

P192
N° 8 B.

OCTOBRE

1914

BULLETIN INTERNATIONAL
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

DE CRACOVIE

CLASSE DES SCIENCES MATHÉMATIQUES ET NATURELLES

SÉRIE B: SCIENCES NATURELLES

ANZEIGER
DER
AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

IN KRAKAU

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE

REIHE B: BIOLOGISCHE WISSENSCHAFTEN



CRACOVIE

IMPRIMERIE DE L'UNIVERSITÉ

1915



rcin.org.pl

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

PROTECTEUR DE L'ACADÉMIE:

Vacat.

VICE-PROTECTEUR:

Vacat.

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

SECRÉTAIRE GÉNÉRAL: M. BOLESLAS ULANOWSKI.

EXTRAIT DES STATUTS DE L'ACADÉMIE:

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

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

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

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

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

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

5 lutego 1915.

Nakładem Akademii Umiejętności.

Kraków, 1915. — Drukarnia Uniwersytetu Jagiellońskiego pod zarządkiem Józefa Filipowskiego.

war. In der ersteren Lage wird der Druck des Dotters auf die Keimscheibe ausgeschaltet, in der letzteren dagegen seine Wirkung durch die zentrifugale Beschleunigung mehr oder weniger gesteigert. Dem entsprechend verläuft der Entwicklungsprozeß in der ersten Versuchsserie normal, in der zweiten dagegen bleibt er entweder frühzeitig stehen oder vermag über die Keimblätterbildung nicht hinauszukommen. Oftmals erblickt man weitgehende Degenerationserscheinungen: das Ektoderm verliert seinen normalen Charakter und weist platte Zellen auf, wogegen das Entoderm wieder in reger Wucherung begriffen ist und statt länglicher mehr kubische Zellen liefert (Fig. 7). Die Druckerscheinungen sind in diesem Falle schon zu groß, um eine weitere Entwicklung zu gestatten.

Zur Ergänzung meiner Experimente mit der Zentrifugalkraft stellte ich noch zwei folgende Versuche an. Ich montierte die Keimscheibe auf der Zentrifugalplatte auf diese Weise, daß sie mit der Drehungsachse einen Winkel von 90° bildete und einmal nach oben, das andere Mal nach unten schaute. Die Entwicklung der Keime war in beiden Fällen normal; ich erhielt viertägige lebende Keime, welche sich von den Kontrollkeimen nicht im geringsten unterschieden. Diese zwei Versuche bestätigen meine Erklärung in unzweideutiger Weise. Die Dotterkügelehen, welche von der Zentrifugalkraft vorzugsweise gegen die Peripherie geschleudert werden, schlagen hauptsächlich gegen diesen Teil der Dotterwand, welcher von der Achse des Apparates abgekehrt ist, verschonen dagegen den Rest der Kugeloberfläche, weshalb der Embryo, in allen anderen Lagen zentrifugiert, gedeiht, nur nicht an diesem Pole des Dotters, welcher dem mechanischen Trauma unaufhörlich ausgesetzt ist. Dadurch allein kann man es auch erklären, weshalb die Keimscheibe, um 180° von der normalen Lage gewendet, monströs entartete Keime liefert, dagegen in gleicher Lage bei Verwendung der Zentrifugalkraft normale Zustände resultieren.

Es sei noch bemerkt, daß ich bei lange fortgesetztem, zuletzt beschriebenem Experimentiermodus immer anormale Keime erhielt, welche Erscheinung nur schwerlich mit der Druckwirkung in Zusammenhang zu bringen ist, dagegen leicht dadurch erklärt werden kann, daß hier auch andere störende Momente in Kraft treten, wie die Operation selbst, das Rütteln der Zentrifuge und

Zerreißen der Dotterhüllen mit nachfolgendem Herausfließen des Dotters. Die auftretenden Anomalien bieten häufig sehr interessante polymyelitische Erscheinungen, welche in meiner definitiven Arbeit eingehend beschrieben werden sollen.

Klinostatversuche.

Meine Vermutung, daß alle Entwicklungsstörungen in meinen Embryonen lediglich auf Druckwirkung zurückzuführen sind, wurden endgültig durch die Klinostatversuche bestätigt. Eier, welche an Glasnadeln in üblicher Weise fixiert, vermittels der langsameren Achse eines Federklinostaten klinostatiert wurden, weisen weder im Tempo ihrer Entwicklung noch in der Art der Organ- und Hüllenbildung auch nur die geringsten Abnormitäten auf. Die Keimscheibe, die am Klinostaten in jeder Sekunde ihre Lage ändert, bleibt auch niemals dauernd derselben Druckwirkung ausgesetzt und hat demzufolge die geeignetsten mechanischen Bedingungen, daß die Entwicklung in ungestörter Weise verlaufen kann.

Schlußfolgerungen.

Wie ich schon oben bemerkt habe, handelte es sich mir bei meinen Versuchen um die Entscheidung, ob die Schwerkraft ein richtendes Moment in der Entwicklung des Hühnereies darstellt. Die zahlreichen von anderen Forschern unternommenen Experimente, welche ich in der Einleitung zitiert habe, betreffen die ersten Stadien der Entwicklung der Frösche, Molche und Fische. Es handelte sich den oben angeführten Autoren hauptsächlich darum, ob die auf die Lebenserscheinungen vielfach so mächtig wirkende Schwerkraft einen gestaltrichtenden Einfluß auf die Art der ersten Furchenbildung besitzt; daß sie in späteren Stadien nicht in die Entwicklung eingreifen kann, war schon von vornherein klar. Mein Versuchsobjekt, das Hühnerei, erlaubt es nicht, den Versuch auf die jüngsten Entwicklungsprozesse auszudehnen; theoretisch kann man aber annehmen, daß der Keimfleck in dem Ei, welches sich in den Eileitern mit Eiweiß belädt und dabei die verschiedensten Lagen zur Richtung der Schwerkraft einnehmen muß, schwerlich unter dem Einflusse derselben als eines richtenden Momentes stehe. Die Einrichtung des Eies, welche sich darin äußert, daß der Keim immer in derselben polaren Stellung verharret, drängte

jedoch die Frage auf, ob man bei der weiteren Entwicklung nicht mit der richtenden Schwerkraft zu tun hat.

Meine Versuche haben gezeigt:

- 1) daß die Entwicklung bei Divergierung der Keimscheibe um 180° von der normalen Lage monströs verläuft;
- 2) daß beim Zentrifugieren des von der Drehungsachse wegwendeten Embryos die Entwicklung frühzeitig erlischt;
- 3) daß dagegen die Entwicklung ungestört verläuft, wenn man das montierte Hühnerei am Klinostaten sich entwickeln läßt, oder wenn man die Zentrifugalkraft auf die der Drehungsachse zugewendete oder mit ihr einen Winkel von 90° bildende Keimscheibe einwirken läßt.

Daraus glaube ich nun den Schluß ziehen zu müssen, daß die normale Lagerung der Hühnereikeimscheibe und die zur Erhaltung derselben dem Ei verliehene Einrichtung dazu dient, den animalen Pol mit seinen jungen, gegen den leisesten Einfluß empfindlichen und in stetem Wachstum und steter Vermehrung begriffenen Zellen dem schädlichen Drucke des Dotters nicht preiszugeben.

Herrn Prof. Dr. E. Godlewski jun. danke ich verbindlichst für die Anregung zu der vorliegenden Arbeit und die gütige Leitung bei der Ausführung derselben.

Aus dem Embryologischen Institut der Jagellonischen Universität in Krakau.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel 61.

Fig. 1. Querschnitt durch den Rumpf eines 48 Stunden alten Hühnerembryos. Spina bifida. Das Ei entwickelte sich in Zwangslage (180° zur normalen Stellung).

Fig. 2. Querschnitt durch die Hirnanlage eines in Zwangslage sich entwickelnden Embryos.

Fig. 3. Querschnitt durch die Hirnanlage eines anderen Embryos bei gleicher Lagerung.

Tafel 62.

Fig. 4. Querschnitt durch den Rumpf eines Embryos, welcher sich in Zwangslage (180°) entwickelte.

Fig. 5. Gänzlich entartete Keimscheibe mit Zellenwucherung.

Fig. 6. Epidermisverdickungen bei Zwangslage.

Fig. 7. Schnitt durch eine entartete Keimscheibe bei erhöhter Druckwirkung
vermittels der Zentrifugalkraft.

Zeichenerklärung.

Ch.— Chorda dorsalis

D. — Darmanlage

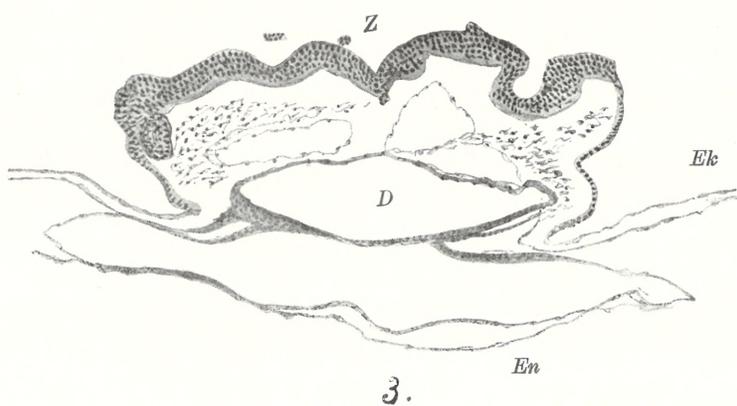
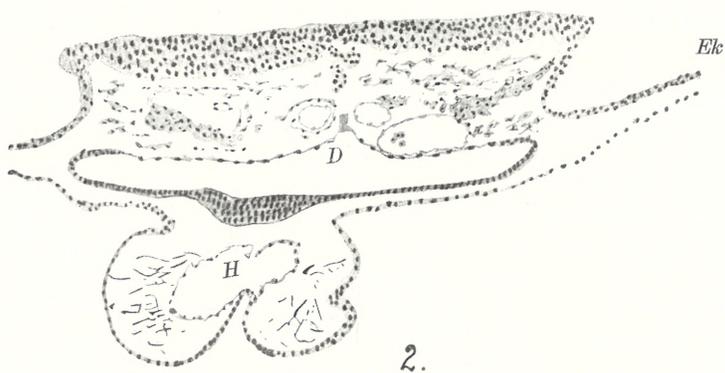
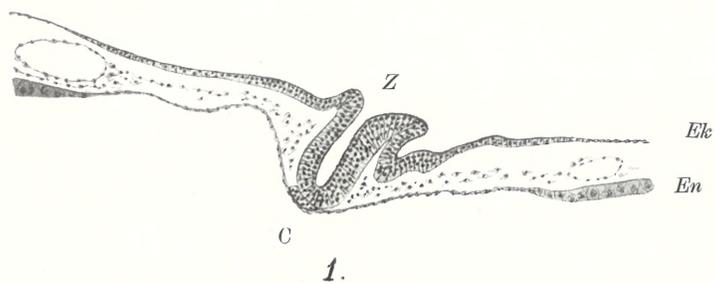
Ek.— Ektoderm

En.— Entoderm

H. — Herz

Z. — Zentralnervensystem.





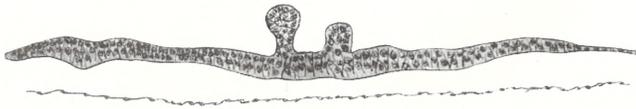
Ch. Hessek.



