, *Minuartia Kitaibelii*;

3. durch häutige Berandung der Samen: *Aconitum firmum*, *Arabis alpina*, *A. bellidifolia*, *Hutchinsia alpina*, oder durch flache Gestalt: *Arabis arenosa* ssp. *Borbassii*, *Caryophyllaceae*, *Linaria alpina*, *Veronica fruticans*, *Viola biflora*;

4. durch fallschirmartig wirkende Einrichtungen wie Perianth- oder Hüllblattreste: *Rumex alpinus*, *R. scutatus*, *Oxyria digyna*, *Phleum alpinum*, *Polygala brachyptera*, *Thymus sudeticus*, *Trifolium badium*, oder durch Pappus, Haarkränze und einen federigen Griffel an der Fruchtspitze (*Compositae*, *Valerianaceae*, *Epilobium*, *Myricaria germanica*, *Dryas octopetala*, *Calamagrostis varia*).

Die oben erwähnten Anpassungen fungieren zugleich als wirksame Mittel für den Wassertransport der Samen.

Eine große Rolle spielt beim Wassertransport die Dicke der Samenhülle, welche die schädliche Einwirkung des Reibens im Grus und Flußsand fernhält. Von den an den Flußufern im Podhale wachsenden Pflanzen haben *Arabis*, *Cerastium*, *Gypsophila*, *Hutchinsia*, *Trifolium* u. a. eine dicke Schale¹⁾.

¹⁾ Hier muß auch der kahnenförmige Bau der Samen (*Campanula cochlearifolia*, *Saxifraga aizoides* u. *aizoon*, *Euphrasia salisburgensis*, *Aconitum variegatum* u. *firmum*) erwähnt werden.

In einigen Fällen werden auch ganze Schotten oder Kapseln mit zahlreichen Samen vom Wasser weitergetragen und öffnen sich erst bis sie sich weit vom Gebirge entfernt haben ¹⁾.

Die Gebirgspflanzen können auch im vegetativen Zustand vom Gebirge in die Täler gelangen und dort Fuß fassen (Christ 1882, Hegi 1902, Höhn 1917). Das ist im Podhale der Fall bei *Petasites Kablikianus* (Rhizome), bei *Arabis alpina*, *Cerastium Raciborskii*, *Gypsophila repens*, *Saxifraga aizoides*, *Saxifraga aizoon* u. a. (Rosetten). Manchmal genügt nur ein kleines Bruchstück der Pflanze, um ihre Verbreitung zu sichern (Vergl. *Hutchinsia alpina*, Schröter 1926).

Das Wasser wirkt als Medium vorteilhaft auf die Keimungsfähigkeit der Samen ein. Viele von ihnen keimen schon im Wasser und lassen sich als fertige Keimlinge am Ufer nieder. Der zu lang dauernde Aufenthalt im Wasser ist allerdings schädlich. Indessen zeigen die Samen mancher Pflanzen eine kolossale Ausdauer in dieser Hinsicht. Sie können sich bis zu 38 Tagen ohne jeden Schaden im Wasser aufhalten (*Saxifraga aizoides*). Andere verlieren die Keimungsfähigkeit sehr bald (*Aconitum napellus* und *Pleurospermum austriacum* sogar nach 2 Tagen — Hegi 1905).

Was das Verbleiben der Gebirgspflanzen an der Wasseroberfläche anbelangt, so sind viele von ihnen befähigt, sich einige Tage (*Saxifraga aizoides* sogar 17 Tage) an der Wasseroberfläche zu erhalten. Da die durchschnittliche Geschwindigkeit der bayerischen Alpenflüsse 2·25 m/Sek. beträgt, so genügen 24 Stunden, um die Pflanzen 200 km weit fortzutragen (Hegi 1905).

Trotzdem die Geschwindigkeit unserer Flüsse kleiner ist, besteht doch die Möglichkeit, daß die Samen in der eben angegebenen Zeit bis zu den Pieninen gelangen. Zu den von mir festgestellten Fundorten im Podhale konnten die Pflanzen in wenigen Stunden gelangen. Bei steigender Wassermenge wächst die Schnelligkeit der Strömung und die Samen können infolgedessen viel schneller übertragen werden.

Das Niederlassen der Samen erfolgt hauptsächlich auf sandigen Ufern an den Flußkrümmungen. Bei höherem Wasserstande können

¹⁾ Dies wurde bei uns bei *Papaver Burseri* bestätigt.

TABELLE IV

Die im Gebiete des Dunajec außerhalb der Tatra im Laufe der letzten Jahre angetroffenen Gebirgspflanzen

ARTNAME	Vorkommen in einzelnen Flußgebieten				Vertikale Verbreitung in der Tatra				Charakteristik der Standorte in der Tatra			Lebensform	Verbreitung der Pflanzen					
	Czarny Dunajec	Bialy Dunajec	Bialka	Dunajec (N. Targ - Czorsztyn) ¹⁾	Zahl der Fundorte unterhalb von 1000 m Höhe in % ²⁾		Verbreitung in den verschiedenen Höhenstufen ³⁾	Höhenstufen ⁴⁾	Verhalten zur Unterlage ⁵⁾	Licht- und Feuchtigkeitsansprüche	Pflanzenstandorte		Faktoren der Samenverbreitung			Vegetative Verbreitung durch		
					Nord-Hänge	Süd-Hänge							Länge der Samen in mm	Gestaltung der Samen als Verbreitungsfaktor	Blütenreste oder Früchte als Verbreitungsmittel		Verbreitungstypus ⁶⁾	
1	Aconitum firmum Rehb.	++	.	++	.	11	5	BFKA	Allg.	Ind.	Feucht.	Quellfl., Hochst.	H. sc.	< 4	Dreikant. mit Fluggew.	Kaps.	A-H	Rhizom.
2	Alchemilla alpestris Schm. em. Bus.	+	.	.	.	.	.	BFKa	Sub.	Ind.	Schatt.	Hochst.	H.	< 1.5	Einsam. Schließfr.	A (H)	.	
3	— coriacea Bus.	.	.	+	.	.	.	kA	Alp.	Ind.	.	.	Ch.	< 1.5	rund, harte Schale, (Kelchbech.)	A (H)	.	
4	Arabis alpina L.	++	++	++	++	5	5	BFKA	Allg.	Ind.	Schatt., Feu.	Schutt	Ch.	< 1	Flach, geflüg. dicke Schale	Schote	A (H)	Bl.-Rosett.
5	— arenosa (L.) Scop. ssp. Borbasii Zap.	++	++	++	++	(16)	(29)	BFK(a)	Sub.	Ca II	.	Fels., Schutt	H.	± 1	.	.	A (H)	.
6	— bellidifolia Jacq.	++	+	++	++	5	0	BFKa	Mont.-Sub.	Ca I	Feucht.	Quellfl.	Ch.	< 1.5	.	.	A (H)	.
7	Calamagrostis varia (Schrud.) Host.	.	+	++	+	.	.	BFKA	Allg.	Ca II	.	Fels., Schutt	H.	< 5	Haare am G-de d. Decksp.	A	.	
8	Campanula cochlearifolia Lam.	+	.	.	.	5	0	BFK(a)	Sub.	Ca I	Schatt.	Schutt	H.	< 1	Kahnförm., warzig, dicke Sch.	Kaps.	A (H)	Bl.-Rosett.
9	— Kladrniana Schur.	+	.	+	.	26	3	bFKa	Sub.	Ind.	.	Alp. matt.	H.	< 1	Flach, warz.	.	A	.
10	Cardamine Opizii Presl.	+	.	.	.	16	10	BFKA	Sub.	Ind.	Feucht.	Quellfl.	H.	< 2	Flach, geflüg. dicke Schale	Schote	A	Rhizom.
11	Carduus personata (L.) Jacq.	++	+	++	.	8	0	BFk(a)	Sub.	Ind.	Feucht.	Hochst.	H.	3 + 7	Fr. spindelf. gefurcht mit Pappus	A	.	
12	Cerastium fontanum Bmg.	.	+	++	.	.	.	bFKa	Sub.	Ind.	Feucht.	Kies. Ort. Weid.	Ch.	1	Scheibenförm., warz. d. Sch.	Kaps.	A (H)	.
13	— Raciborskii Zap.	++	++	++	++	8	0	bFKa	Alp.	Ca III	.	Fels., Schutt	Ch.	< 1.5	.	.	A (H)	Bl.-Rosett.
14	Chaerophyllum cicutaria Vill.	+	.	.	.	(11)	(48)	BFKA	Sub.	Ind.	Feucht.	Hochst.	H. sc.	< 4	Teilfr. längl. 5-rippig, schmal	A	.	
15	Epilobium alpestre (Jacq.) Krock.	+	.	.	.	13	8	bFK(a)	Sub.	Ind.	Schatt., Feu.	Hochst.	H. sc.	< 2	Längl. m. Haarschopf	Kaps.	A (H)	.
16	— alsinifolium Vill.	.	.	+	.	8	0	BFKA	Allg.	Ind.	Feucht.	Quellfl.	H.	< 1.5	.	.	A (H)	Zweigstücke
17	— Dodonaei Vill.	.	.	+	+	.	.	b...	S.-Mont.	Ind.	Feucht.	Schotter	H.	2	.	.	A (H)	.
18	Euphrasia salisburgensis Hoppe.	.	.	++	.	8	10	BFKa	Sub.	Ca II	.	Fels	T.	< 2	Spindelf., m. Fluggew., ölhalt.	.	A H	.
19	Equisetum variegatum Schleich.	++	.	+	+	18	10	b...	S.-Mont.	Ind.	Feucht.	Schotter	.	.	.	.	.	Rhizom.
20	Galium anisophyllum Vill.	++	+	++	.	13	24	BFKA	Allg.	Ca III	.	Fels., Schutt	H.	< 2	Teilfr. rund m. dick. Fruchtschal.	A (H)	Bl.-Rosett.	
21	Gypsophila repens L.	+	.	+	.	5	4	bFK(a)	Sub.	Ca I	.	Fels. Schutt	Ch.	< 2	Scheibenf. warzig, d. Schale	Kaps.	A (H)	.
22	Heliosperma quadrifidum (L.) Rehb.	+	.	+	.	5	0	BFKA	Allg.	Ca III	Feucht.	Quellfl.	H.	1	m. Papillenkranz	.	A H	.
23	Hutchinsia alpina (L.) R. Br.	.	+	.	.	.	.	(b)FKa	Alp.	Ca II	.	Schutt.	H.	< 2	Flach, berandet, d. Schale	Schötchen	A (H)	Bl.-ros., Wurz.-St.
24	Minuartia Kitaibelii (Mattf.) B. P.	.	.	+	+	3	0	BFk	Sub.	Ca I	Schatt.	Fels., Schutt.	Ch.	< 1.5	Flach, m. Papill. d. Schale	Kaps.	A H	Bl.-Rosett.
25	Myricaria germanica (L.) Desv.	++	++	++	++	5	10	b...	S.-Mont.	Ind.	Feucht.	Schotter	H.	< 2	Spindelförm., federförm. Haare	Kaps.	A H	Rhizom.
26	Orobanche flava H. Mart.	+	.	++	+	.	5	b...	Mont.	Ca II	Schatt.	Hochst.	G.	< 1	Netzrunzel. Testazell.	Kaps., Kelch.	A	mit Rhizom.
27	Oxyria digyna (L.) Hill.	.	.	+	.	.	.	fKA	Alp.	Ind.	Schatt.	Geröll	H. r.	< 5	Fr.-nüsse m. den Flügeln von Perianth.	A	A	Rhizom.
28	Papaver Burseri Cr.	++	.	.	.	.	.	fka	Alp.	Ca III	.	Geröll	H.	< 1	Netzaderige d. Schale	Kaps.	A	Bl.-Rosett.
29	Petasites Kablikianus Tausch.	++	++	++	+	?	?	Bf...	Mont.	Ind.	Schatt., Feu.	Hochst.	G.	5 + 10	Frucht schmal, warzig mit Pappus	A	A	Rhizom.
30	Phleum alpinum L.	+	+	.	.	3	0	BFKA	Allg.	Nitr.	.	Fettmatt.	H.	3 + 3	D.-spelzen am G-de behaart, flach	A Z	.	
31	Poa alpina L.	++	++	++	+	16	33	BFKA	Allg.	Nitr.	Feucht.	Bergwies.	H. c.	4	D.-spelzen weich behaart	A Z	Bulb.	
32	Polygala brachyptera (Chod.) Hay.	+	.	++	.	(8)	(24)	BFk(a)	Sub.	Ca I	Schatt.	Bergwies.	H.	3 - 4	Ringsum stark behaart, Elai. | Kaps., Bl.-reste	A M	A	Bl.-Rosett.
33	Rumex alpinus L.	+	.	.	.	.	.	BFk	Sub.	Nitr.	Feucht.	Hochst.	H.	< 8	Fr.-nüsse m. flügelartigem Perianth	A	A	Rhizom.
34	— scutatus L.	.	.	++	.	3	0	BFKA	Allg.	Ca II	.	Geröll	H.	6	.	.	A	.
35	Ranunculus platanifolius L.	.	+	.	.	0	5	BFKa	Sub.	Ind.	Schatt.	Hochst.	H. sc.	2	Fr.-runde Nüsse m. harter Schale, 1-sam.	A (H)	.	
36	Saxifraga aizoides L.	.	.	++	.	5	0	bFKa	Alp.	Ca III	Schatt., Feu.	Quell., Schutt	Ch. p.	< 1	Kahnförm., warz. harte Sch.	Kaps.	A (H)	Bl.-Rosett.
37	— aizoon Jacq.	+	.	++	.	0	14	BFKA	Allg.	Ca III	.	Fels	Ch.	< 1	.	.	A (H)	.
38	Scrophularia Scopoli Hoppe	+	.	.	.	5	10	BFk(a)	Mont.	Ind.-Nitr.	Schatt.	Hochst.	H.	< 1	Ellip. runzel. harte Schale	.	A	.
39	Sedum carpaticum Reuss.	+	+	+	.	3	14	BFK(a)	Sub.	Ind.	Schatt.	Hochst.	H.	< 2	Rundl.	.	A	Rhiz., Zweigest.
40	Senecio subalpinus Koch.	.	.	+	.	28	4	BFKa	Sub.	Nitr.	Schatt.	Hochst.	H. sc.	5 + 7	Fr. spindelförm. furch. mit Pappus	A	A	.
41	Silene latifolia (Mill.) Rendl. v. carpatica Zap.	++	+	++	.	?	?	BFk	Sub.	Ca III	.	Geröll	Ch.	< 1.5	Scheibenförm. warz.	Kaps.	A	Rosett.
42	Solidago alpestris W. K.	.	.	+	.	3	0	fKA	Alp.	Ind.	.	Hochst.	H.	4 + 5	Fr. spindelförm. ripp. mit Pappus	A	A	.
43	Thymus sudeticus (Op.) Borb.	+	.	.	.	?	?	BFKA	Allg.	Ca I	.	Fels	Ch.	< 1	Ellip.	Kelch.	A	Zweiggest.
44	Trifolium badium L.	.	.	++	.	5	10	BFka	Sub.	Ca II	.	Bergwies.	H.	< 2	Flach, harte Schale	Hülse, Krone	A Z	.
45	Valeriana sambucifolia Mik.	+	.	++	.	3	14	Bfk(a)	Mont.	Ind.	Schatt., Feu.	Hochst.	H. sc.	< 4	Fr. ellip. mit Federform.	A	A	Ausläuf.
46	— tripteris L.	.	+	+	.	5	19	BFKa	Sub.	Ind.	Schatt.	Fels., Wald	H.	< 4	Haarkranz als Kelchreste	A	A	Bl.-Rosett.
47	Veronica fruticans Jacq.	.	.	++	.	13	14	BFKa	Sub.	Ca I	.	Fels	Ch.	< 1	Discoid., gewölbt, flach.	Kaps.	A M	Zweiggest.
48	Viola biflora L.	++	++	++	.	21	10	BFKA	Allg.	Ind.	Schatt., Feu.	Quell., Hochst.	H.	< 2	Rund mit Elaiosom	.	Z M	.
49	— decorata Zap.	+	.	.	.	3	5	Bf...	Mont.	Nitr.	.	Fettmatt.	H.	< 2	.	.	Z M	.

¹⁾ + = nur einmal gefunden, ++ mehr als einmal, +++ sehr zahlreich. Genaue Angaben über das Vorkommen sind im polnischen Texte angegeben. Vergl. auch die Karte Nr.

²⁾ Die Zahlen zeichnen das prozentuelle Vorkommen der Art in der Ackerbaustufe (unterhalb von 1000 m) bezogen auf die Gesamtzahl der Standorte in der Tatra (Vgl. Kotula 1889-1990 S. 240).

³⁾ b, B = Buchenwaldstufe; f, F = Fichtenwaldstufe; k, K = Knieholzstufe; a, A = alpine Stufe; Klammern () = sehr schwaches Auftreten; kleine Buchstaben = schwaches Auftreten; fetter Druck = besonders reichliches Auftreten.

⁴⁾ S.-Mont = submontane, Mont. = montane, Sub. = subalpine, Alp. = alpine Arten, Allg. = allgemeine Gebirgsarten.

⁵⁾ Ca I = kalkstet, Ca II = kalkfest, Ca III = kalkhold, Ind. = indifferent, Nitr. = nitrophil.

⁶⁾ A = Anemochore; H = Verbreitung durch Wasser; Z = Zoochore Verbreitung (meistens endozoisch); M = Myrmecochorie.

sich die Pflanzen selbstverständlich weit vom normalen Flußbett und hoch über dem Normalwasserstand niederlassen ¹⁾.

Die Hauptzeit für die Samenverbreitung der Gebirgspflanzen ist der Frühling, da der Wasserstand in dieser Jahreszeit infolge der Schneeschmelze steigt und die sogenannten Wintersteher ihre Samen ausschütten. Bei uns sind das: *Aconitum firmum*, *Arabis alpina*, *Cerastium Raciborskii*, *Euphrasia salisburgensis*, *Hutchinsia alpina*, *Phleum alpinum*, *Poa alpina*, *Saxifraga aizoon*, *Trifolium badium*.

Fast alle Gebirgspflanzen, denen man an den Flüssen begegnet, zeichnen sich durch große Lebenskraft aus. In den botanischen Gärten gehören sie zu den am besten gedeihenden Pflanzen (*Arabis alpina*, *Cerastium Raciborskii*, *Gypsophila repens*, *Minuartia Kitaibelii*, *Thymus sudeticus*).

Die Überschwemmungen spielen bei der Ausbreitung der Gebirgspflanzen längs der Flüsse eine große Rolle. Vor allem werden durch sie die meisten früheren Standorte der Pflanzen vernichtet, da die Mehrzahl derselben unter den dicken Schichten des Schotters zugrunde geht, oder tiefer herabgetragen wird; nur wenige bleiben an Ort und Stelle. Andererseits wird aber durch das Überschwemmungswasser eine große Menge von Pflanzenmaterial vom Gebirge in die Täler gebracht. Im Podhale habe ich nach der großen Überschwemmung im Sommer 1934 festgestellt, daß viele von mir früher mehrere Jahre hindurch beobachtete Pflanzen zugrunde gegangen waren. Günstig hat sich diese Überschwemmung nur für die Verbreitung der *Saxifraga aizoides* an der Białka, *Papaver Burseri* am Czarny Dunajec und *Arabis alpina* an allen drei Flüssen erwiesen. *Arabis alpina* und *Alnus incana* haben sich so stark an den Flüssen ausgesät, daß sie ihren vorherigen Besitzstand mehrfach vergrößerten (s. Taf. 7). Außerdem gelangen auf die Alluvionfelder dank der Überschwemmung mehrere Unkräuter, Ruderal- und Kulturpflanzen, wodurch die Gebirgspflanzen eine größere Konkurrenz zu bestehen haben.

Die Mitwirkung des Windes bei der Verbreitung der Gebirgspflanzensamen längs der Flüsse ist von sehr geringer Bedeutung.

¹⁾ So habe ich einige Fundorte von *Arabis alpina* an der Białka und an dem Czarny Dunajec bis 300 m weit von dem Flußbette auf den alten Krümmungen gesehen. Auch *Papaver Burseri* hat sich 2 m über dem normalen Wasserstand des Czarny Dunajec angesiedelt.

Sie beschränkt sich hauptsächlich auf die oberen Abschnitte der Gebirgstäler.

Etwas größer ist die Mitwirkung der Tiere, wenn sie sich auch, von wenigen Fällen abgesehen, auf einen einmaligen Auf- und Abtrieb zu Beginn und am Ende der Saison beschränkt. Besonders scheinen die Fundorte von *Trifolium badium* an der Białka ihren Ursprung der endozoischen Übertragung zu verdanken.

VI. Beständigkeit der Standorte an den Flüssen und Verbreitung der Gebirgspflanzen von denselben aus in die weitere Umgebung.

Die Gebirgspflanzen finden an den Flußufern günstige Lebensbedingungen, u. zw. dank der Feuchtigkeit, der Bodenstruktur, dem Mangel an Konkurrenz. Infolgedessen können sie sich hier viele Jahre hindurch erhalten, wie Kerner 1864, Heer 1864, Nägeli 1898 u. a. im Gegensatz zu Massart (1898) bezeugen. Bei uns fehlt im Podhale jede unmittelbare Beobachtung in dieser Hinsicht. Man kann jedoch vermuten, daß die Fundorte an der Cisowa Skalka schon hunderte, ja sogar tausende von Jahren existieren, da sie noch mit dem früheren Wassertransport in Verbindung stehen zu jener Zeit, da der Fluß Białka noch unmittelbar an der Cisowa Skalka vorbeifloß (Walas 1936). Auch können die Fundorte an der Kramnica recht alt sein, da sie hoch über dem gegenwärtigen Normalwasserstand gelegen sind. *Saxifraga aizoides* hat sich in der Nähe des Dorfes Brzegi auch so stark verbreitet, daß dies nur durch eine lange Ansiedlungsdauer erklärt werden kann. In einigen Fällen gelang es mir, die lange Dauer der Standorte auf einem anderen Wege nachzuweisen; meine Beobachtungen decken sich nämlich fast genau mit den früheren Angaben, was die Höhe der Standorte ü. S. sowie deren Lage anbetrifft (*Galium anisophyllum* Cz. Dun. 774—780 m, *Mimantia Kitaibelii* an der Białka 743 m, *Rumex scutatus* an der Białka 826 m, *Saxifraga aizoides* an der Białka, früher in der Höhe von 820 m, jetzt von 790 m, *Trifolium badium* an der Białka (Kotula 820 m, nach mein. Beob. 830 u. 810 m, *Oxyria digyna* b. Łysa Polana u. s. w.). Einige niedrige Fundorte von Gebirgspflanzen traf ich in den Tatra-Tälern in derselben Höhenlage an, in welcher sie von Kotula nachgewiesen worden sind.

Die Gebirgspflanzen, welche an einem neuen Standorte an den Flußufern sesshaft geworden sind, verbreiten sich oft von demselben aus in die weitere Umgebung (Hegi 1905, Höhn 1917, Vogt 1921, Schnyder 1936), was zuweilen sehr schnell erfolgt (*Arabis alpina* Höhn 1917). Sie sind sogar im Stande, den Fluß hinauf zu wandern (*Saxifraga aizoides* Höhn 1917, Vogt 1921).

Es ist schwer festzustellen, wie sich die Pflanzen von den Flußufern aus in die Umgebung ausbreiten, weil man nicht immer den genetischen Zusammenhang zwischen diesen Fundorten nachweisen kann. In meinem Gebiete lassen sich wahrscheinlich die Fundorte an der Kramnica und Obłazowa durch eine spätere Verbreitung vom Flußufer aus erklären.

Oft vermittelt auch der Mensch die Verbreitung der Pflanzen von dem Flußufer aus in die weitere Umgebung, indem er sie mit dem Schotter zu Erdarbeiten fortführt (Hegi 1905, Bertsch 1915, Höhn 1917, Becherer 1921, Schnyder 1930 u. s. w.). Diese Art von Verbreitung beobachtete ich im Podhale bei *Arabis alpina* und *Petasites Kablikianus* an der Eisenbahnstrecke.

Besondere Bedeutung kam wohl den Gebirgspflanzenwanderungen längs der Flüsse in der Diluvialzeit zu. Die zu jener Zeit gewiß sehr stark entwickelten Schotterfelder, die sich auch längs der Gebirgsketten ausbreiteten, boten vielen Pflanzen, die vom Gebirge, längs der Wasserzüge, gekommen waren, recht günstige Wanderungsbedingungen. So ist es auch möglich, daß die von Žmuda (1914) im Krakauer Diluvium nachgewiesenen kalkliebenden karpatischen Pflanzen (z. B. *Campanula cochleariifolia*, *Thymus sudeticus*), deren nächste Fundorte in der Tatra liegen, auf diesem Wege dorthin gelangt sind. Dadurch erklärt sich auch der große Reichtum der kleinpolnischen Hochebene an Gebirgspflanzen. Übrigens war außer der Wanderung längs des Flußschotters auch eine Ausbreitung dieser Arten längs der Gebirgszüge möglich.

VII. Die Gebirgspflanzenwanderungen längs der Flüsse als Vermittler zwischen der Tatra und den Pieninen.

Wenngleich die Pieninen nur bis zu einer Höhe von 982 m ü. S. reichen, weisen sie trotzdem einen großen Reichtum an Gebirgspflanzen auf. Dieser Reichtum ist folgenden Ursachen zuzuschreiben:

1) stark entwickelten steilen und hohen Kalkfelsen von sehr verschiedener Exposition, die eine große Abwechslung hinsichtlich der Lebensbedingungen bieten:

2) dem Alter des Gebirges, dessen Flora sich seit uralter Zeit ununterbrochen entwickelt hat;

3) spielt auch der Umstand mit, daß für mehrere Gebirgspflanzen bis heutzutage die Möglichkeit besteht, immer von neuem aus der Tatra in die Pieninen einzuwandern; dem Flusse Dunajec kommt dabei die Rolle der Hauptwanderstraße zu.

Ein Teil der Gebirgspflanzen hat sich in den Pieninen wohl erst in der historischen Zeit angesiedelt. Das erhellt aus ihrer Verbreitung in diesem Gebirge, wo sie auf die Ufer des Dunajec beschränkt sind (*Arabis alpina*, *Arabis arenosa* ssp. *Borbassii*, *Biscutella laevigata*, *Cerastium Raciborskii*, *Kerneria saxatilis*, *Minuartia Kitaibelii*, *Petasites Kablikianus*, *Rumex scutatus*, *Veronica fruticans*).

Ein Teil dieser Arten wiederholt seine Wanderungen auch gegenwärtig (*Arabis alpina*, *Cerastium Raciborskii* — Kulczyński 1928). Im Jahre 1935 beobachtete ich an den Ufern des Dunajec, und zwar am oberen Eingang in den Durchbruch, an frischen, durch die große Überschwemmung im Jahre 1934 niedergelegten Schottern folgende Pflanzen, die sicher aus der Tatra herüber gekommen sind: *Arabis alpina*, *Arabis arenosa* ssp. *Borbassii*, *Cerastium Raciborskii*, *Minuartia Kitaibelii*, *Poa alpina*.

Im Austausch der Gebirgspflanzen zwischen der Tatra und den Pieninen kann auch der Wind mitspielen, da die Entfernung zwischen diesen Gebirgsgruppen in direkter Linie nur 30 km beträgt (*Pinus mughus* vergl. Walas 1936). Auch kommen hier die Tiere in Betracht.

Trotzdem fehlen den Pieninen viele in der Tatra vorkommende Pflanzen, die man auch an den Flußufern im Podhale antrifft (*Saxifraga aizoides*, *Dryas octopetala*, *Campanula cochlearifolia* u. a.). Man kann jedoch hoffen, daß sie die Pieninen bei günstigen Verhältnissen noch erreichen können. Neue Fundorte von Gebirgspflanzen müssen in diesem Massiv also immer sehr sorgfältig geprüft werden.