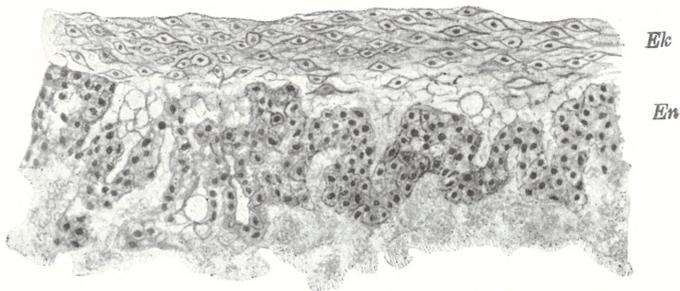
4.



5.



6.



7.

Ch. Hessek.

Nowe gatunki chrząszczy z Wysp Balearskich. — Neue Käferarten von den Balearen.

Note

de M. S. **TENENBAUM**,

présentée, dans la séance du 6 Juillet, par M. H. Hoyer m. c.

(Planches 63 et 64).

Während meines viermonatlichen Aufenthaltes auf den Balearen im Sommer 1913 habe ich die Inselfauna, und zwar hauptsächlich die der Coleopteren studiert. Insgesamt habe ich zirka ein Tausend Käferarten gesammelt und unter diesen einige neue Formen gefunden, die ich weiter unten beschreibe.

Alle neue Formen habe ich zur Verifikation an Herrn Kais. Rat E. Reitter in Paskau in Mähren eingesandt und dieser bestätigte mir, daß diese Formen noch nicht beschrieben worden sind.

Dendarus Hildti n. sp.

Taf. 63, Fig. 1.

Länglich-oval. Der fast viereckige Kopf ist vorn tief ausgerandet mit breit abgerundeten Vorderecken. Die Entfernung der Fühler von den Augen beträgt fast die Hälfte der Entfernung der Augen voneinander. Die Augen liegen seitlich am Kopf in einer Grube, welche sich vorn verflacht und medial und hinten von einem deutlichen Rande begrenzt wird. Der Halsschild an den Seiten mäßig gerundet, vor den Hinterecken schwach ausgeschweift; seine Vorderecken etwas spitzwinkelig, die Scheibe in der hinteren Hälfte mit einer schwachen Längsfurche. Kopf und Halsschild fast gleichmäßig dicht, nicht stark punktiert, die Punkte gegen den Seitenrand des Halsschildes und besonders gegen die Hinterecken stär-

ker. Sowohl an den Seiten als hinten und vorn ist der Halsschild erhaben gerandet, der Rand hinten breiter als an den Seiten, vorn in der Mitte breit unterbrochen. Die Flügeldecken eiförmig mit fast rechtwinkligen, abgerundeten Schultern, mäßig konvex, etwa von $\frac{2}{3}$ der Länge an nach hinten ziemlich stark abfallend, mit 9 grob und scharf punktierten Streifen, zwischen den Streifen viel dichter und feiner als der Halsschild punktiert; von den Zwischenräumen der Streifen verbindet sich der erste mit dem Außenrande der Flügeldecken, der dritte mit dem siebenten, der vierte mit dem sechsten Zwischenraume, der zweite und der fünfte enden frei; der erste Zwischenraum fast flach, die folgenden stufenweise mehr gewölbt, der neunte rippenartig erhaben. Bei dem Männchen sämtliche Schienen etwas eingebogen, und zwar die 1. und 3. etwas stärker als die 2., diejenigen des 3. Beinpaares an der Innenseite unmittelbar über dem Tarsalgelenk und bedeutend höher hinauf mit je einem stumpfen, senkrecht nach innen gerichteten Stachel versehen. Bei dem Weibchen sind die Vorderschienen nur schwach gekrümmt, die übrigen fast gerade.

Die Farbe dunkel schwarzbraun, der Halsschild pechschwarz, die Mundteile, Fühler und Beine mehr rostrot. Der Körper nackt, nur die Fühler, Taster, die Oberlippe und teilweise auch die Schienen mit kleinen, goldigen Härchen dicht bedeckt.

Die Länge beträgt 9—10 mm, die Breite des Halsschildes 4 mm, der Flügeldecken 4·5 mm.

Fundort: Cabrera; einige Stücke wurden im Juni unter Steinen und auf Brachfeldern gesammelt.

Diese Art widme ich Herrn Ludwig Hildt, dem unermüdlchen Forscher der polnischen Coleopterenfauna.

Dendarus melas n. sp.

Taf. 63, Fig. 2.

Der Kopf ist vorn stark abgerundet, hinter den Augen bedeutend und stärker als bei *D. Hildti* verbreitert. Die Vorderecken des fein und dicht punktierten Halsschildes vorspringend, aber nicht scharf zugespitzt; seine Seiten und die Basis, bis auf den Raum vor dem Schildchen, gerandet. Die Flügeldecken oval mit fast parallelen Seiten; die Schultern deutlich winkelig. Die Streifung der Flügeldecken deutlicher als bei der vorhergehenden Art,

sonst ähnlich, die Zwischenräume etwas flacher, von dem fünften angefangen stufenweise stärker gewölbt, der siebente am stärksten, rippenartig hervorragend. Die Flügeldecken ebenso stark wie der Halsschild punktiert, vorne mehr abgeflacht und hinten schwächer abfallend als bei *D. Hildti*. Die Schienen des 1. und 2. Beinpaares etwas gebogen, diejenigen des 3. Beinpaares fast gerade, bei dem Männchen ohne Auszeichnung.

Die Farbe dunkler und der Glanz schwächer als bei der vorhergehenden Art.

Länge 9·5—11 mm, Breite des Halsschildes und der Flügeldecken 4·5 mm.

Fundort: Cabrera; am 2. VI. einige Stücke auf Anhöhen im inneren Teil der Insel unter Steinen.

Dendarus cabrerensis n. sp.

Taf. 63, Fig. 3.

Der vorigen Art sehr ähnlich, von derselben durch breitere Gestalt, seichter punktierte Flügeldecken mit flacheren Zwischenräumen der Streifen, abweichenden Bau der Hinterschienen bei dem Männchen, dunklere Färbung und schwächeren Glanz verschieden.

Der Kopf grob, aber seicht punktiert, vorn deutlich ausgerandet, nach hinten bis an die Augen bedeutend verbreitert, hinter den Augen deutlich verschmälert. Der Halsschild deutlicher und gleichmäßiger, aber sparsamer punktiert als der Kopf, an den Seiten gerundet, nach vorn verschmälert, beim Männchen breiter als die Flügeldecken, in den Hinterwinkeln mit einem starken, seitlich von einer schmalen, aber deutlichen Falte begrenzten Eindruck; die Basis des Halsschildes mit Ausnahme des Raumes vor dem Schildchen gerandet. Die Flügeldecken mit rechtwinkligen Schultern und parallelen Seitenrändern; ihre Streifen, neun an der Zahl, in ihrer ganzen Länge nahezu gleichmäßig punktiert, nehmen nahezu die ganze Länge der Flügeldecken ein; die fünf ersten Zwischenräume der Streifen schwach gewölbt, die folgenden rippenartig erhaben. Die Schienen des 1. und des 2. Beinpaares bei dem Männchen etwas gebogen, die letzteren schwächer als die ersteren; die Schienen des 3. Beinpaares bei dem ♀ ganz gerade, bei dem ♂ auf der Innenseite am Ende des ersten Drittels beulenartig ver-

dickt. Alle Schienen am Ende auf der Innenseite mit zwei kurzen, einander genäherten Stacheln versehen.

Die Farbe pechschwarz, die Beine rostfarben, die Tarsen am hellsten.

Länge (10—) 12·5 mm, Breite 5 mm.

Fundort: Cabrera, 2.—4. VI. Etliche Stücke unter Steinen und auf Brachfeldern.

Scaurus Eleonorae n. sp.

Taf. 64, Fig. 1.

Die Seitenränder des vorderen Kopfteiles sind aufgebogen. Die Stirn ist mit drei Erhöhungen versehen, von denen die mittlere eine herzförmige Beule bildet; die beiden seitlichen, rippenförmigen, grenzen die Augen von der Stirn ab. Der ganze Kopf ist oben rauh. Der Prothorax dicht und ziemlich grob, auf der Unterseite tiefer als oben punktiert. Auf den Flügeldecken, deren Naht nach hinten zu immer höher wird, verlaufen in ihrer ganzen Länge drei flache Rippen, von denen die erste am schwächsten, die zweite am stärksten ist. Zwischen den Rippen verlaufen je vier ziemlich deutliche, dicht punktierte, vorn und hinten etwas unregelmäßige und verworrene Streifen. Die sehr breiten, nach unten umgebogenen Seitenteile der Flügeldecken sind mit sechs solchen Punktstreifen und mit zwei kantigen, die ganze Länge der Flügeldecken einnehmenden Rippen versehen. Die Schenkel und Schienen ebenso wie der Halsschild punktiert; die Vorderschienen stark gebogen.