Die größte Florenverwandschaft weisen die Pieninen mit der Bielaer Tatra auf, einerseits dank der Verbindung durch die

Gebirgszüge »Skalice« und »Spiska Magóra«, anderseits durch die Flüsse Dunajec und Bialka.

VIII. Vergleich der Gebirgspflanzenwanderungen längs der Tatra- und der Alpenflüsse.

Was die Zahl der Gebirgspflanzen an den Flußufern anbelangt, ist das Podhale viel ärmer als das Alpenvorland. In der gleichen Höhenlage findet man am Fuß der Tatra viel weniger Arten vor, als am Fuß der Alpen. Auch ist die Entfernung, bis zu welcher die Gebirgspflanzen gelangen, im Podhale und in ganz Polen viel kleiner als in den Voralpen¹⁾ (Vergl. S. 53).

Hervorgerufen wurden diese Unterschiede durch:

- 1) die viel größere Ausdehnung des Alpengebietes;
- 2) seinen unvergleichlich größeren Reichtum an Gebirgspflanzenarten;
- 3) eine viel größere Länge der Alpentäler im Bereiche des Gebirges selber, die höhere Lage der Wasserquellen, die Größe der Alpenflüsse, die Größe und Breite der Flussalluvionen;
- 4) die große Ausdehnung der Hochebene im Alpenvorland.

Es bestehen außerdem zwischen dem Podhale und den Voralpen noch zwei auffallende Unterschiede: im Gegensatz zu den Alpen fehlen nämlich im Podhale überhaupt irgendwelche Seen, an denen sich die Alpenpflanzen ansiedeln könnten; auch haben sich auf den ausgedehnten Hochmooren des Podhale und der Orawa im Gegensatz zu dem Alpenvorland keine Gebirgspflanzen erhalten.

Botanisches Institut der Jagellonischen Universität in Krakau.

¹⁾ Es werden zwar einige Fundorte der Gebirgspflanzen am unteren Laufe der Weichsel angegeben, meistens aber unrichtig oder nicht mit Sicherheit, so daß bis heute die längste Wanderung dieser Pflanzen nur bis nach Nowy Sącz verfolgt wurde (Pawłowski 1924: *Arabis arenosa* ssp. *Borbasi*, *Calamagrostis varia*, *Orobanche flava*) und bis Tarnów (*Equisetum variegatum*).

Erklärung der Abbildungen auf den Tafeln.

Tafel 3.

- | | |
|--|--|
| Die kleinsten Körnchenflieger | Scheibenflieger: 12, 13 ohne, 14—16
mit geflügeltem Rande |
| 1. <i>Orobanche flava</i> 13 × | 12. <i>Veronica fruticans</i> 10 × |
| 2. <i>Campanula cochleariifolia</i> 13 × | 13. <i>Linaria alpina</i> 13 × |
| 3. <i>Saxifraga aizoon</i> 13 × | 14. <i>Arabis alpina</i> 13 × |
| 4. — <i>aizoides</i> 13 × | 15. — <i>bellidifolia</i> 13 × |
| 5. <i>Papaver Burseri</i> | 16. <i>Hutchinsia alpina</i> 10 × |
| Größere Körnchenflieger mit Warzen und schlauchförmigen Haaren
(10, 11) | Drehwalzerflieger |
| 6. <i>Silene latifolia</i> var. <i>carpatica</i> 13 × | 17. <i>Oxyria digyna</i> 4 × |
| 7. <i>Cerastium fontanum</i> 13 × | 18. <i>Rumex scutatus</i> 4 × |
| 8. — <i>Raciborskii</i> 10 × | Früchte als Scheibenflieger. |
| 9. <i>Gypsophila repens</i> 13 × | 19. <i>Hutchinsia alpina</i> (Schöttchen)
10 × |
| 10. <i>Minuartia Kitaibelii</i> 13 × | |
| 11. <i>Heliosperma quadrifidum</i> 10 × | |

Tafel 4.

- | | |
|---|---|
| Dreikantige Samen mit lufthaltigem
Fluggewebe | Same mit allseitigem Haarkleid |
| 20. <i>Aconitum firmum</i> 10 × | 29. <i>Polygala brachyptera</i> 13 × |
| 21. — <i>variegatum</i> 10 × | Schopf- und Schirmflieger |
| 22. <i>Euphrasia salisburgensis</i> 13 × | 30. <i>Carduus personata</i> 4 × |
| Rundliche Samen u. Früchte | 31. <i>Epilobium alsinifolium</i> 4 × |
| 23. <i>Galium anisophyllum</i> 13 × | 32. <i>Petasites Kablikianus</i> 4 × |
| 24. <i>Alchemilla alpestris</i> 13 × | 33. <i>Myricaria germanica</i> 4 × |
| 25. <i>Trifolium badium</i> (Same) 13 × | Viviparie und Blütenreste als Ver-
breitungsgagens |
| 26. — — (Frucht) 13 × | 34. <i>Poa alpina</i> var. <i>vivipara</i> 4 × |
| Schopfflieger und Schraubenflieger
der Gramineen | 35. <i>Polygala brachyptera</i> (Frucht)
4 × |
| 27. <i>Phleum alpinum</i> 4 × | |
| 28. <i>Calamagrostis varia</i> 4 × | |

Tafel 5.

- Flußschotter am Czarny Dunajec, in der Nähe der Tatra (Roztoki)
Fundort von *Arabis alpina*, *Petasites Kablikianus*, *Poa alpina*.
- Bialka-Ufer bei Czarna Góra. Im Hintergrunde die Bialaer Tatra.
Am rechten Ufer Schotter, Weidegebüsch und *Alnus incana*-Wälder.

Tafel 6.

3. Bialy Dunajec zwischen Podbańska und Szaflary mit Weidengebüsch auf der Insel und mit Erlenwald am Ufer. Rechts *Epilobium angustifolium*.
4. Bialy Dunajec im Dorfe gleichen Namens bei hohem Wasserstand.

Tafel 7.

5. Breite Alluvionen am Flusse Czarny Dunajec, in der Nähe des gleichnamigen Städtchens nach der Überschwemmung.
6. *Petasites Kablikianus* an umgeworfener Fichte am Czarny Dunajec, oberhalb des Dorfes Witów.
7. *Alnus incana*-Keimlinge, ein Jahr nach der großen Überschwemmung an Schotterfeldern der Bialka, beim Dorf Bialka.
8. *Arabis alpina* und *A. arenosa* ssp. *Borbasii* an Bialy Dunajec-Schottern zwischen Szaflary und Nowy Targ.

Tafel 8.

9. Bialy Dunajec-Durchbruch in dem Kalkfelsenzug »Skalice«, im Dorfe Szaflary.
10. Bialka-Durchbruch durch den Kalkfelsenzug »Skalice« bei Nowa Biala. Links Kramnica, rechts Oblazowa. Die beiden letztgenannten Felsen sind Standorte vieler Gebirgspflanzen.
11. Das breite Strombrett der Bialka bei Dębno.
12. Verwüstung der Bialka-Ufer oberhalb Czarna Góra infolge der großen Überschwemmung.

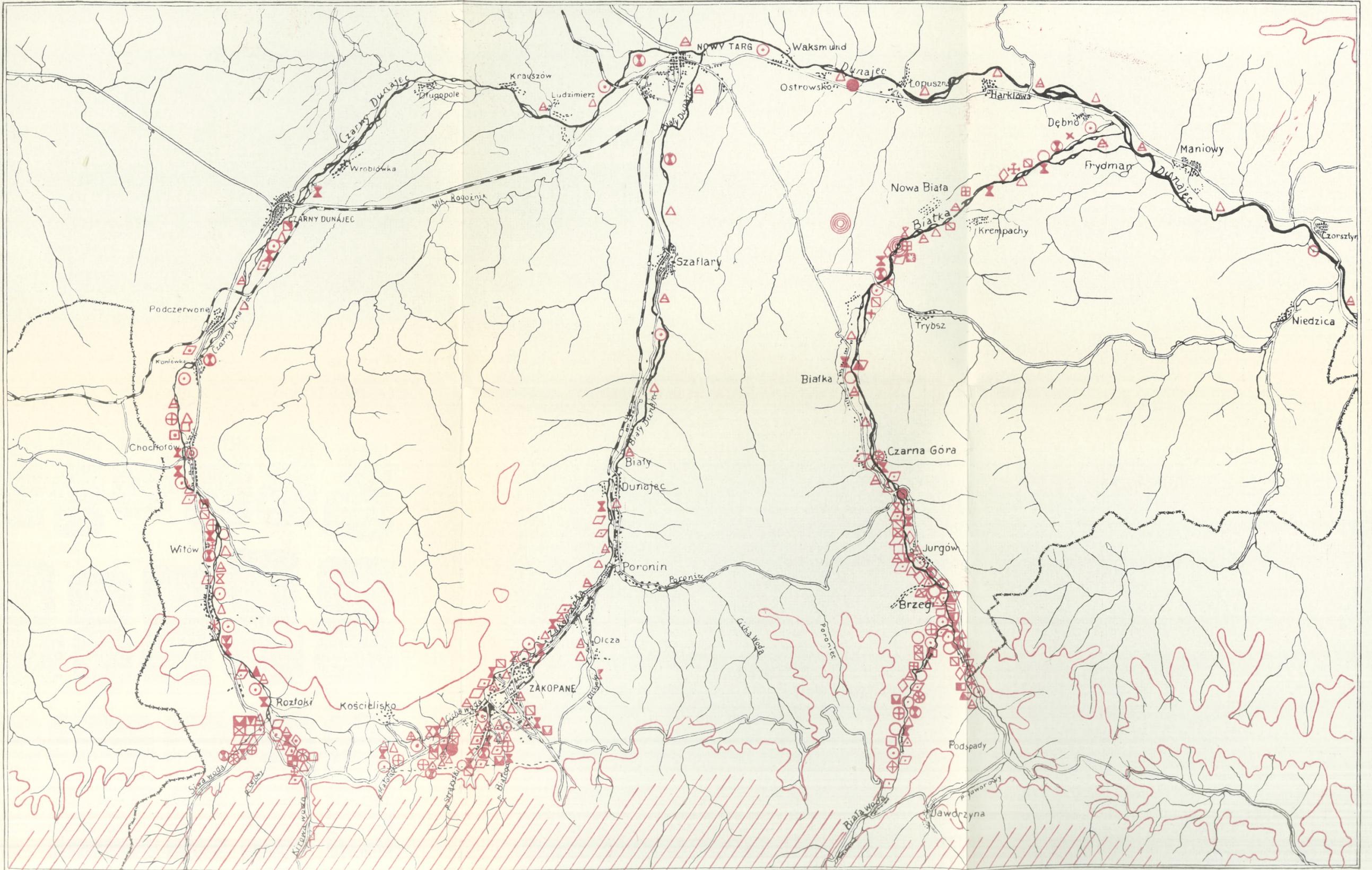
Verzeichnis der wichtigeren Literatur.

- 1) Ascherson P., Engler A., Kuhn M. und Reimann C., Eine Karpathenreise (*Verh. des bot. Vereins für Brandenburg*. VII. Berlin 1864). —
- 2) Beck v. Mannagetta G., Flora von Nieder-Österreich. (Wien 1890). —
- 3) Beck v. Mannagetta G., Hochgebirgspflanzen in tieferen Lagen (*Lotos* XXIV. 1904). —
- 4) Beck v. Mannagetta G., Vegetationsstudien in den Ostalpen I. Die Verbreitung der mediterranen, illyrischen und mitteleurop-alpinen Flora im Isonzo-Tale. (Wien 1907). —
- 5) Berdau F., Kilka słów o roślinności i florzę Ojcowa, jako dodatek do flory Królestwa Polskiego (*Biblioteka Warszawska* III. Warszawa 1890). —
- 6) Berdau F., Flora Tatr, Pienin i Beskidu Zachodniego (Warszawa 1890). —
- 7) Braun J., Die Vegetationsverhältnisse der Schneestufe in den Rätisch-Lepontischen Alpen. (*Neue Denkschr. der Schweiz. Naturf. Gesell.* XLVIII. Zürich 1913). —
- 8) Braun-Blanquet J., L'origine et le développement des flores dans le massif central de France. (Paris-Zürich 1923). —
- 9) Domin K., Nižce položená naleziště horských rostlin tatranských. (*Věda Přírodní* VI. Praha 1925). —
- 10) Fritze R., Ilse H., Karpathen-Reise (*Verh. d. K. K. zoolog.-botan. Gesell. in Wien*. Wien 1870). —
- 11) Heer O., Unsere Zürcherflora. Eröffnungsrede bei der 48. Jahresversamml. der Schweiz. Nat. Gesell. in

- Zürich (*Verh. d. Schweiz. Nat. Gesell.* Jahresber. 1864. Zürich). — 12. Hegi G., Beiträge zur Pflanzengeographie der bayerischen Alpenflora. (*Ber. der Bayer.-Botan. Gesell.* X. München 1905). — 13. Hegi G., Illustrierte Flora von Mitteleuropa (München 1906). — 14. Höhn W., Beiträge zur Kenntnis der Einstrahlung des subalpinen Florenelementes auf Zürcherboden im Geb. Hohen Rhone. (*Ber. der. Zürch. bot. Gesell.* 1917). — 15. Ilse H., Noch eine Karpathenreise. (*Verh. des botan. Vereins für die Prov. Brandenburg* X. Berlin 1868). — 16. Kerner A., Die Cultur der Alpenpflanzen (Innsbruck 1864). — 17. Knapp A., Die bisher bekannten Pflanzen Galiziens und der Bukowina (Wien 1872). — 18. Kotula B., Rozmieszczenie roślin naczyniowych w Tatrach (Kraków 1889—1890). — 19. Kulczyński St., Die Pflanzenassoziationen der Pieninen (*Bull. intern. de l'Acad. Pol. des Sc. et des Lettr. N° Suppl. II.* Cracovie 1928). — 20. Lauterborn R., Die geographische und biologische Gliederung des Rheinstroms (*Sitzungsber. d. Heidelberger Akad. d. Wissensch.* 1917—1918. Heidelberg). — 21. Marret L., Sur la présence des plantes alpines aux basses altitudes dans le Valais central (*C. R. Ac. Sc. Paris* CL. 1910). — 22. Massart J., La dissémination des plantes alpines (*Bull. de la Soc. royale de bot. de Belg.* Bruxelles 1898). — 23. Pawłowski B., Geobotaniczne stosunki Sądeczyny (*Prace Monograficzne Komisji Fizjograficznej Pol. Ak. Um.* I. Kraków 1925). — 24. Pax F., Grundzüge der Pflanzenverbreitung in den Karpathen (Engler u. Prude: *Die Vegetation der Erde.* Leipzig 1898). — 25. Rehman A., Ziemię dawniej Polski i sąsiednich krajów słowiańskich opisane pod względem fizjograficzno-geograficznym. Cz. I. Karpaty (Lwów 1895). — 26. Sagorski E., Schneider G., Flora der Zentralkarpathen (Leipzig 1891). — 27. Schnyder A., Floristische und Vegetationsstudien im Alvergebiet (*Beibl. zur Vierteljahrsschr. der Naturf. Ges. in Zürich.* LXXV. Zürich 1930). — 28. Schröter C., Pflanzenleben der Alpen (Zürich 1926). — 29. Seidel C., Eine Skizze des Tatra-Gebirges und seiner Vegetation (*Sitzungsber. der naturw. Gesell. Isis in Dresden.* Dresden 1867). — 30. Szafer W., Element górski we florze niżu polskiego (*Rozpr. Wydz. matem.-przyr.* LXIX. Ser. III. Kraków 1930). — 31. Ulbrich E., Biologie der Früchte und Samen (Karpologie). Berlin 1928. — 32. Vogler P., Über die Verbreitungsmittel der Schweiz. Alpenpflanzen (*Flora, Allg. Botan. Zeit.* 89. 1901). — 33. Vogt M., Pflanzengeographische Studien in Obertoggenburg (*Wiss. Beil. z. 57 Bd. d. Jahrb. d. St. Gall. Naturw. Gesell.* St. Gallen 1920).

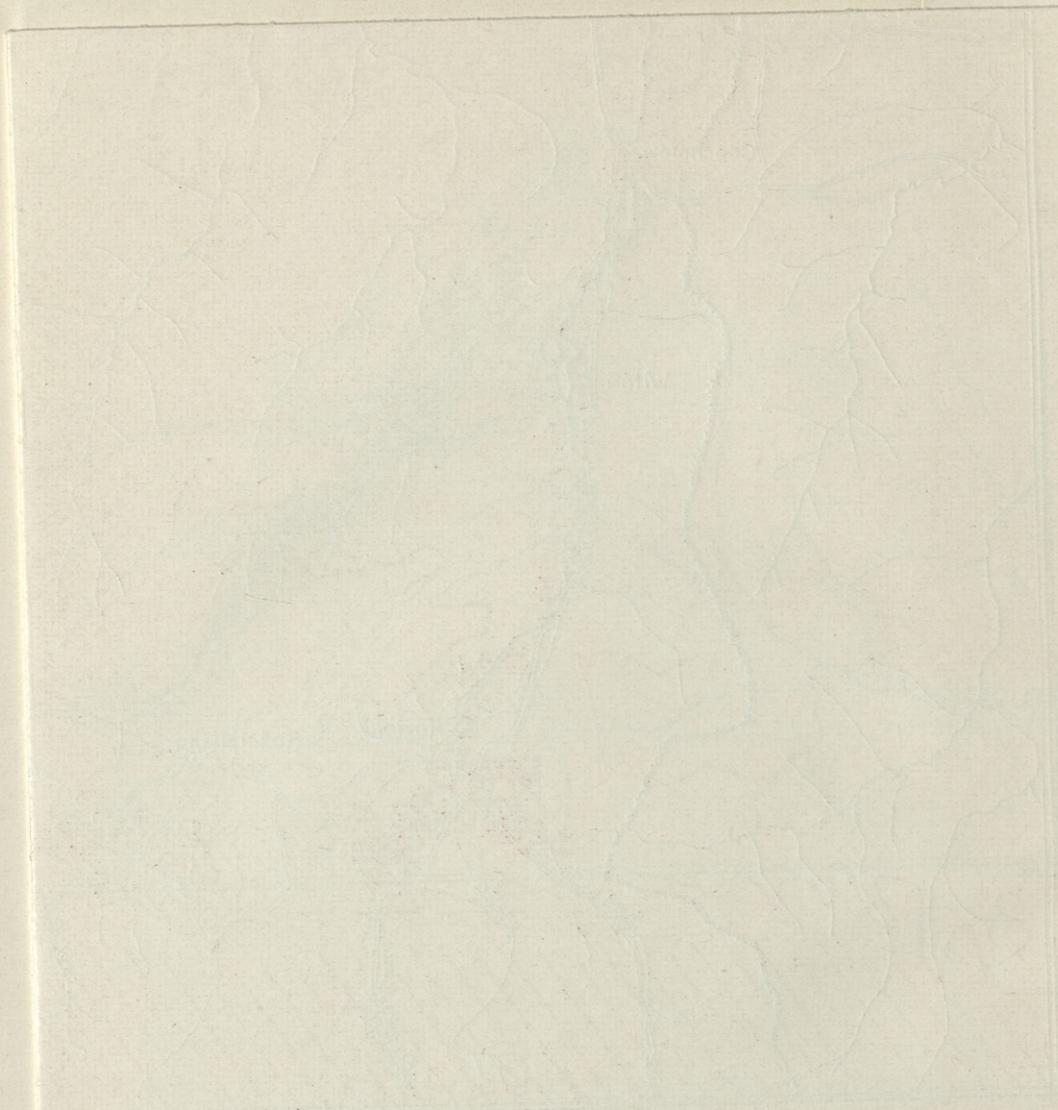
KARTE II.

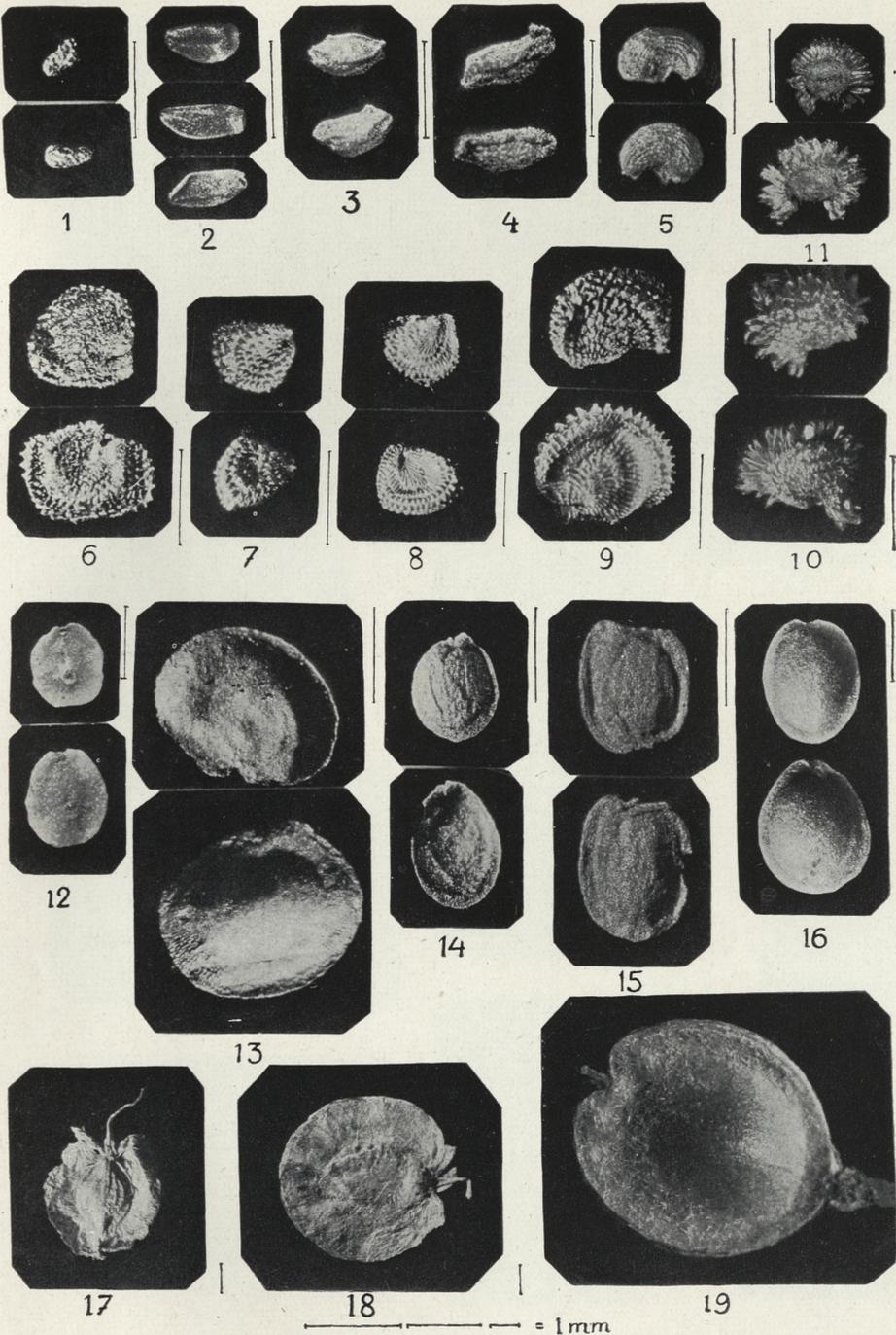
Verbreitung der Gebirgspflanzenarten längs der Flüsse am Nordfuß der Tatra.



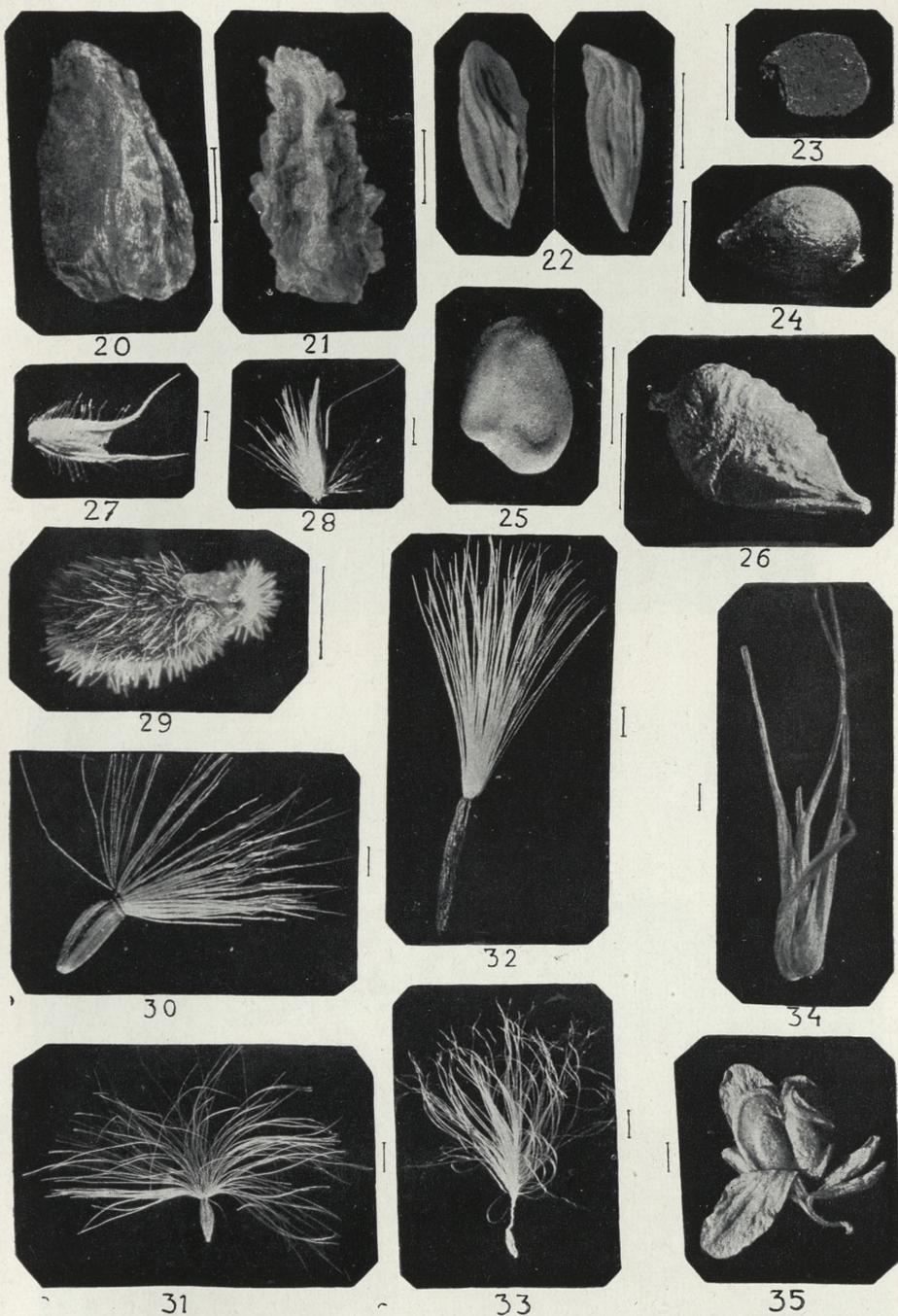
- | | | | | | |
|------------------------------|-----------------------------------|--|--------------------------------|---|-----------------------------|
| □ <i>Aconitum firmum</i> | ⊗ <i>Calamagrostis varia</i> | ⊕ <i>Epilobium alpestre + alsinifolium</i> | ● <i>Minuartia Kitaibelii</i> | ⊗ <i>Polygala brachyptera</i> | ⊗ <i>Silene carpatica</i> |
| + <i>Alchemilla coriacea</i> | ⊕ <i>Campanula cochlearifolia</i> | ⊕ <i>Euphrasia salisburgensis</i> | ⊕ <i>Orobanche flava</i> | ◇ <i>Rumex alpinus</i> | ⊗ <i>Solidago alpestris</i> |
| ⊕ <i>alpestris</i> | ⊕ <i>Cardamine Opizii</i> | ⊕ <i>Galium anisophyllum</i> | ⊕ <i>Oxyria digyna</i> | ◇ <i>scutatus</i> | ⊕ <i>Thymus sudeticus</i> |
| △ <i>Arabis alpina</i> | ⊕ <i>Carduus personata</i> | ⊕ <i>Gypsophila repens</i> | ⊕ <i>Papaver Burseri</i> | ⊗ <i>Saxifraga aizoides</i> | ⊕ <i>Trifolium badii</i> |
| △ <i>bellidifolia</i> | ○ <i>Cerastium fontanum</i> | ⊕ <i>Heliosperma quadrifidum</i> | ⊕ <i>Petasites Kablikianus</i> | * <i>aizoon</i> | ⊕ <i>Veronica fruticans</i> |
| △ <i>Borbassii</i> | ○ <i>Raciborskii</i> | ⊕ <i>Hutchinsia alpina</i> | ⊗ <i>Poa alpina</i> | ⊕ <i>Senecio subalpinus</i> | ⊕ <i>Viola biflora</i> |
| — 1000m. Isohypse | | //// Ausgangszentrum der Gebirgsflora | | ⊗ Aus mehreren Arten bestehende Gebirgspflanzenkolonien | |

Anmerkung: Fundorte von: *Campanula Kladniana*, *Chaerophyllum cicutaria*, *Phleum alpinum*, *Ranunculus platanifolius*, *Salix silesiaca*, *Selaginella selaginoides*, *Sedum carpaticum*, *Valeriana sambucifolia*, *V. tripteris*, *Viola decorata* sind nicht eingetragen. Sie spielen sehr geringe Rolle oder sind ganz nahe der Tatra gelegen.