Die Farbe ist tiefschwarz, doch erscheint das Tier grau, da alle Vertiefungen voll Erdstaub sind.

Länge 12—14 mm, Breite des Halsschildes 5—6, der Flügeldecken 6—7·5 mm.

Fundort: Mallorca. Sechs Stück unter Steinen im Mai—Juni in der Umgebung von Palma.

Scaurus vicinus var. *balearicus* nov. var.

Taf. 64, Fig. 2.

Der Kopf ist auf der Stirn mit einer deutlichen, länglichen Beule versehen, dahinter plötzlich eingedrückt; auf dem Scheitel befindet sich eine abgeflachte Beule. Der Halsschild seicht zerstreut

punktiert und gegen die Ränder hin immer deutlicher gekörnt; seine Mittelfurche vorn undeutlich, nach hinten zu immer tiefer; auf jeder Seite des Halsschildes befindet sich in der Mitte seiner Länge eine runde oder längliche, nach vorn und außen verlaufende Vertiefung. Die Naht der Flügeldecken wird nach hinten immer höher. Von den drei Rippenpaaren der Flügeldecken beginnt das erste hinter dem zweiten Drittel der Länge und erhebt sich nach hinten immer mehr; die beiden übrigen Paare sind sehr deutlich und durchziehen die Flügeldecken in ihrer ganzen Länge. In den Zwischenräumen der Rippen und zwischen der Naht und der 1. Rippe befinden sich je vier sehr feine, kaum sichtbare Punktstreifen; zwischen der 3. Rippe und dem Außenrande liegen noch sechs ähnliche, jedoch deutlicher punktierte Streifen.

Die Farbe rein schwarz; die Körperoberfläche fast glanzlos.

Länge 15—18 mm, Breite des Halsschildes 6·5—8, der Flügeldecken 8—10 mm.

Fundort: Mallorca und Iviza. Etliche Exemplare unter Steinen in der Umgebung von Palma im Mai—Juni, ein Exemplar im Juni in Santa Eulalia auf Iviza.

Helops (Nesotes) viridicollis var. *rugipennis* nov. var.

Taf. 64, Fig. 3.

♀ Bei dieser Varietät sind der Kopf und der Halsschild tiefer als bei der typischen Form punktiert. Die Flügeldecken in ihrer ganzen Länge mit acht nach hinten zu und gegen den Seitenrand tiefer werdenden, deutlich punktierten Streifen und einem ganz kurzen und am schwächsten punktierten Nahtstreifen; die Zwischenräume kaum sichtbar und zerstreut punktiert, neben den Streifen an vielen Stellen gerunzelt, der erste und zweite fast flach, die folgenden stufenweise immer höher. Die Schenkel und Schienen gröber punktiert als bei der typischen Form.

Auf der Scheibe des Halsschildes befinden sich bei dem beschriebenen Exemplar sechs in einiger Entfernung voneinander symmetrisch und paarweise angeordnete Grübchen.

Die Farbe ist die gleiche wie bei der typischen Form, nur mehr metallisch glänzend.

Länge 12·5 mm, Breite des Halsschildes 4·5, der Flügeldecken 6 mm.

Das Männchen ist mir unbekannt.

Fundort: Pollensa auf Mallorca, 14. VII.

Kytorrhinus Hoyeri n. sp.

Taf. 64, Fig. 4.

Der Körper ist länglich. Der Kopf hinter den Augen stark verengt, dem Prothorax halsförmig eingefügt. Die Augen stark hervorragend, mit einer deutlichen, schräg nach unten und außen verlaufenden Furche. Die Fühler dicht an den Augen eingefügt. Der Kopf fein und dicht, der Halsschild viel stärker und weniger dicht punktiert. Der Halsschild hinten bis über die Mitte hinaus mit fast parallelen Seitenrändern, im Vorderteil stark verschmälert, vorn nicht einmal halb so breit als hinten; seine Hinterecken nach außen hervorragend, der Hinterrand etwas konvex. Die Schultern gut sichtbar, beulenförmig vorgewölbt. Die Flügeldecken hinter den Schultern bedeutend erweitert, hinten verkürzt und abgerundet, kaum $\frac{2}{3}$ des Hinterleibes bedeckend, mit 9 deutlichen Streifen; die Zwischenräume der Streifen ganz flach, unregelmäßig und sehr fein punktiert. Das Pygidium sehr lang, stumpf endigend. Das erste Glied aller Tarsen länger als die drei folgenden, das dritte am kürzesten, gabelförmig.

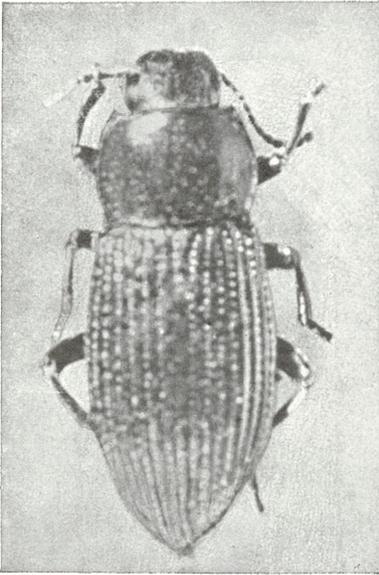
Die Unterseite des Körpers dicht mit kurzen, fahlen Härchen bedeckt; das Pygidium und die Flügeldecken spärlicher und länger, die Seiten des Halsschildes viel dichter als seine Scheibe behaart; auf dem letzteren bilden fahle Härchen einen schmalen Mittelstreifen; auf dem Pygidium befindet sich eine deutliche, aus Härchen bestehende Linie.

Die Farbe rostig-fahl, der Kopf vorne schwarz, an den Augen braun, der Vorderrand des Halsschildes, die Unterseite des Prothorax, das Meso- und Metasternum braun, die Hinterränder der Bauchringe und die Spitze des Pygidiums ebenso gefärbt; das Schildchen und die Naht der Flügeldecken von dunklerer brauner Farbe.

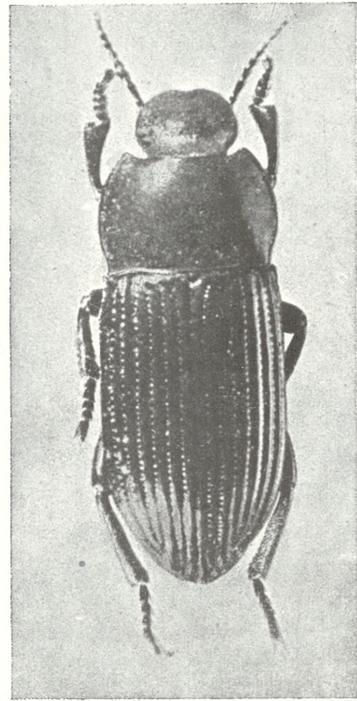
Länge 3·5—5 mm.

Fundort: Mallorca: Palma 29. V., Son Sardina 11. VI., Albufera 15. VII., Marratxi 21. VII.

Diese Art widme ich meinem hochverehrten Lehrer, Prof. Dr. H. Hoyer.



1.

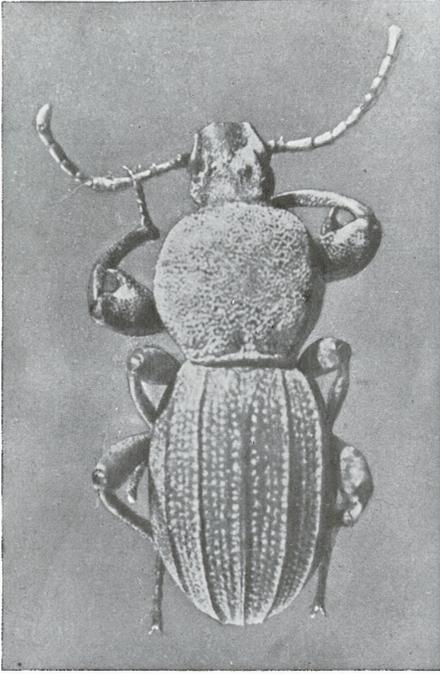


2.

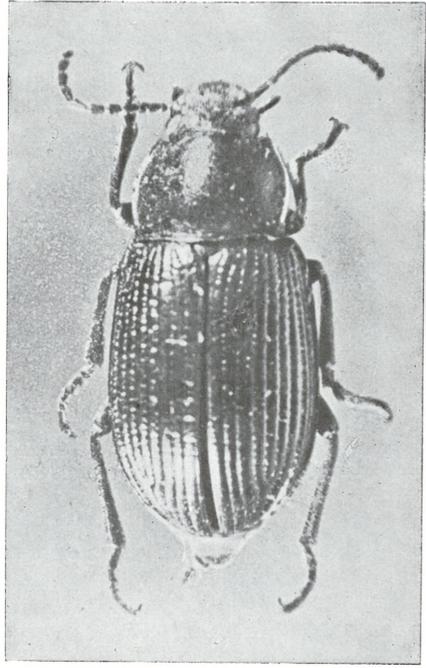


3.

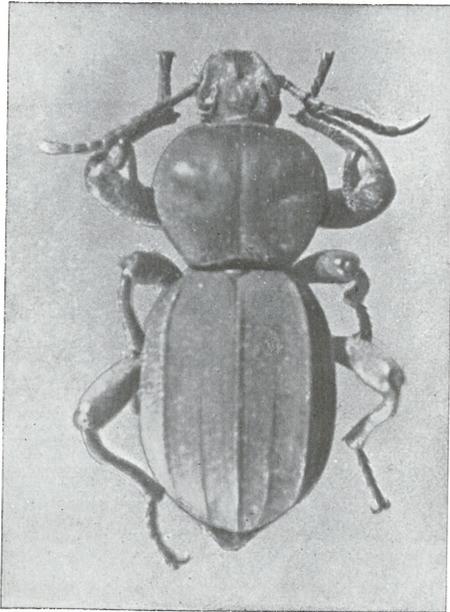
S. Tenenbaum.