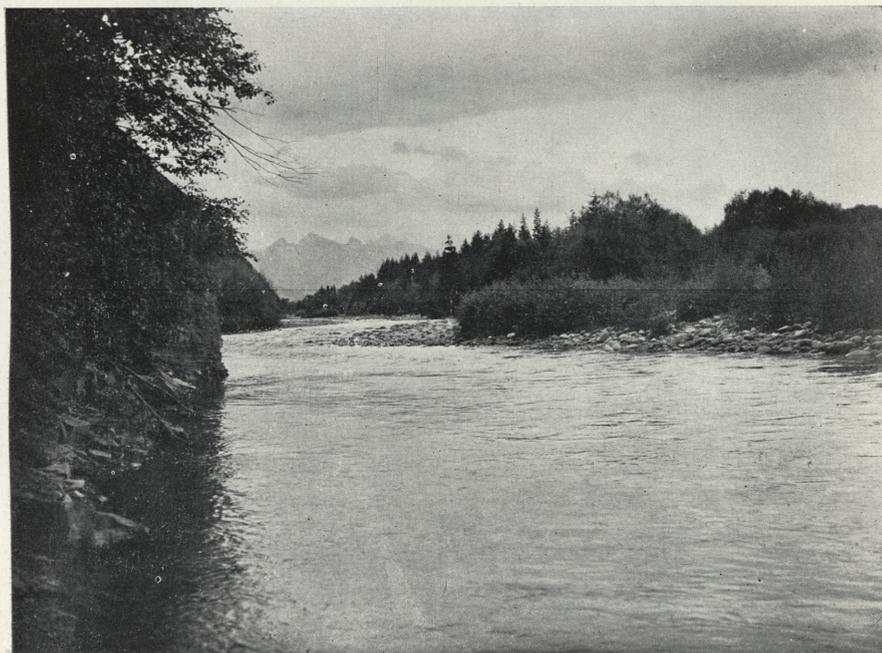
J. Walas phot.



J. Walas phot.



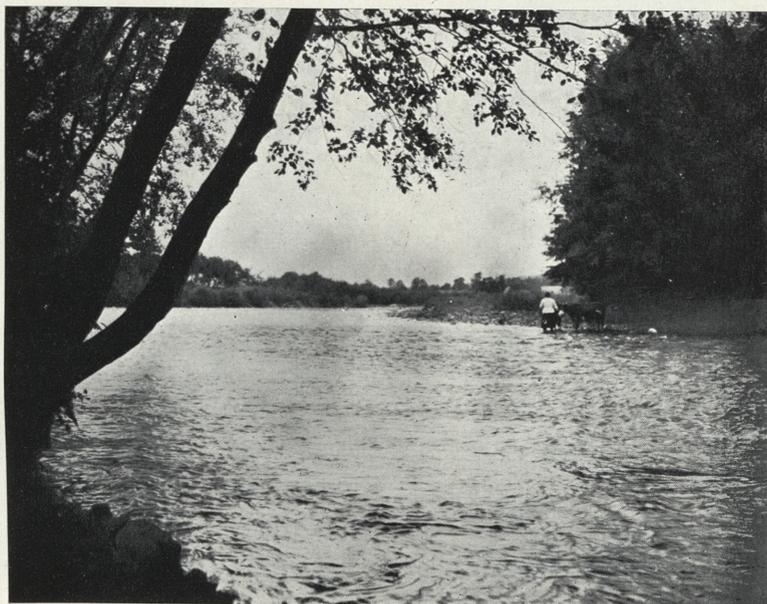
1



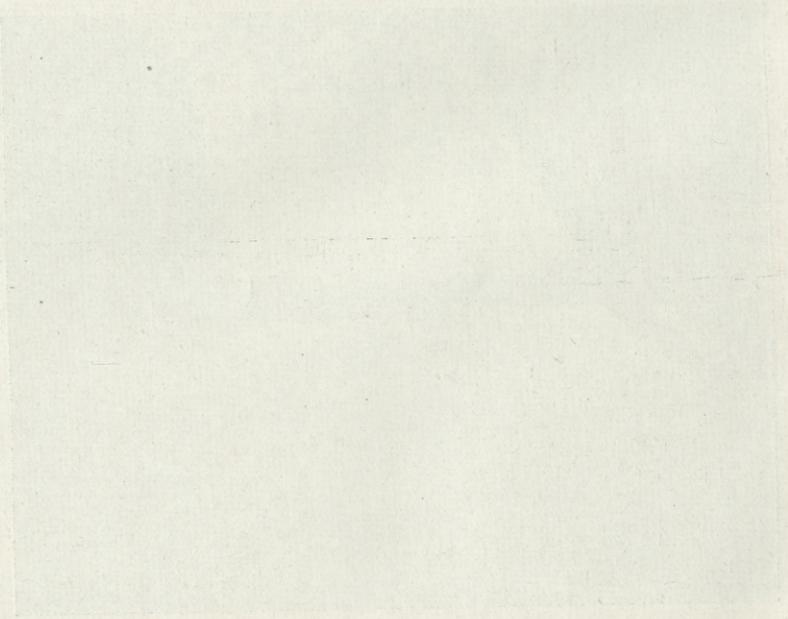
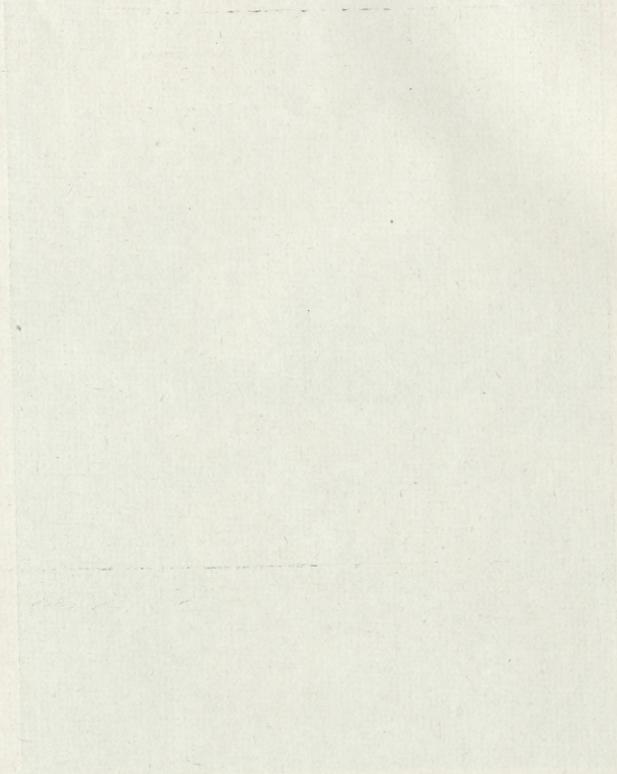
2



3

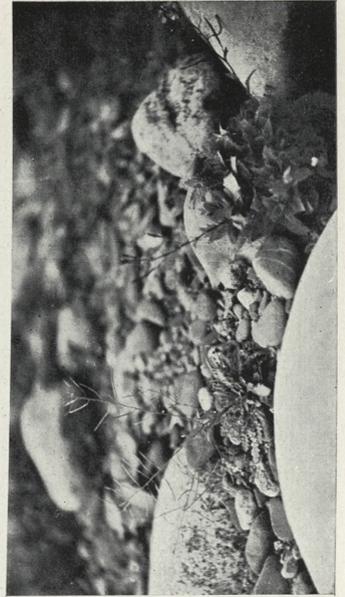


4

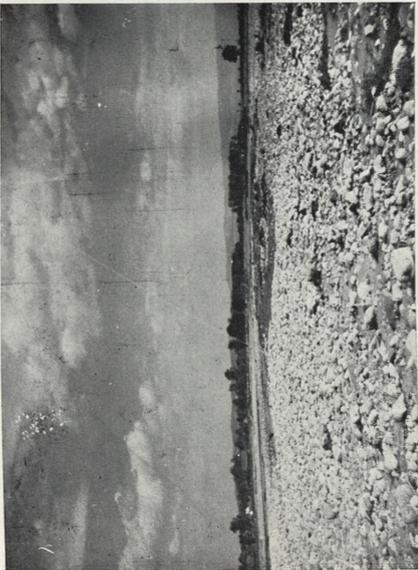




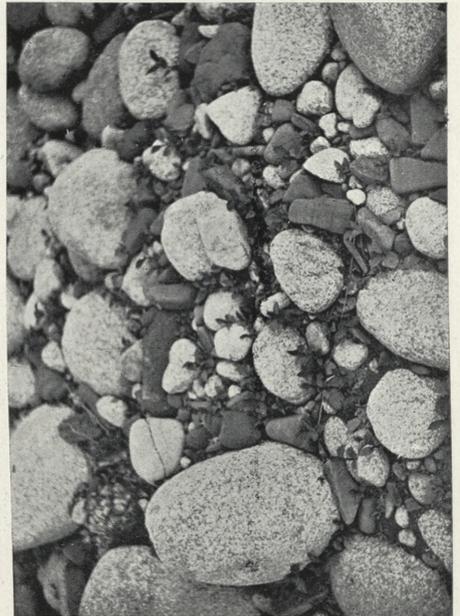
6



8

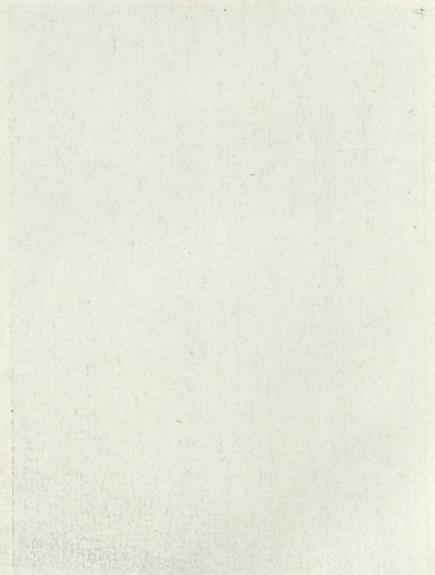
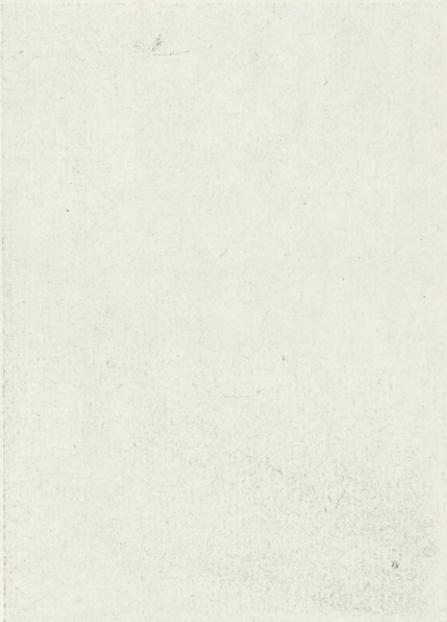
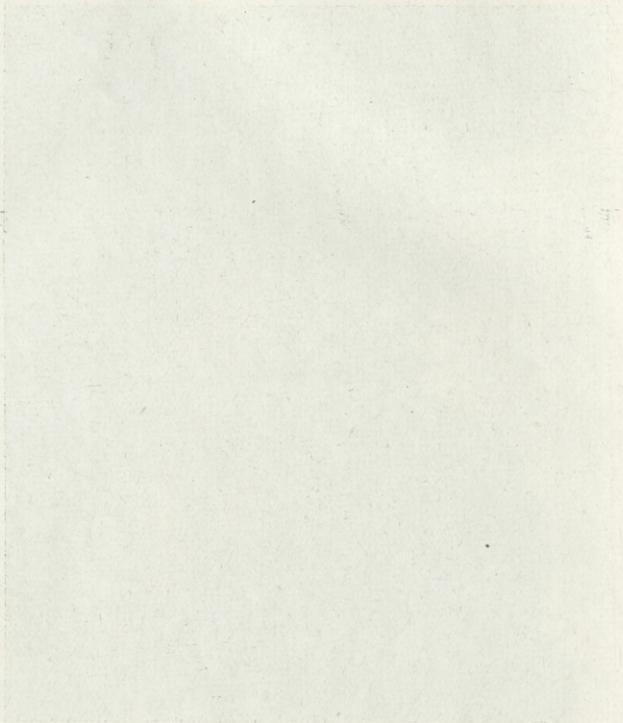


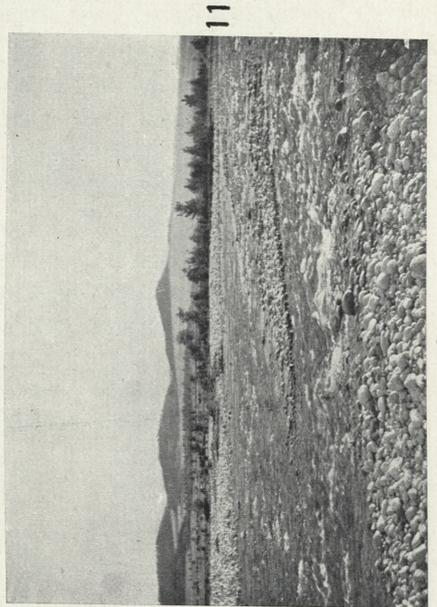
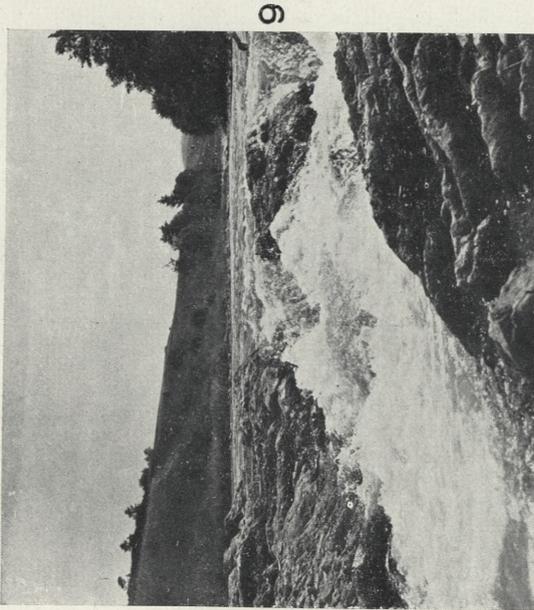
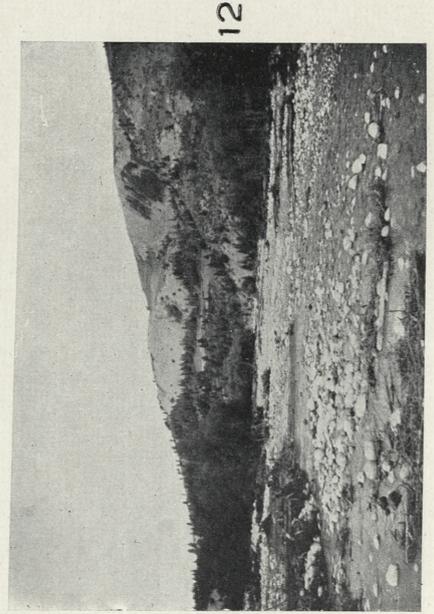
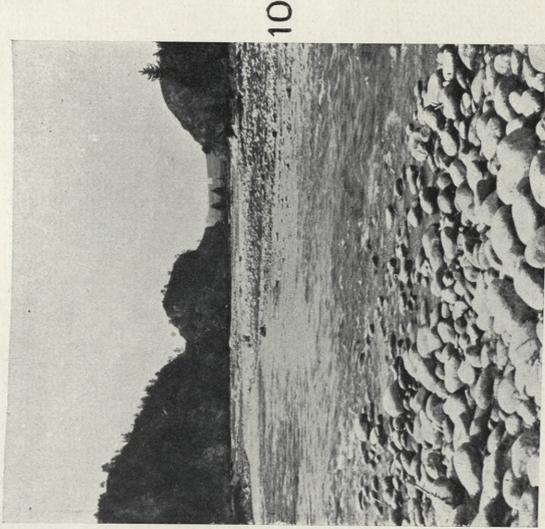
5



7

J. Walas phot.





Flora plioceńska w Krościenku nad Dunajcem. — Eine pliozäne Flora in Krościenko am Dunajec.

Mémoire

de M. **WŁ. SZAFER** m. t.,

présenté le 2 Mai 1938.

(Planches 9—12).

Im März d. J. habe ich von Ing. St. Smólski, Leiter des Nationalparkes in den Pieninen, einige Stücke von liegnitiesiertem Holz und kleine Proben eines sandigen Tones erhalten, die aus einer Ziegelei in der Nähe von Krościenko in den Karpathen stammten. Es hat sich sofort gezeigt, daß der Fund von einem außerordentlichen wissenschaftlichen Interesse ist, da in diesem Tone eine sehr reiche tertiäre Flora vorhanden war. Über die Menge sowie über den vorzüglichen Erhaltungszustand derselben spricht am besten der Umstand, daß ich binnen drei Wochen von dem etwa 150 kg wiegenden Material nicht nur einige Hunderte Holz- und Zweigstücke von Bäumen und Sträuchern entnommen habe, sondern daß ich imstande gewesen bin, in dieser kurzer Zeit etwa 1000 vorzüglich erhaltene Früchte und Samen fossiler Pflanzen herauszuholen. Es wurde auch die Anwesenheit von vielen Blattresten, beblätterten Mooszweigen, sowie von den Pollenkörnern der Waldbäume festgestellt.

Die pflanzenführenden Schichten, die in zwei Ziegeleien westlich von Krościenko a. D. zum Vorschein kommen, liegen an einer Terasse, die einen stark abwechselnden Bau zeigt. Sie besteht aus grauen Tonen, die Linsen von Kiesbänken und Schottern sowie sandigen Einlagerungen unregelmäßig verteilt enthalten. Offenbar handelt es sich hier um eine Delta-Ablagerung, die im fließenden Wasser eines Stromes gebildet wurde. Die Gesamtmächtigkeit

dieses Absatzes kann ich vorläufig auf etwa 14 m schätzen, von welchem 7 Meter im Einschnitt gut zu sehen sind. Da Prof. Dr Jan Nowak in kurzer Zeit über die geologischen Verhältnisse dieser Ablagerungen näher berichten wird, sehe ich von der weiteren Beschreibung derselben ab. Meine Aufgabe ist vorläufig die Pflanzenreste, die ich bis jetzt in Krościenko gefunden habe und die wenigstens als bestimmte Gattungen von mir erkannt wurden, hier kurz zu beschreiben. In der Aufzählung derselben folge ich dem System von Richard Wettstein (1935).

Musci

Es sind etwa 15 Mooszweige (Taf. 12, Fig. 59 und 60) im guten Erhaltungszustande gefunden worden, die wenigstens zu vier verschiedenen Gattungen gehören¹⁾, und zwar:

1. *Thuidium* sp.
2. *Eurhynchium* sp.
3. *Neckera* sp.
4. *Leskea* sp.

Gymnospermae

Klasse: Coniferae

FAM. TAXACEAE

5. *Taxus baccata* L. (Taf. 12, Fig. 45—47). Fünf Nadeln und einige Fragmente derselben, die vollständig mit den Eibenblättern übereinstimmen.

FAM. ABIETACEAE

6. *Tsuga cf. canadensis* Carr. Es wurden Pollenkörner sowie einige Zapfenschuppen und Blätter gefunden; letztere sind bis jetzt noch nicht näher untersucht worden.

7. *Picea excelsa* Link. Ein Zapfen und einige Blätter.

8. *Picea omorica* Panč. Ein sehr gut konservierter Zapfen und zahlreiche Blätter (Taf. 12, Fig. 44a und 44b).

9. *Pinus Peuce* Gris. (Taf. 9, Fig. 1). Ein Kurztrieb mit fünf Nadeln und einige Blattfragmente. Morphologisch und anatomisch stimmen sie vollständig mit dieser balkanischen Baumart überein.

¹⁾ Die Bearbeitung der Moose wird Dr. R. Wilczek übernehmen.

10. *Pinus* sp. Einige Zapfenschuppen, die einer genaueren Untersuchung bedürfen.

FAM. CUPRESSACEAE

11. *Chamaecyparis* sp.? Ein Samen (Taf. 12, Fig. 48).

Es kommen auch andere Koniferenreste reichlich vor, wie Holzstücke, kürzere und längere Zweige mit gut erhaltenen Ansatzstellen der Blätter, sowie viele Nadeln.

Angiospermae

Klasse: Dicotyledones, I Unterklasse: Choripetalae

FAM. JUGLANDACEAE

12. *Pterocarya* gen. Die auf der Tafel 9, Fig. 12 und 13 abgebildeten Endocarprien dieser Gattung geben uns keinen rechten Begriff von der überaus großen Verschiedenheit derselben. Das reiche Material von Krościenko läßt sowohl die Anwesenheit von *Pterocarya caucasica* wie auch *Pterocarya hupehensis* vermuten. Es gibt aber auch Formen, die mit pliozänen *Pterocarya limburgensis* Reid zu stimmen scheinen. Die kritische Prüfung dieser Fragen wird später erfolgen.

FAM. BETULACEAE

13. *Alnus* sp. (Taf. 10, Fig. 15). Etwa 10 Fruchtstände ohne Fruchtschuppen, einige separat liegende Schuppen und Früchte. Noch nicht näher bestimmt.

14. *Carpinus betulus* L. (Taf. 9, Fig. 2—5). Sehr viele Früchte, die in ihrer Größe viel mehr variieren als diejenige der gewöhnlichen Hainbuche. Es ist möglich, daß uns zwei Arten vorliegen.

15. *Corylus* cf. *Avellana* L. (Taf. 9, Fig. 14). Ein gut erhaltener Nuß.

FAM. FAGACEAE

16. *Fagus decurrens* Reid. (Taf. 9, Fig. 7—11). Zahlreiche gut erhaltene Fruchtbecher und einige Schließfrüchte. Die sehr kleine Kupula (Taf. 9, Fig. 6) gehört zu einer anderen Art. Ob auch die Buchen aus der Verwandtschaft *Fagus silvatica* — *Fagus orientalis* anwesend sind, werden weitere Untersuchungen ergeben. Das ganze Material von den pliozänen Buchen in Krościenko wird von Frau H. Czeczott zur genauen Bearbeitung gütigst übernommen.

FAM. ULMACEAE

17. *Ulmus cf. campestris*. Zwei Nüsse mit nur fragmentarisch erhaltenen Flügeln.

FAM. CARYOPHYLLACEAE

18. *Stellaria sp.* Ein Samen.

FAM. MENISPERMACEAE

19. *Menispermum cf. dahuricum* DC. (Taf. 10, Fig. 26). Eine einzige, sehr gut erhaltene Steinfrucht.

FAM. MAGNOLIACEAE

20. *Magnolia Kobus* DC. (Taf. 11, Fig. 41). Ein vortrefflich erhaltener Samen.

FAM. RANUNCULACEAE

21. *Thalictrum sp.* Zwei Früchte.

22. *Ranunculus nemorosus* DC. Etwa 20 Achaenen.

23. *Ranunculus sp. div.* Zahlreiche Früchte, die einer genauen Untersuchung bedürfen.

FAM. ACTINIDIACEAE

24. *Actinidia faveolata* Reid. (Taf. 11, Fig. 33—34). Sowohl in der Form wie auch in der sehr auffallenden Skulptur scheinen unsere Samen mit dieser abgestorbenen Art identisch zu sein. — Es liegt offenbar noch eine andere *Actinidia*-Form vor (Taf. 11, Fig. 35), die ich vorläufig mit keiner mir bekannten rezenten Art vergleichen kann.

FAM. ROSACEAE

25. *Rubus sp. div.* Die ziemlich oft vorkommenden Endocarprien repräsentieren offenbar Steinfrüchte, die wenigstens zu zwei verschiedenen Arten gehören.

26. *Rosa sp.* (Taf. 10, Fig. 18—19). Dornen von verschiedener Größe und Gestalt.

27. *Prunus domestica* L. v. *pliocenica* Kink. (Taf. 10, Fig. 17). Ein einziges beschädigtes Endokarp scheint vollständig mit der von Kikelin¹⁾ beschriebenen Form der wilden Zwetschke über-

¹⁾ H. Engelhardt und F. Kikelin, Oberpliocäne Flora und Fauna des Untermeintales. 1898.

einstimmen. Ich habe noch eine zweite *Prunus*-Art gefunden, die ich aber mit keiner mir bekannten identifizieren konnte.

FAM. HALORRHAGIDACEAE

28. *Proserpinaca reticulata* Reid (Taf. 11, Fig. 42—43). Acht Früchte, die vollständig mit dieser ausgestorbenen pliozänen Art identisch sind. Bisher war diese Pflanze nur aus dem Pliozän am unteren Rhein (C. und E. M. Reid 1915), sowie aus dem Pliozän in Woronesch und dem Miozän (?) von Tomsk in Sibirien bekannt (P. Nikitin 1928 und 1935).

FAM. TILIACEAE

29. *Tilia cf. americana* L. (Taf. 10, Fig. 16). Eine Frucht und einige Teilfrüchte. Trotzdem die Konservierung dieser Reste eine sehr gute ist, halte ich diese Bestimmung für unsicher.

FAM. RUTACEAE

30. *Phellodendron elegans* Reid. (Taf. 11, Fig. 27—30). Acht Samen und einige Samen-Fragmente, die in der Form sowie Skulptur und Größe mit dieser ausgestorbenen Art identisch sind. Länge ca 5·7 mm, Breite ca 3·5 mm. *Phellodendron japonicum* nach meinen Messungen ist durchschnittlich (getrocknet) ca 6 mm lang und 3·0 mm breit.

31. *Phellodendron tessellatum* Reid. (Taf. 11, Fig. 31—32). Ca 5 vollständige Samen und Fragmente derselben. Sie sind ca 5 mm lang und 2·6 mm breit, sonst aber stimmen sie vollständig mit dieser fossilen Art überein, die im Pliozän von Reuver gefunden wurde (C. Reid und E. M. Reid, 1915). Die rezenten Samen von *Phellodendron amurense*, an die sich diese Art am meisten nähert, sind ca 5 mm lang und 1·9 mm breit.