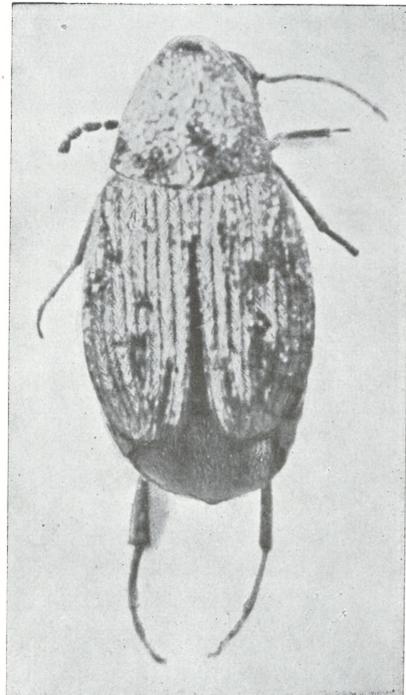
1.



3.



2.



4.

S. Tenenbaum.

Erklärung der Tafeln.

Taf. 63.

1. *Dendarus Hildti* n. sp.
2. *Dendarus melas* n. sp.
3. *Dendarus cabrerensis* n. sp.

Taf. 64.

1. *Scaurus Eleonorae* n. sp.
2. *Scaurus vicinus* var. *balearicus* n. var.
3. *Helops (Nesotes) viridicollis* var. *rugipennis* n. var.
4. *Kytorrhinus Hoyeri* n. sp.

Aus dem Institut für vergleichende Anatomie der Jagellonischen Universität in Krakau.

Odporność i wrażliwość nasion na oziębianie. — Über die Kälteresistenz und den Kältetod der Samen.

Mémoire

de M^{me} *El. ESTREICHER*,

présenté, dans la séance du 26 Octobre 1914, par M. E. Godlewski père, m. t.

Die Frage nach der Widerstandsfähigkeit der Samen und anderer Pflanzenteile gegen tiefe Temperaturen wurde schon in der ersten Hälfte des XIX. Jahrhunderts erörtert. Bis in die achtziger Jahre mußte man sich allerdings mit relativ geringen Kältegraden begnügen (-18° , -35° bis -110°). Seitdem es aber gelungen war, auch die refraktärsten Gase zu verflüssigen, und man hiermit auch die Mittel zu einer viel intensiveren Abkühlung gewonnen hatte, wurde es möglich, im Jahre 1883 durch Verflüssigung der Luft zirka -190° und durch Verflüssigung des Wasserstoffs im Jahre 1898 sogar die Temperatur -252° bis -260° zu erreichen.

Der Einfluß mäßiger Kältegrade (bis etwa -100°) auf verschiedene Samen wurde schon seit dem ersten Viertel des XIX. Jahrhunderts untersucht; es wären hier zu nennen die Arbeiten von Edwards und Colin¹⁾, Elie Wartmann²⁾, Haberlandt³⁾ und besonders von C. de Candolle und R. Pictet⁴⁾. Im großen und ganzen zeigten die bei diesen Untersuchungen gesammelten Erfahrungen, daß die Abkühlung in der Regel auf die Keimfähigkeit der Samen ohne Einfluß blieb.

Versuche mit extrem tiefen Temperaturen (etwa -200° und

¹⁾ Edwards u. Colin, Ann. sc. nat. [2], 1, 262 (1832).

²⁾ Elie Wartmann, Arch. sc. ph. nat. Genève. 8, 277 (1860); 5, 340 (1881).

³⁾ Haberlandt, Landwirtsch. Vers.-Stat. 21 (1878).

⁴⁾ C. de Candolle u. R. Pictet, Arch. sc. ph. nat. Genève. 2, 354 und 629 (1879); 11, 325 (1884); 33, 497 (1895).

tiefer) wurden erst in den letzten Jahren des vorigen Jahrhunderts ausgeführt.

Nach der ersten Verflüssigung der Luft verfügte man nur selten über größere Mengen dieser kostspieligen Flüssigkeit, so daß Abkühlungsversuche mit Samen, welche bedeutendere Quantitäten des Kühlmittels erforderten, in größerem Maßstabe erst nach 1895, d. i. erst nach der Erfindung des Gegenstromverfahrens ausgeführt werden konnten.

Das erste Experiment mit flüssiger Luft (oder vielmehr mit flüssigem Sauerstoff) als Kühlmittel wurde von Mc Kendrick ¹⁾ ausgeführt, und zwar mit Sporen einiger Mikroorganismen sowie mit Samen. Bei den Keimversuchen konnte kein schädigender Einfluß der Abkühlung nachgewiesen werden. Auch die im nächstfolgenden Jahre von Pictet ²⁾ mittels flüssiger Luft abgekühlten 35 Samenarten ergaben ohne Ausnahme negative Resultate: die Samen keimten und entwickelten sich zu normalen Pflanzen. Von H. Brown und F. Escombe ³⁾ wurden 12 Samenarten 110 Stunden lang in Glasröhren in flüssiger Luft gehalten und nach dem Auftauen ausgesät. Die Zahl der erhaltenen Keime und der sich entwickelnden Pflanzen wies keinerlei nennenswerte Unterschiede mit den zu gleicher Zeit ausgesäten normalen Samen auf.

Einige Jahre später führte Thiselton Dyer ⁴⁾ Versuche mit mehreren Samen aus, die sich voneinander sowohl durch den Stickstoffgehalt als auch durch Form und Volumen unterschieden. Ein Teil der Samen wurde, in evakuierten Röhren verschlossen, zunächst in flüssige Luft und nachher in flüssigen Wasserstoff für 1 Stunde getaucht. Die Aussaat ergab reichliche Keimung. Ein anderer Teil der gleichen Samen gelangte direkt, ohne Glasröhren, in flüssigen Wasserstoff, verblieb darin 6 Stunden lang, und es wurde ebenso wenig eine Schwächung der Keimkraft bemerkt.

Die zahlreichen von Allan Macfadyen ⁵⁾ und Sydney

¹⁾ Mc Kendrick. Angeführt von Dewar in seinem Vortrage über die magnetischen Eigenschaften des flüssigen Sauerstoffs. Roy. Inst. Proc. 13, 699 (1892) und Chem. News 67, 21 (1893).

²⁾ Pictet, Ann. sc. ph. nat. 30, 294 (1893).

³⁾ H. Brown u. F. Escombe, Proc. Roy. Soc. 62, 160 (1897).

⁴⁾ Thiselton Dyer, Proc. Roy. Soc. 65, 362 (1899).

⁵⁾ Macfadyen, Proc. Roy. Soc. 66, 180 (1900).

Rowland¹⁾ mit flüssiger Luft als Kühlmittel durchgeführten Untersuchungen beschränkten sich ausschließlich auf Mikroorganismen.

Im Jahre 1901 brachte Selby²⁾ Samen verschiedener Pflanzen für 6 bis 12 Stunden in flüssige Luft, bald direkt aus der Zimmertemperatur, bald nach allmählicher Abkühlung; wesentliche Unterschiede im Verhalten der untersuchten Samen im Vergleich mit den normalen waren nicht festzustellen.

Ausführlich befaßte sich mit der uns interessierenden Frage P. Becquerel³⁾. Die zu den Experimenten gewählten Samen wurden in vier Gruppen eingeteilt. Die der ersten Gruppe befanden sich im natürlichen Trockenheitszustande; von den Samen der zweiten Gruppe wurde die Schale entfernt; die dritte Gruppe war durch Erwärmen im Vakuum über Baryumhydroxyd bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und die vierte vor dem Abkühlen 12 Stunden lang in Wasser gequellt. Die so vorbehandelten Samen kamen während 130 Stunden in die Temperatur der flüssigen Luft und gelangten, nachdem das Kältebad sich verflüchtigt hatte, zur Aussaat. Von der ersten Gruppe keimten die meisten Samen ganz normal mit Ausnahme der wasserreicheren, welche erfroren; vereinzelte Keime ergaben auch die Samen der zweiten Gruppe; dagegen erwiesen sich sämtliche von den künstlich getrockneten Samen als lebensfähig, während von den gequellten Samen alle zugrunde gingen.

Einige Jahre später dehnte der genannte Forscher⁴⁾ seine Versuche weiter aus, indem er drei Samenarten zunächst 3 Monate lang mittels flüssiger Luft und darauf noch 77 Stunden lang in flüssigem Wasserstoff abkühlte. Trotz dieser langen und sehr weitgehenden Abkühlung blieben die Samen am Leben und keimten alle normal.

Diese wenigen Arbeiten mögen zur allgemeinen Orientierung in der uns hier angehenden Frage genügen. Es sei nur noch bemerkt, daß die besprochenen Autoren ihre Experimente in verschiedener Weise zu erklären suchen. So glauben z. B. Pictet, Brown & Escombe und Selby den schädlichen, eventuell tödlichen Ein-

¹⁾ Macfadyen u. Rowland, Proc. Roy. Soc. 66, 339 u. 488 (1900); Zentralbl. f. Bakt. 30, 753 (1901).

²⁾ Selby, Bull. Torrey Botan.-Club, New York, 675 (1901).

³⁾ P. Becquerel, C. R. 140, 1652 (1905).

⁴⁾ P. Becquerel, ebenda 148, 1052-54 (1909).

fluß der Abkühlung in der Dauer derselben erblicken zu müssen; im Gegensatz dazu suchte Thiselton Dyer im Volumen oder im verschiedenen Stickstoffgehalt einen Anhaltspunkt für das Verhalten der Samen. Eine noch andere Meinung vertritt Becquerel, der die Dicke der Samenschale und den Gehalt an Wasser für die größere oder geringere Widerstandsfähigkeit verantwortlich macht. In der Tat ergibt sich aus seinen Versuchen, daß die gequollenen Samen zugrunde gingen und daß auch die nicht gequollenen, aber wasserreicheren sich als weniger widerstandsfähig erwiesen, während die ganz trockenen Samen die Abkühlung ohne Schaden ertrugen. Es muß also der Wassergehalt bei der Widerstandsfähigkeit der Samen eine bedeutende Rolle spielen.