FAM. ACERACEAE

32. *Acer sp.* (Taf. 12, Fig. 49). Nur eine Spaltfrucht mit Spuren des Flügels.

FAM. VITACEAE

Die Samen der Gattung *Vitis* wurden fast in allen von mir untersuchten Proben gefunden und weisen einen sehr guten Erhaltungszustand auf. Offenbar gehören sie wenigstens zwei Arten an, die Dr. Franz Kirchheimer gütigst bestimmt hat.

33. *Vitis cf. silvestris* Gmelin (*foss.*). Drei gut erhaltene Kerne. (Taf. 10, Fig. 20).

34. *Vitis Ludwiggii* A. Braun. Zahlreiche vortrefflich erhaltene Samen (Taf. 10, Fig. 21--25).

FAM. UMBELLIFERAE

35. *Cicuta virosa* L. Zwei Halbfrüchte, die sicher zu dieser Art gehören.

36. *Peucedanum sp.* Einige Halbfrüchte und Fragmente derselben, die weiterhin zu untersuchen sind.

37. *Umbelliferae div. gen. et sp.* Unter den nicht bestimmten Gattungen und Arten, die zu dieser Familie gehören, sind wenigstens noch zwei andere Gattungen anwesend. Eine noch nicht bestimmte Teilfrucht stellt Tafel 12, Fig. 57 dar.

Klasse: Dicotyledones, II Unterklasse: Sympetalae.

FAM. STYRACACEAE

38. *Styrax cf. japonicum* Sieb. et Zucc. (Taf. 11, Fig. 40). Ein großer Same (9 mm lang und 6.2 mm breit) mit einer sehr dicken und harten Testa, gehört sicher in die Verwandtschaft von *Styrax japonicum*, obwohl er mit dieser Art wahrscheinlich nicht identisch ist. *Styrax mucronatum* Reid (Reuver, Swalmen), eine ausgestorbene pliozäne Art, ist offenbar eine andere Art. Er bedarf einer weiteren Untersuchung.

FAM. SOLANACEAE

39. *Solanum cf. nigrum* L. Einige Samen.

40. *Physalis alkenkengi* L. (Taf. 12, Fig. 53). Zwei Samen.

FAM. CAPRIFOLIACEAE

Diese Familie ist in der Flora von Krościenko mit der Gattung *Sambucus* vertreten. Die zahlreichen Samen, die uns vorliegen, variieren stark sowohl in der Größe wie in der Skulptur. Es kommen auch viele nicht vollständig reife Samen vor, die die Verschiedenheit des Materials noch mehr erhöhen. Obwohl ich das Studium dieser Samen noch nicht für abgeschlossen halte, bin ich doch sicher, daß wir hier mit mehr als zwei Arten zu tun haben. Die zwei ersten, die sich leicht von den anderen trennen lassen, wurden auf der Taf. 11 dargestellt:

41. *Sambucus pulchella* Reid. (Taf. 11, Fig. 36—37). Ich vereinige diese Samen mit *S. pulchella* in erster Linie wegen der eigentümlichen, scharf warzigen Skulptur der Testa, die sonst bei keiner anderen Art zu finden ist. Ich muß aber bemerken, daß die für diese pliozäne Art angegebenen Dimensionen (Länge 1·8—2·8 mm, Breite 1·3—1·6 mm, vergl. C. und E. M. Reid 1915, Seite 135) für unsere Pflanze nicht gut passen, da die entsprechenden Samen von Krościenko 2·5—3·4 mm lang und 1·2—1·7 mm breit sind.

42. *Sambucus* sp. (Taf. 11, Fig. 38—39). Diese, viel kleinere und anders skulpturierte Samen nähern sich vielleicht am meisten der amerikanischen *S. glauca*, sowie der Abbildung Nr. 7 bei C. und E. M. Reid (l. c. Taf. XVII) an. Vorläufig halte ich für angezeigt keinen Namen dieser Art zu geben, da ich überzeugt bin, daß weitere Untersuchung derselben, sowie der scheinbar intermediären Formen, zu einem mehr befriedigenden Resultat führen wird. Die Größe dieser Art variiert zwischen 1·9—2·7 mm in der Länge, und 1·4—1·7 mm in der Breite. Es sind auch Samen vorhanden, die an *Sambucus canadensis* lebhaft erinnern.

FAM. VALERIANACEAE

43. *Valeriana dioica* L. Ich fand zwei mit dieser rezenten Art offenbar identische Früchte, die auf einer Seite 3, auf der anderen einen scharf ausgeprägten Kiel besitzen und charakteristisch umramt sind.

Klasse: Monocotyledones.

FAM. POTAMOGETONACEAE

44. *Potamogeton* sp. Nur eine Nuß, die in der Form und Größe an *Potamogeton* sp. 8 aus Reuver erinnert (Vergl. C. und E. M. Reid 1915, Taf. II). Bei der auffallenden Armut von den Vertretern der Wasserflora in Krościenko ist dieser Fund besonders wichtig, weil er zu einer Hoffnung berechtigt, daß auch die Reste der pliozänen Wasserpflanzen in Krościenko zu erwarten sind.

FAM. CYPERACEAE

45. *Scirpus* sp. (Taf. 12, Fig. 58). Ich fand etwa 10—15 sehr gut erhaltene Früchte dieser Gattung, die ich aber noch nicht genauer untersucht habe.

46. *Carex flagellata* Reid. (Taf. 12, Fig. 50—52, 54—56). Unter den *Carex*-Früchten, die in der fossilen Flora von Krościenko nicht selten sind, ist diese Art am meisten verbreitet und es ist wahrscheinlich, daß sie als Vertreter der lokalen Sumpf- bzw. Ufer-Flora eine wichtige Rolle spielte. Es sind sowohl die charakteristischen Utrikeln, wie auch viele Früchte gefunden worden, die in Form und Größe der Beschreibung von C. und E. M. Reid entsprechen (C. und E. M. Reid l. c. 1915, Seite 69, Taf. III, Fig. 22—26). Ein gewisser Unterschied unserer Früchte im Vergleich mit jenen aus dem rheinischen Pliozän (Swalmen, Reuver und Brunsum) besteht nur in der Länge des Griffels; die in dieser Hinsicht von dem Typus am meisten abweichenden Exemplare sind auf der Taf. 12, Fig. 55—56 abgebildet worden.

47. *Carex div. sp.* Es liegen noch 2—4 andere *Carex*-Arten vor, die ich vorläufig näher zu bestimmen nicht imstande war.

Die ziemlich oft vorkommenden Blattreste, die entweder zu den *Cyperaceae*n oder zu den *Gramineae*n gehören, habe ich nicht untersucht.

Wenn wir jetzt die oben beschriebene Flora nach ihrer geographischen Zugehörigkeit anordnen, so läßt sie sich in 4 folgende geographischen Artengruppen verteilen:

I.	II.
Mitteleurop. Arten:	Balkanische und kaukasische Arten:
<i>Taxus baccata</i>	<i>Picea omorica</i>
<i>Picea excelsa</i>	<i>Pinus Peuce</i>
<i>Carpinus betulus</i>	<i>Pterocarya caucasica</i>
<i>Corylus cf. avellana</i>	<i>Prunus domestica v. pliocenica</i> +
<i>Ranunculus nemorosus</i>	
<i>Cicuta virosa</i>	
<i>Solanum cf. nigrum</i>	
<i>Physalis alkenkengi</i>	
<i>Valeriana dioica</i>	

III.

Nordamerikanische
Arten:

Tsuga cf. canadensis
Fagus decurrens +
Proserpinaca reticulata +
Tilia cf. americana
Sambucus pulchella +

IV.

Ostasiatische Arten:

Menispermum cf. dahuricum
Magnolia Kobus
Actinidia faveolata +
Actinidia sp.
Phellodendron elegans +
Phellodendron tessellatum +
Styrax cf. japonicum
Carex flagellata +

In dieser Zusammenstellung habe ich nur diejenigen Pflanzen berücksichtigt, deren systematische Zugehörigkeit sicher festgestellt werden konnte. Die mit dem Zeichen + versehenen Arten, obwohl ausgestorben, wurden auch erwähnt, weil sie zweifellos mit den in den entsprechenden Gebieten noch lebenden Arten nahe verwandt sind.

Daraus ist zu ersehen, daß die fossile Flora von Krościenko eine für jede andere pliozäne Flora in Mittel-Europa charakteristische Artenmischung darstellt. Im Vergleich mit den westeuropäischen analogen Floren ist sie auffallend den fossilen Floren am unteren Rhein ähnlich, die von Clement und Eleanor N. Reid sowie von L. Laurent und P. Marty so musterhaft beschrieben worden sind. Es fällt weiter auf, daß unsere Flora verhältnismäßig mehr ostasiatische als nordamerikanische Arten besitzt. Sie zeigt auch eine deutliche Verwandtschaft mit der pliozänen Flora in Bulgarien¹⁾, sowie mit den russischen Tertiärfloren von Woronesch und Tomsk (P. Nikitin 1928 und 1935, W. N. Sukatschew 1936).

Die pliozäne Flora von Krościenko gehört dem Mittelpliozän an. Die Einreihung derselben in die anderswo bekannten stratigraphischen Stufen des Pliozäns, ist vorläufig noch nicht möglich.

Botanisches Institut der Jagellonischen Universität in Kraków.

¹⁾ B. Stefanoff und D. Jordanoff: Studies upon the pliocene Flora of the Plain of Sofia, 1935.

Tafelerklärung.

Taf. 9.

- Fig. 1. Ein Kurztrieb von *Pinus Peuce* Gris.
 Fig. 2a und 2b. *Carpinus betulus* L.
 Fig. 3 und 4. *Carpinus betulus* L. Kleinfrüchtige Formen.
 Fig. 5a und 5b. *Carpinus betulus* L. Eine großfrüchtige Form.
 Fig. 6. *Fagus* sp.
 Fig. 7—11. *Fagus decurrens* Reid.
 Fig. 12—13. *Pterocarya* sp.
 Fig. 14. *Corylus cf. avellana* L.

Taf. 10.

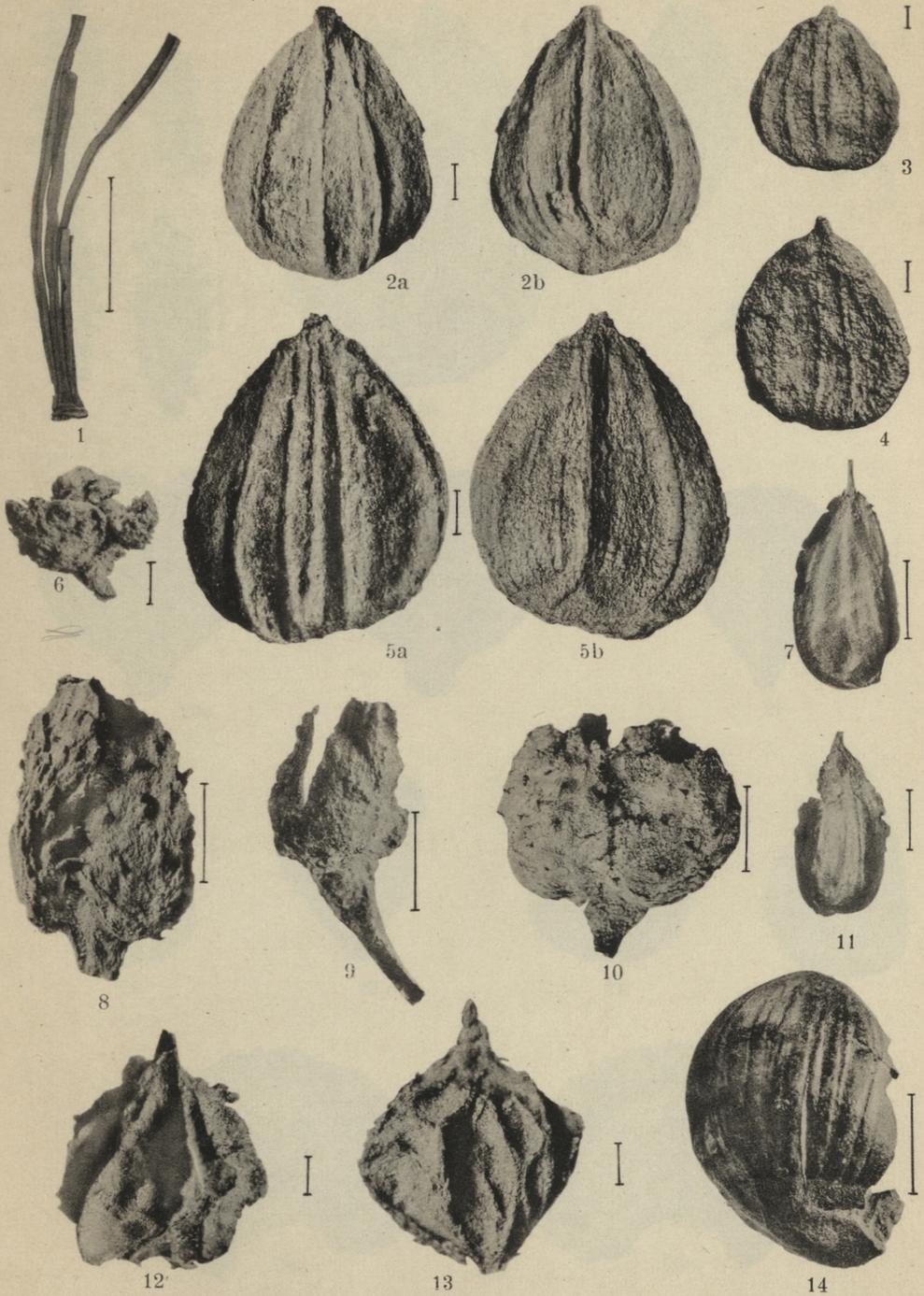
- Fig. 15. Fruchtstände von *Alnus* sp.
 Fig. 16. *Tilia cf. americana* L.
 Fig. 17. *Prunus domestica v. pliocenica* Kink.
 Fig. 18—19. Dornen von *Rosa* gen.
 Fig. 20a und b. *Vitis cf. silvestris* Gmelin.
 Fig. 21—25. *Vitis Ludwigi* A. Braun.
 Fig. 26a und b. *Menispermum cf. dahuricum* DC. von beiden Seiten gesehen.