Mit diesen Resultaten Becquerel's ist jedoch die uns beschäftigende Frage noch keineswegs erschöpft. Einmal ist das untersuchte Samenmaterial noch viel zu bescheiden, als daß sich daraus schon jetzt allgemeine Schlüsse ableiten ließen, sondern es erscheint eine Ausdehnung der Untersuchungen auf weitere Familien und zahlreichere Vertreter derselben geboten. Auch muß man hiebei nicht allein den Wassergehalt und die chemische Zusammensetzung überhaupt ins Auge fassen, sondern es sind der Standort und die Herkunft (Land-, Wasserpflanzen, Warm-, Kalthausflanzen) sowie auch die Dauer der Abkühlung und andere Momente zu beachten.

Zu meinen Versuchen wurden vor allem Samen einjähriger Landpflanzen gewählt und die meisten Experimente erstreckten sich auf Vertreter folgender Familien: *Papilionaceae*, *Linaceae*, *Cucurbitaceae*, *Gramineae*, *Cruciferae*, *Chenopodiaceae*, *Euphorbiaceae* und *Compositae*. Außerdem wurden von Warmhauspflanzen die Samen von *Naegelia zebrina*, *Mimosa pudica* und *Nymphaea coerulea* untersucht, sowie der nach Molisch ¹⁾ gegen Kälte besonders empfindlichen Pflanzen: *Tradescantia discolor*, *Coleus hybridus*, *Lobelia erinus*, *Eranthemum longifolium*. — Von Samen der Wasserpflanzen kamen in Betracht: *Hottonia palustris*, *Nymphaea coerulea*, *Nymphaea alba*, *Caltha palustris* und *Oryza sativa*.

Die Samen der soeben genannten Arten unterscheiden sich von-

¹⁾ Molisch, Untersuchungen über das Erfrieren der Pflanzen. Jena (1897) Verl. von G. Fischer. — Der Autor gibt an, daß diese, tropischen oder wärmeren Klimaten angehörenden Pflanzen schon bei einer Temperatur von 1·4° bis 3·7° bei Abschluß der Transpiration geschädigt wurden. Die Frage lag nahe, ob auch die Samen dieser Pflanzen die tiefen Kältegrade nur schwer ertragen würden.

einander vor allem durch Größe, anatomischen Bau der Testa und chemische Zusammensetzung. Die Dimensionen des gewählten Materials schwankten in folgenden Grenzen:

	Minim.		Maxim.
Länge	0·38 mm	(<i>Naegelia zebrina</i>)	27·1 mm (<i>Vicia faba</i>)
Breite	0·16	" " "	24·9 " " "
Dicke	0·5	(<i>Eranthemum longifolium</i>)	8·3 " " "

Die Größe der Samen ist für den Abkühlungsvorgang nicht ganz gleichgültig. Kleine Samen werden, besonders wenn man sie direkt in das Kältebad (etwa flüssige Luft) eintaucht, beinahe augenblicklich in ihrer ganzen Masse durchgekühlt, wobei sie sich gleichmäßig zusammenziehen; große Samen dagegen haben in der äußeren Schicht bereits die niedrige Temperatur angenommen, während ihr Inneres noch wärmer ist. Dies muß in den Geweben zuweilen bedeutende Spannungen hervorrufen, die von Einfluß auf die Integrität der Testa sein können.

Der anatomische Bau der Samenschale kann für unsere Frage gleichfalls von Bedeutung sein, besonders wenn es sich um Widerstandsfähigkeit der Samen handelt, welche vor der Abkühlung mit Wasser in Berührung gekommen waren, und zwar schon aus diesem Grunde, weil dieser Bau in hohem Grade die Aufnahme des Wassers, also auch die Quellung der Samen beeinflusst. Auf eine Besprechung der anatomischen Verhältnisse will ich jedoch hier nicht näher eingehen; diese sollen jeweils, soweit nötig, bei den nachfolgenden Versuchen angeführt werden.

Versuchsmethode.

Als Kühlmittel verwendete ich meistens flüssige Luft. Nur in wenigen Fällen kam die Temperatur kalter Winternächte zur Anwendung.

Die Samen wurden entweder in lufttrockenem Zustande oder nach künstlichem Trocknen im Vakuum oder schließlich angefeuchtet, eventuell gequollen untersucht.

Bei der Abkühlung mit flüssiger Luft mußte dafür Sorge getragen werden, daß die Versuche möglichst lange, ja sogar monatelang, ohne Unterbrechung fort dauern könnten. Zu diesem Zwecke wurden geräumige Dewar'sche Gefäße von 3 l Inhalt als Kühlungs-

raum verwendet. — Die Samen kamen in Glasröhren von 3—8 mm Weite, von denen ein Teil dann sofort luftdicht zugeschmolzen wurde, während in den übrigen die flüssige Luft durch kleine, an beiden Enden gelassene Öffnungen direkten Zutritt zu den Samen hatte.

Die während des Versuchs verflüchtigte Menge flüssiger Luft wurde von Zeit zu Zeit durch frische Flüssigkeit ersetzt; den Gang des Verdampfens überwachte ich durch systematisches Abwägen des Kolbens. Das Kühlgefäß befand sich ständig im Maschinenraum, was das Nachfüllen des Kolbens erleichterte.

Nach Ablauf der für den Versuch bestimmten Zeit wurden die Glasröhren mit den Samen herausgenommen und in den meisten Fällen in ein Zimmer von gewöhnlicher Temperatur gebracht. Am nächsten Tage erfolgte das Öffnen des Rohres und die Aussaat der Samen. Diese brachte ich zum Auskeimen auf mehreren Lagen feuchten Filtrierpapiers, das in einer Glasdose über ein Aluminiumgestell gespannt war. Die Dose enthielt auf dem Boden destilliertes Wasser und wurde, nachdem ein Glasdeckel darüber gestürzt wurde, in den Thermostaten gestellt, durch dessen Glastür in der Regel ein stark gedämpftes Licht eindrang.

Die jeweils angestellten Kontrollversuche mit nicht abgekühlten Samen sind in den Tabellen in der Rubrik „normale Keimfähigkeit“ eingetragen. Die Anzahl der untersuchten Samen ist in Klammern neben der Keimprozentzahl angegeben.

Versuche mit trockenen Samen.

1. Versuchsreihe (Januar 1911).

In der ersten Versuchsreihe handelte es sich weniger um Erlangung maßgebender Resultate, als vielmehr vorerst um allgemeine Orientierung über den Einfluß der Dimension und der chemischen Zusammensetzung auf die Widerstandsfähigkeit der Samen. Die Untersuchung erstreckte sich auf: *Sinapis alba*, *Linum usitatissimum Rigense*, *Soja hispida bruna*, *Soja hispida nigra*, *Helianthus annuus*, *Vicia grandiflora*, *Phaseolus vulgaris*, *Matricaria Chamomilla* und *Chenopodium scoparium*. Diese Samen weisen besondere Unterschiede auf, und zwar sowohl hinsichtlich ihrer Ausmaße als auch der Beschaffenheit ihres Reservematerials, da einige wie *Sinapis*,

Linum, *Helianthus* ausgeprägte Fettsamen, andere dagegen wie *Phaseolus* und *Vicia* Stärkesamen sind.

Jede Samenart wurde in zwei Gruppen eingeteilt, von denen eine in ganz zugeschmolzenen, die andere in mit zwei Öffnungen versehenen Glasröhren in flüssige Luft getaucht wurde. Bei dem letzteren Verfahren war auch die Abkühlung nach Möglichkeit beschleunigt.

Die Samen verweilten zirka 11 Tage (262 Stunden) in flüssiger Luft und verblieben dann noch zwei Tage in demselben Gefäß, damit sie sich allmählich erwärmen. Die Abkühlung hatte, wie Tabelle I zeigt, in mehreren Fällen eher eine Steigerung als eine Verminderung der Keimkraft zur Folge; nur *Chenopodium scoparium* scheint stark gelitten zu haben.

TABELLE I.

Name der Samen	Keimfähigkeit		
	Normal	Abgekühlt	
		I. Gruppe	II. Gruppe
<i>Sinapis alba</i>	80 (30)	95 (30)	90 (30)
<i>Linum usitatissimum</i> Rigense . .	45 (30)	65 (30)	65 (30)
Soja hispida bruna	95 (15)	55 (30)	55 (30)
„ „ nigra	100 (15)	80 (30)	85 (30)
<i>Helianthus annuus</i>	60 (10)	50 (10)	60 (20)
<i>Vicia grandiflora</i>	80 (30)	75 (30)	85 (35)
<i>Phaseolus vulgaris</i>	60 (10)	100 (10)	90 (10)
<i>Matricaria Chamomilla</i>	90 (50)	80 (50)	60 (50)
<i>Chenopodium scoparium</i>	75 (30)	35 (30)	10 (30)

Da sich die Samen von *Phaseolus vulgaris*, also die fettärmsten und größten, und diejenigen von *Sinapis alba*, die zu den kleinsten gehören und am fettreichsten sind, in identischer Weise verhalten, so darf man daraus schließen, daß weder die Größe noch die Beschaffenheit des Reservematerials einen Unterschied im Verhalten bedingen.

Auch die direkte Berührung mit der flüssigen Luft ergab kein anderes Resultat.

2. Versuchsreihe (März 1911).

In der zweiten Versuchsreihe ließ ich die flüssige Luft bedeutend länger — 130 Tage — auf dieselben Samenarten einwirken. Die Samen wurden in 3 Gruppen eingeteilt. Die erste kam in Glasröhren, die oben und unten eine Öffnung hatten, zur Untersuchung; die zweite Gruppe gelangte in gleiche, aber dünnere Röhren, welche ich in weitere Röhren einschloß, die Phosphorpenoxyd enthielten und vor dem Zerschmelzen mit der Quecksilberpumpe sorgfältig evakuiert worden waren. Die dritte Gruppe wurde ganz gleich behandelt, nur fehlte hier das Phosphorpenoxyd; auch hier wurde mit der Luftpumpe das höchste erreichbare Vakuum erzeugt.

Die Abkühlung dauerte 4 Monate, doch ist zu bemerken, daß ungefähr in der Mitte der Versuchszeit das Nachfüllen einmal nicht zeitig genug erfolgte, so daß die Samen während $1\frac{1}{2}$ —2 Tage zwar in recht tiefer Temperatur sich befanden, die aber wahrscheinlich mit der Temperatur der flüssigen Luft doch nicht identisch war.

Die Aussaat erfolgte im Keimapparat bei einer Temperatur von 22—26°.

TABELLE II.

Name der Samen	Keimfähigkeit			
	Normal	Abgekühlt		
		I. Gruppe	II. Gruppe	III. Gruppe
<i>Sinapis alba</i>	80 (30)	100 (20)	90 (20)	80 (20)
<i>Linum usitatissimum</i> Rigense . . .	45 (30)	85 (20)	80 (20)	60 (20)
<i>Soja hispida</i> bruna	95 (15)	80 (10)	80 (10)	80 (20)
" " nigra	100 (15)	72 (20)	100 (10)	80 (10)
<i>Helianthus annuus</i>	60 (10)	40 (10)	40 (10)	90 (10)
<i>Vicia grandiflora</i>	80 (30)	70 (10)	87 (15)	65 (20)
<i>Phaseolus vulgaris</i>	60 (10)	38 (8)	12 (8)	40 (10)
<i>Matricaria Chamomilla</i>	90 (50)	80 (100)	67 (130)	60 (135)
<i>Chenopodium scoparium</i>	75 (30)	47 (30)	35 (20)	42 (50)

Aus Tabelle II ist ersichtlich, daß beinahe alle Samen die Abkühlung gut ertragen haben, nur bei *Chenopodium scoparium* und

Phaseolus vulgaris ist eine bedeutende Abnahme der Keimprocente zu bemerken, während besonders bei *Sinapis* und *Linum* die Abkühlung eher günstig gewirkt zu haben scheint. Das Einlegen der Samen in ausgepumpten, mit P_2O_5 getrockneten Raum hat keinen Einfluß auf ihre Resistenz gegen Abkühlung gehabt.

Zum Schluß sei noch kurz das eigenartige Verhalten von *Linum usitatissimum Rigense* angeführt. Aus den Leinsamen der dritten

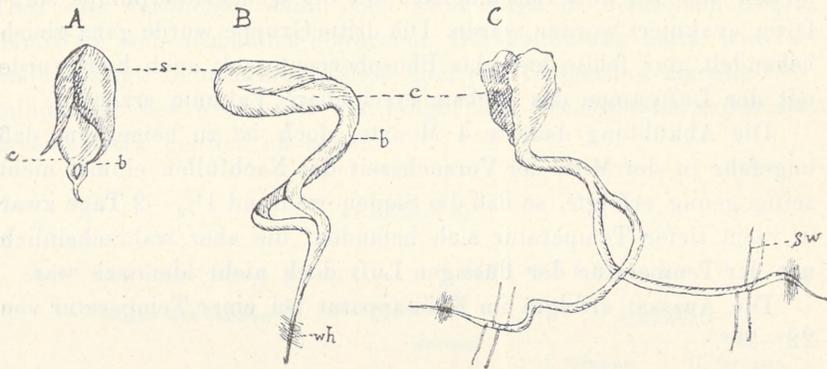


Fig. 1. Spaltung der Wurzel bei *Linum usitatissimum*.

A. Beginn der Spaltung; *s* Samenschale. *c* Kotyledonen. *b* Anfangsstelle der Spaltung.

B. Die Spaltung ist bereits vorgeschritten; *wh*. Wurzelhaare.

C. Vollendete Spaltung der Wurzel; *sw*. Seitenwurzeln.

(Nach der Natur skizziert).

Gruppe entwickelten sich von 10 Keimlingen drei mit einer verzweigten Radicula. Diese teratologische Erscheinung hatte folgenden Verlauf: Am ersten Tage der Keimung erschien das Würzelchen ganz normal, aber schon am zweiten bildete sich in ziemlicher Entfernung von der Wurzelspitze eine Spaltung, die am dritten und vierten Tag immer weiter gegen die Spitze fortschritt, bis sich schließlich auch diese spaltete (vgl. Fig. 1).

Hierauf säte ich 100 nicht vorbehandelte Leinsamen unter den gleichen Bedingungen aus. Von den 70 erhaltenen Keimlingen waren alle ganz normal, was die Annahme nahelegt, daß die Spaltung der Wurzel durch die Abkühlung in irgend welcher Weise bedingt wurde. Durch plötzliche, starke Temperaturänderung können im Sameninneren starke Spannungen entstehen, und es liegt

daher nahe, die abnormale Spaltung auf ähnliche Ursachen zurückzuführen.

3. Versuchsreihe (Februar-April 1912).

Zur dritten Versuchsreihe dienten die folgenden elf Samenarten: *Cucurbita pepo*, *Lupinus luteus*, *Hordeum vulgare*, *Secale cereale annuum*, *Secale cereale hybernum*, *Triticum Polonicum*, *Ervum lens communis*, *Ricinus communis*, *Sinapis nigra*, *Trifolium pratense* und *Ervum lens rubra*.

Die Samen wurden in zwei Gruppen eingeteilt; die erste Gruppe kam in Glasröhren mit Öffnungen an beiden Enden zur Untersuchung. Die Samen der zweiten Gruppe wurden vor der Abkühlung in luftdicht verschlossenen Röhren während eines Monats im Thermostaten auf 32—38° erwärmt. Diese Vorbehandlung bezweckte eine allmähliche Anpassung der Samen an eine höhere Temperatur, nicht aber ein künstliches Austrocknen.

Die beiden Gruppen verweilten drei Monate lang mit zweitägiger Unterbrechung in flüssiger Luft. Aus Tabelle III ist ersichtlich,

TABELLE III.

Name der Samen	Keimfähigkeit		
	Normal	Abgekühlt	
		I. Gruppe	II. Gruppe
<i>Cucurbita pepo</i>	70 (20)	33·3 (20)	55 (20)
<i>Lupinus luteus</i>	12 (17)	77 (28)	76 (25)
<i>Hordeum vulgare hybernum</i> . . .	30 (20)	80 (30)	1)
<i>Secale cereale annuum</i>	80 (20)	100 (50)	1)
<i>Triticum Polonicum</i>	100 (12)	63·3 (30)	42·5 (40)
<i>Ervum lens communis</i>	75 (20)	86·6 (30)	50 (30)
<i>Secale cereale hybernum</i>	100 (15)	80·9 (22)	57·5 (40)
<i>Ricinus communis</i>	50 (18)	46·6 (15)	53·3 (15)
<i>Sinapis nigra</i>	87·5 (40)	20 (100)	26·6 (75)
<i>Trifolium pratense</i>	66·6 (21)	38 (100)	28·5 (98)
<i>Ervum lens rubra</i>	65 (20)	15 (40)	6·6 (30)

1) Es trat plötzlich auf diesen beiden Samenarten ein so starker Schimmel auf, daß die Angabe der Keimprozentage unmöglich ist. Einige Samen haben gekeimt.

daß die Keimprocente der zweiten Gruppe bei fünf Arten kleiner sind als die der ersten. Es könnte dies dahin gedeutet werden, daß die Samen, welche an eine höhere Temperatur gewöhnt wurden, die darauf folgende tiefe Abkühlung weniger gut ertragen. Vielleicht ist aber diese Verminderung der Keimfähigkeit auch nach den Angaben von Filter und Laschke¹⁾ dadurch zu erklären, daß eine längere Einwirkung der Temperatur von 30° die Keimkraft der lufttrockenen, hermetisch verschlossenen Samen zu schwächen vermag. Leider habe ich es versäumt, die Keimfähigkeit der auf 32—38° längere Zeit erwärmten Samen vor ihrer Abkühlung zu prüfen, und es ist mir infolgedessen nicht möglich, mich für die eine oder andere Möglichkeit zu entscheiden. Bei *Lupinus luteus* und *Hordeum vulgare* hat die Abkühlung auf die Keimfähigkeit der Samen in diesem Versuch deutlich fördernd gewirkt, dagegen die Keimfähigkeit von *Sinapis nigra*, *Trifolium pratense* und *Ervum lens rubra* bedeutend geschädigt. Auch in diesem Experiment konnte ein Zusammenhang zwischen der Wirkung der Abkühlung auf die Keimfähigkeit und der Größe sowie der chemischen Zusammensetzung der Samen nicht festgestellt werden.

4. Versuchsreihe (Februar 1913).

Zum vierten Versuche dienten Samen von *Trifolium pratense* und *Trifolium incarnatum*, welche durch eine besonders dicke Testa ausgezeichnet sind.

Die Abkühlung mittels flüssiger Luft dauerte acht Tage; die Röhren waren luftdicht verschlossen. Die Keimprocente sind um mehr als die Hälfte zurückgegangen. Anstatt 66·6 Keimprocente ergab *Trifolium pratense* nach der Abkühlung nur 25 (auf 40 Samen), und *Trifolium incarnatum* statt 48 nur noch 20 (gleichfalls auf 40 Samen). Interessant ist auch ein Vergleich mit der dritten Versuchsreihe, in welcher die Abkühlung drei Monate dauerte (siehe Tab. III). Das Resultat ist für *Trifolium pratense* in beiden Fällen annähernd gleich.

5. Versuchsreihe (Juni 1913).

Da nach den bisherigen Versuchen die Abkühlung mit flüssiger Luft auf einige Trifolien schädigend wirkt, so soll nun im folgen-

¹⁾ Filter u. Laschke, Landwirtsch. Jahrbücher, 30, 759—766 (1909).

den der Einfluß der Abkühlung auf folgende Vertreter geprüft werden: *Trifolium incarnatum*, *Trifolium pratense*, *Trifolium repens*, *Medicago lupulina*, *Medicago sativa*. Die Samen kamen in luftdicht zugeschmolzenen Glasröhren in zwei Gruppen zur Untersuchung, von denen die erste 10 Minuten, die zweite 1 Monat in flüssiger Luft eingetaucht verblieb.