Taf. 11.

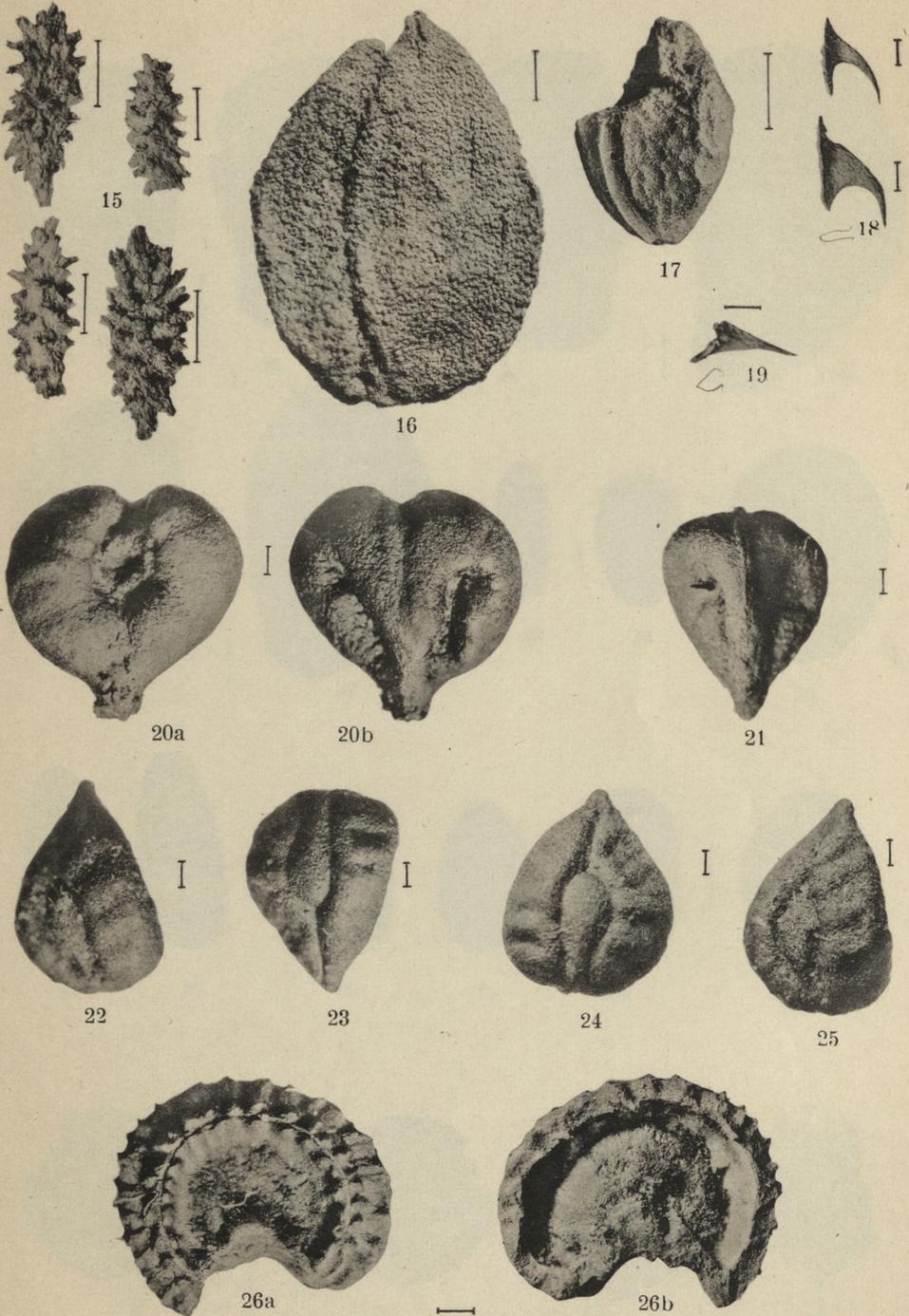
- Fig. 27—30. *Phellodendron elegans* Reid.
 Fig. 31 und 32. *Phellodendron tessellatum* Reid.
 Fig. 33 und 34. *Actinidia faveolata* Reid.
 Fig. 35. *Actinidia* sp.
 Fig. 36 und 37. *Sambucus pulchella* Reid.
 Fig. 38 und 39. *Sambucus* sp.
 Fig. 40a und b. *Styrax cf. japonicum* Sieb. et Zucc., in zwei verschiedenen Lagen.
 Fig. 41a und b. *Magnolia Kobus* Thunb., von beiden Seiten gesehen.
 Fig. 42 und 43. *Proserpinoca reticulata* Reid.

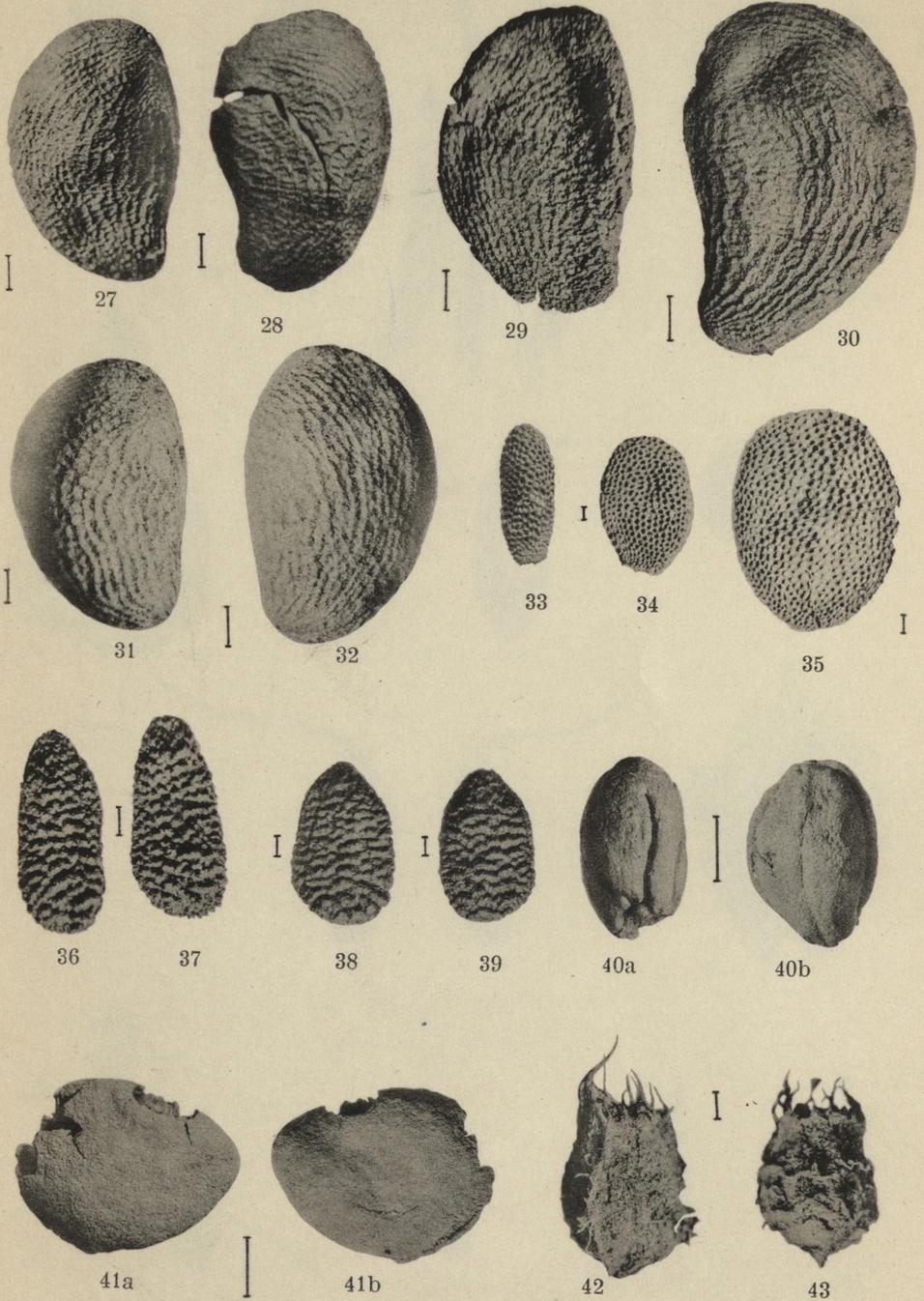
Taf. 12.

- Fig. 44a und b. *Picea omorica* Panč.
 Fig. 45—47. Blätter von *Taxus baccata* L.
 Fig. 48. *Chamaecyparis* sp.?
 Fig. 49. *Acer* sp.
 Fig. 50—52. *Carex flagellata* Reid.
 Fig. 53. *Physalis alkenkengi* L.
 Fig. 54—56. *Carex cf. flagellata* Reid.
 Fig. 57. Frucht einer *Umbelliferae*.
 Fig. 58. *Scirpus* sp.
 Fig. 59 und 60. Moose (*Musci indeterm.*).



Wł. Szafer phot.





Wt. Schafer phot.

BULLETIN INTERNATIONAL
DE L'ACADÉMIE POLONAISE DES SCIENCES
ET DES LETTRES
CLASSE DES SCIENCES MATHÉMATIQUES ET NATURELLES
SÉRIE B: SCIENCES NATURELLES

DERNIERS MÉMOIRES PARUS.

N° 8—10 B I, 1937.

- Horvat I., Pawlowski B. und Walas J.** Phytosozologische Studien über die Hochgebirgsvegetation der Rila Planina in Bulgarien (Planches 6—7).
- Wojciechowski J. et Skrobińska J.** L'influence de la concentration des ions d'hydrogène sur le chimiotropisme produit par les phosphates.

N° 8—10 B II, 1937.

- Ackermann J.** Über die Innervierung der Giftdrüsen der Kröte *Bufo bufo* (Planche 16).
- Friedberg W.** Versuche einer Stratigraphie des Miozäns von Polen auf Grund seiner Molluskenfauna. I. Teil.
- Gajewska H.** Über den mikroskopischen Bau des Mitteldarms von *Mesidothea entomon* L. (Planche 20).
- Pautsch F.** Untersuchungen an mit umgekehrter dorsoventraler und kephalokaudaler Achse autoplastisch transplantierten Schwänzen von Larven des Grasfrosches (*Rana temporaria*). (Planches 18—19).
- Zacwilichowski J.** Mitteilung über die F_2 -Generation des künstlich melanierten Schwammspinners *Lymantria dispar* L. (Planche 17).

N° 1—3 B II, 1938.

- Ackermann J.** Experimentelle histo-chemische Untersuchungen über den Lezithinstoffwechsel im Tierkörper. II. Teil. Über den Einfluß der Lezithinverfütterung auf den Lipidgehalt der Leber (Planche 1).
- Glówczyński Zb.** Sur la teneur en vitamine A de la graine d'Alpiste (*Phalaris canariensis*) (Planche 3).
- Grodziński Z. and Marchlewski J.** The Influence of the Serum upon the Motility of Spermatozoa of the Domestic Cock.
- Hans M. und Tabencka Z.** Über die Blutgefäße der Haut von *Myxine glutinosa* L.
- Mikulski J. S.** Experimental studies in thermal ecology of developing eggs of some amphibians (*Rana*, *Bufo*, *Pelobates*).
- Monné L.** Über polychrome Vitalfärbungen verschiedener Gastropoden-Zellen mit Pyronin.
- Skowron S. und Wiciński Z.** Über die Lebensdauer der gelben Körper und die sie beeinflussenden Faktoren.
- Skrochowska R.** Über die Abhängigkeit der Gewöhnung bei Vorticellen von der Frequenz wiederholter Reize.
- Szarski H.** Corpus lymphaticum subdermale in the froggs: *Rana esculenta*, *R. temporaria* and *R. terrestris* (Planche 3).

TABLE DES MATIÈRES.

Janvier—Mai 1938.

	Page
FR. WEILER. Das Verhalten der Wurzeln unter der Einwirkung von Wuchsstoffen der <i>Avena</i> - und der <i>Zea</i> -Koleoptilspitzen (Planche 1)	1
M. SKALIŃSKA. Cytogenetic Studies in Aneuploid types of <i>Aquilegia</i> (Planche 2)	33
J. WALAS. Wanderungen der Gebirgspflanzen längs der Tatra-Flüsse (Planches 3—8)	59
WŁ. SZAFER. Eine pliozäne Flora in Krościenko am Dunajec (Planches 9—12)	81

Le »*Bulletin International*» de l'Académie Polonaise des Sciences et des Lettres (Classe des Sciences Mathématiques et Naturelles) paraît en deux séries. La première (A) est consacrée aux travaux sur les Mathématiques, l'Astronomie, la Physique, la Chimie, la Minéralogie, la Géologie etc. La seconde série (B) se divise en deux sous-séries; l'une d'elles »I« contient les mémoires qui se rapportent aux diverses branches de la Botanique (la Systématique, l'Anatomie et la Physiologie des Plantes), l'autre »II« est réservée aux publications qui concernent le vaste domaine des recherches morphologiques et physiologiques sur l'homme et les animaux (Anatomie, Biologie générale, Embryologie, Histologie, Physiologie, Psychologie, Zoologie systématique et expérimentale).

Depuis 1928, le »*Bulletin International*» ne contient que les communications dont l'étendue ne dépasse pas une limite strictement définie; les mémoires de plus vaste envergure sont réunis en un Recueil différent, les »*Mémoires*» de l'Académie Polonaise des Sciences et des Lettres (Classe des Sciences Mathématiques et Naturelles). Les *Mémoires* sont également publiés en deux séries: A et B. Chaque mémoire publié dans les *Mémoires* se vend séparément.

Les abonnements relatifs au »*Bulletin International*» sont annuels et partent de Janvier. Les livraisons de ce Recueil se vendent aussi séparément.

Adresser les demandes à l'Académie ou à la Librairie »Gebethner et Wolff« Rynek Gł., Cracovie (Pologne).