TABELLE IV.

Name der Samen	Keimfähigkeit		
	Normal	Abgekühlt	
		10 Minuten	1 Monat
<i>Trifolium incarnatum</i>	48 (50)	26 (50)	12 (50)
„ <i>pratense</i>	66·6 (25)	16 (50)	10 (50)
„ <i>repens</i>	48 (50)	44 (50)	56 (50)
<i>Medicago lupulina</i>	58 (50)	61·3 (50)	36 (50)
„ <i>sativa</i>	68 (55)	72 (50)	74 (50)

Wie aus Tab. IV ersichtlich ist, scheinen *Trifolium repens* und *Medicago sativa* die Abkühlung im allgemeinen gut zu ertragen, während die drei übrigen Arten durch kurze Abkühlung nur wenig oder gar nicht (*Medicago lupulina*), durch länger andauernde dagegen deutlich geschädigt werden.

6. Versuchsreihe (Mai-Juni 1913).

Die vor zwei Jahren auf ihre Keimkraft schon geprüften, von der gleichen Ernte stammenden Samenarten von: *Sinapis alba*, *Linum usitatissimum Rigense*, *Soja hispida bruna*, *Soja hispida nigra*, *Secale cereale hybernum*, *Secale cereale annuum*, *Hordeum vulgare*, *Sinapis nigra* und *Triticum Polonicum* wurden, luftdicht in Glasröhren eingeschlossen, eine Stunde lang mit flüssiger Luft abgekühlt. Nach entsprechender Erwärmung wurden die geprüften Samen gleichzeitig mit nichtgekühlten ausgesät. In Tab. V sind die erhaltenen Resultate neben den früheren angegeben. Es ist daraus folgendes zu sehen: Nur *Sinapis alba* und *Linum usitatissimum Rigense* verminderten ihre Resistenz gegen Abkühlung mit dem Alter; bei *Soja hispida bruna* verminderte sich sehr stark ihre normale

TABELLE V.

Name der Samen	Keimprozent 1911			Keimprozent 1913	
	Abgekühlt		Normal	Normal	Abgekühlt 1 Stunde
	11 Tage	3 Monate			
<i>Sinapis alba</i>	95 (30)	—	80 (30)	96·6 (40)	50 (40)
<i>Linum usitatiss. Rigense</i> .	65 (30)	—	45 (30)	70 (40)	23·3 (40)
<i>Soja hispida bruna</i>	55 (30)	—	95 (15)	6·66 (30)	10·0 (30)
" " <i>nigra</i>	80 (30)	—	87·5 (40)	93·3 (30)	96·6 (30)
<i>Secale cereale hybernum</i> .	—	80·9 (22)	100 (15)	63·3 (30)	70 (30)
<i>Hordeum vulgare hybernum</i>	—	80 (30)	30 (20)	13·3 (30)	96·6 (30)
<i>Secale cereale annuum</i> . .	—	100 (30)	80 (20)	93·3 (30)	90 (30)
<i>Sinapis nigra</i>	—	20 (100)	87·5 (40)	87·5 (40)	63·3 (40)
<i>Triticum Polonicum</i>	—	63·3 (30)	100 (12)	63·6 (10)	85·5 (10)

Keimungsfähigkeit, wurde jedoch durch Abkühlung nicht nur nicht weiter geschädigt, sondern sogar wieder etwas gesteigert; *Hordeum*, dessen Keimungsfähigkeit mit dem Alter auch stark gelitten hatte, erschien durch Abkühlung wieder vollkommen hergestellt; die übrigen Samen verhielten sich nach zweijähriger Ruhepause ganz wie zuvor.

7. Versuchsreihe (Mai-Juni 1913).

Zur Untersuchung gelangten Samen der bis dahin noch nicht abgekühlten Arten: *Cucumis sativus*, *Linum usitatissimum Erfurter* und *Pisum sativum*. Sie wurden in drei Gruppen eingeteilt, von

TABELLE VI.

Name der Samen	Keimprozent			
	Normal	Abgekühlt		
		1 Stunde	1 Tag	1 Monat
<i>Linum usitatissimum Erfurter</i> . .	72 (30)	52 (40)	48 (50)	42·5 (50)
<i>Cucumis sativus</i>	96·6 (30)	92 (25)	80 (20)	87·5 (40)
<i>Pisum sativum</i>	53·3 (25)	45 (25)	60 (20)	66·6 (20)

denen die erste eine Stunde, die zweite einen Tag, die dritte einen Monat in flüssiger Luft verblieb.

Tabelle VI zeigt, daß die Leinsamen am meisten durch die Abkühlung gelitten haben, und es macht sich bei ihnen auch eine allmähliche, der Dauer der Abkühlung parallel verlaufende Abnahme der Keimprozente bemerkbar. *Cucumis sativus* und *Pisum sativum* ertragen sowohl eine kürzere wie auch eine längere Abkühlung ohne Schaden.

8. Versuchsreihe (Mai-Juni 1913).

Diese Versuchsreihe bezieht sich ausschließlich auf die Samen von *Lupinus albus*. Die erste Gruppe kam in zugeschmolzenen Glasröhren für 24 Stunden in flüssige Luft, die zweite wurde in Gazesäckchen einen Monat lang abgekühlt, wobei allerdings in der Mitte der Versuchszeit eine dreitägige Unterbrechung stattfand, so daß hier von einer wiederholten zweiwöchentlichen Abkühlung die Rede sein kann; die dritte Gruppe gelangte, in Glasröhren eingeschlossen, ohne Unterbrechung für einen Monat in dasselbe Kühlmittel.

TABELLE VII.

Name	Zeit der Abkühlung	Keimprozente	
		Normal	Abgekühlt
Lupinus albus	24 Stunden	100 (20)	100 (25)
" "	1 Monat mit Unterbrechung in Gazesäcken	100 (20)	72·2 (18)
" "	1 Monat ohne Unterbrechung in Glasröhren	100 (20)	100 (20)

Nach Tabelle VII hat nur die zweite Gruppe gelitten. Da beim Auftauen zwei von den 20 untersuchten Samen explosionsartig zersprangen, so ist es sehr wahrscheinlich, daß auch von den übrigen 18 noch mehrere innere Schädigungen erlitten haben; die verminderte Keimfähigkeit dürfte daher eher auf solche mechanische Einflüsse, als auf eine direkte Abtötung durch wiederholte Abkühlung zurückzuführen sein.

Zum weiteren Studium der wiederholten Abkühlung diene die:

9. Versuchsreihe (Juni 1913).

Diese erstreckte sich auf folgende Samen: *Sinapis alba*, *Phaseolus vulgaris*, *Soja hispida nigra*, *Hordeum vulgare* und *Triticum Polonicum*, welche sich nach meinen bisherigen Erfahrungen (Vgl. Vers. 1, 2, 3 und 6) als besonders widerstandsfähig erwiesen haben.

Die Samen waren in Glasröhren luftdicht eingeschlossen und gelangten dreimal hintereinander auf je eine halbe Stunde in die flüssige Luft. In den Zwischenpausen, von je einer halben Stunde, befanden sie sich in Zimmertemperatur. Nach dem letzten Herausnehmen wurden sie längere Zeit, etwa 24 Stunden, in Zimmertemperatur belassen und dann ausgesät. Nach Tabelle VIII kann man in keinem Falle auf eine schädigende Wirkung der wiederholten Abkühlung schließen. Die Keimprozentage decken sich ungefähr mit denen, die wir früher bei einmaliger, langer oder kurzer Abkühlung erhalten haben.

TABELLE VIII.

Name der Samen	Keimprozentage	
	Normal	Abgekühlt
<i>Sinapis alba</i>	96·6 (40)	77·5 (40)
<i>Soja hispida nigra</i>	93·3 (40)	87·5 (40)
<i>Phaseolus vulgaris</i>	20 (20)	10 (20)
<i>Hordeum vulgare hybern.</i> . .	13·3 (30)	60 (30)
<i>Triticum Polonicum</i>	63·6 (11)	75 (20)

Hiemit verlasse ich die mit lufttrockenen Samen ausgeführten Versuche. Bevor ich aber zur Besprechung der Experimente mit befeuchteten oder gequollenen Samen übergehe, sollen die erhaltenen Resultate kurz zusammengefaßt werden.

Zusammenfassung

der mit lufttrockenen Samen ausgeführten Versuche.

1. Die meisten Samenarten sind in trockenem Zustande gegen Abkühlung in flüssiger Luft auch dann, wenn dieselbe sehr lange

dauert, durchaus resistent; einige wenige, wie *Trifolium pratense* und *incarnatum*, *Chenopodium scoparium*, büßen ihre Keimungsfähigkeit bei solchem Abkühlen etwas ein, und zwar in umso höherem Grade, je länger diese Abkühlung dauert.

2. In einigen Fällen wirkt die Abkühlung in flüssiger Luft auf die Keimfähigkeit der Samen fördernd. Besonders deutlich trat diese Wirkung in allen Versuchen mit *Hordeum vulgare* auf.

3. Die Größe der Samen ist ohne Einfluß auf ihre Widerstandsfähigkeit, wenn die Samen durch Glasröhren von einem zu plötzlichen Temperaturwechsel geschützt sind. Eine direkte Berührung größerer Samen mit flüssiger Luft kann innere Spannungen hervorrufen und dadurch zuweilen auch das Zerreißen der Gewebe und den Tod des Samens herbeiführen.

4. Die chemische Beschaffenheit der Reservestoffe hat sich in allen Fällen für die uns interessierende Frage als belanglos erwiesen.

5. Es ist nicht ausgeschlossen, daß wiederholte Abkühlung auf größere Samen schädigend einwirkt (z. B. *Lupinus*, *Phaseolus*), während kleine Samen dabei kein anderes Verhalten zeigen.

6. Die Widerstandsfähigkeit gegen tiefe Temperatur nimmt in einigen Fällen mit dem Alter der Samen ab.

Versuche mit gequollenen Samen.

Die Widerstandsfähigkeit gequollener Samen gegen tiefe Abkühlung ist bis jetzt nur sehr wenig geprüft worden. Im vorigen Jahrhundert wurden von einigen Forschern gequollene Samen verschiedenen Frostgraden ausgesetzt; so z. B. ließ der oben genannte Haberlandt ¹⁾ auf Leinsamen, welche 24 Stunden lang gequollen hatten, eine Temperatur von -10° eventuell -24° einwirken und fand, daß in beiden Fällen ein Teil der Samen am Leben blieb.

In neuerer Zeit hat z. B. Becquerel ²⁾ ähnliche Versuche unter Benützung von flüssiger Luft als Kühlmittel angestellt; er fand, daß mehrere von den von ihm untersuchten Samenarten nach 12-stündigem Quellen eine so starke Abkühlung nicht ertragen können.

¹⁾ Haberlandt, Landwirtsch. Vers.-Stat. 21 (1878).

²⁾ Becquerel, C. R. 140, 1652 (1905).

Das von mir untersuchte Samenmaterial wurde in dreierlei Weise behandelt. Entweder waren die Samen in gequollenem Zustande in Glasröhren eingeschlossen, oder sie gelangten in mit Wasser gefüllte Doppelröhren, die darauf zugeschmolzen wurden, oder sie wurden vor dem Zuschmelzen der Röhren in gut befeuchtetes Fließpapier eingewickelt. In letzterem Falle konnte während des Zuschmelzens der Glasröhren (das etwa 20 Min. dauerte) das im Fliesspapier vorhandene Wasser auf die Samen einwirken und sie eventuell zum Quellen bringen.

1. Versuchsreihe (Februar-April 1912).

Samen von *Ricinus communis*, *Lupinus luteus*, *Secale cereale hybernum*, *Secale cereale annuum*, *Hordeum vulgare*, *Cucurbita Pepo*, *Ervum lens communis*, *Ervum lens rubra*, *Sinapis nigra*, *Trifolium pratense* und *Triticum Polonicum* wurden in mit Wasser gefüllten Röhren abgekühlt. Da infolge der Volumvergrößerung des Wassers beim Gefrieren das Gefäß zersprengt wird, so mußte jede Röhre in eine zweite, etwas weitere eingeschlossen werden. Zwischen dem Einbringen der lufttrockenen Samen ins Wasser und dem Versenken der zugeschmolzenen Röhren in die flüssige Luft verging etwa

TABELLE IX.

Name der Samen	Keimprocente	
	Normal	Abgekühlt
<i>Ricinus communis</i>	50 (18)	0 (6)
<i>Lupinus luteus</i>	85·7 (30)	93 (14)
<i>Secale cereale hybernum</i>	100 (15)	0 (15)
<i>Cucurbita Pepo</i>	70 (20)	0 (10)
<i>Hordeum vulgare hybernum</i>	30 (20)	0 (10)
<i>Ervum lens communis</i>	75 (20)	31 (22)
<i>Secale cereale annuum</i>	80 (20)	0 (10)
<i>Ervum lens rubra</i>	65 (20)	0 (24)
<i>Trifolium pratense</i>	66·6 (25)	10 (20)
<i>Sinapis nigra</i>	87·5 (40)	0 (50)
<i>Triticum Polonicum</i>	100 (12)	0 (12)

eine $\frac{1}{2}$ Stunde. Während dieser Zeit konnte das Wasser auf die Samen einwirken.

Die Abkühlung dauerte im ganzen 85 Tage, doch trat in der Mitte eine zweitägige Unterbrechung ein, während welcher die Wärme bis auf die Zimmertemperatur stieg und die Samen Wasser aufsaugen konnten, so daß sie bei der folgenden Abkühlung bereits gequollen waren.

Die aus der flüssigen Luft herausgehobenen Glasröhren wurden geöffnet, nachdem sie mehrere Stunden in Zimmertemperatur verblieben waren. Mehrere Samen waren so stark gequollen, daß ich die Röhren zertrümmern mußte, um sie herauszuholen; einige hatten aber zu faulen begonnen. Trotzdem erwiesen sich manche Samen aus der Familie der Leguminosen (3 Arten) als lebend (siehe Tab. IX). Es sei aber erwähnt, daß von den untersuchten Samen, welche sich gegen Kälte als resistent erwiesen haben, die von *Lupinus luteus* scheinbar gar nicht gequollen waren.

2. Versuchsreihe (Juli 1912).

Zur weiteren Untersuchung der drei widerstandsfähigsten Samen: *Lupinus luteus*, *Trifolium pratense* und *Ervum lens communis*

TABELLE X.
Verlauf der zweiten Versuchsreihe.

Datum	Zeit des Verbleibens in der flüssigen Luft		Dauer des Abkühlens		Zeit des Auftauens im Zimmer		Dauer des Auftauens		Zimmer-Temperatur
	von	bis	St.	Min.	von	bis	St.	Min.	
16.VII.	<u>7²⁰</u>	—	} 14	—	—	—	—	—	} ca. 20°
17 "	—	<u>9²⁰</u>			9 ²⁰	<u>9¹⁵</u>	11	35	
17 "	<u>9¹⁵</u>	—	} 13	35	—	—	—	—	
18 "	—	<u>11⁵⁰</u>			11 ⁵⁰	<u>6⁵⁰</u>	7	—	} 18,5°
18 "	<u>6⁵⁰</u>	—	} 15	10	—	—	—	—	
19 "	—	<u>10⁰⁰</u>			10 ⁰⁰	—	} 23	—	—
20 "	<u>9⁰⁰</u>	—	} 26	35	—	<u>9⁰⁰</u>		—	17°
21 "	—	<u>11³⁵</u>			11 ³⁵	<u>7³⁵</u>	8	—	} 16°
21 "	<u>7³⁵</u>	—	} 19	40	—	—	etwa	—	
22 "	—	<u>3¹⁵</u>			3 ¹⁵	—	24	—	16°

Die Zeit von 6⁰⁰ abends bis 5⁵⁹ morgens ist durch Unterstreichen der Minutenzahl bezeichnet.

wurden diese wie in der ersten Versuchsreihe in mit Wasser gefüllte Doppelröhren eingeschlossen und einem fünfmaligen Gefrieren und Wiederauftauen ausgesetzt. Das Experiment dauerte fünf Tage; die Einzelheiten sind aus Tabelle X ersichtlich. In Tabelle XI sind die Keimprozente angegeben; wir ersehen aus derselben, daß nur *Lupinus luteus* die Behandlung zum Teil ausgehalten hat. Von 40 untersuchten Samen dieser Art waren beim Herausnehmen aus

TABELLE XI.

Name der Samen	Keimprozente	
	Normal	Abgekühlt
<i>Lupinus luteus</i>	85·7 (30)	17·5 (40)
<i>Ervum lens communis</i>	75 (80)	0 (40)
<i>Trifolium pratense</i>	66·6 (20)	0 (40)

den Glasröhren 21 scheinbar ganz trocken und hart, die übrigen 19 dagegen merklich gequollen. Von den im ganzen 7 gekeimten Samen stammten fünf von den scheinbar trockenen, zwei dagegen von den gequollenen.

Trifolium und *Ervum* wurden durch das mehrmalige Gefrieren und Wiederauftauen getötet und gingen schon wenige Tage nach der Aussaat in Fäulnis über.

Wenn sich auch aus diesem Versuche die Schädlichkeit der Quellung für die Resistenz der Samen gegen Abkühlung ergibt, so scheint aus dem Verhalten der zwei gequollenen und doch nach der Abkühlung keimenden Lupinussamen hervorzugehen, daß wenigstens mäßig gequollene Samen nicht notwendig durch Abkühlung in flüssiger Luft zugrunde gehen müssen.

3. Versuchsreihe (Februar 1913).

Zur Untersuchung gelangten: *Trifolium pratense* und *Trifolium incarnatum*. Ich teilte sie in zwei Gruppen ein; die erste wurde mit gut befeuchtetem Fließpapier umwickelt, in Röhren eingeschmolzen und 8 Tagen lang abgekühlt. Die Samen der zweiten Gruppe verweilten, vor der 6-tägigen Abkühlung, 48 Stunden lang im Wasser. Diese Zeit genügte, um von den 40 Samen der erste-

ren Art 7, von der gleichen Zahl der letzteren 9 Samen zur Keimung zu bringen. Alle Samen wurden ausgesät.

TABELLE XII.

Name der Samen	Keimprozent e		
	Normal	Abgekühlt	
		I. Gruppe	II. Gruppe
Trifolium pratense	66·6 (25)	32·5 (40)	50 (50)
„ incarnatum	48 (50)	20 (40)	2·5 (40)

Tabelle XII zeigt, daß die Keimkraft der befeuchteten Samen bedeutend abgenommen hat und daß von den der Quellung ausgesetzten Samen nur ganz wenige nach der Kühlung sich noch entwickelten. Die vor der Abkühlung gekeimten Samen gingen alle zugrunde.

4. Versuchsreihe (November 1912).

Die elf von der 1. Versuchsreihe her bekannten Samenarten wurden 10 Stunden lang im Wasser gehalten und darauf 10 Stunden

TABELLE XIII.

Name der Samen	Keimprozent e	
	Normal	Abgekühlt
Cucurbita Pepo	70 (20)	0 (15)
Triticum Polonicum	100 (12)	0 (20)
Ervum lens rubra	65 (20)	0 (20)
Hordeum vulgare hybernum	30 (20)	0 (30)
Sinapis nigra	87·5 (40)	0 (40)
Secale cereale hybernum	100 (15)	0 (25)
„ „ annuum	80 (20)	0 (25)
Lupinus luteus	85·7 (30)	20 (30)
Trifolium pratense	66·6 (25)	5 (40)
Ervum lens communis	75 (20)	3·3 (30)
Ricinus communis	50 (18)	0 (12)

lang abgekühlt. Nach Erwärmung auf Zimmertemperatur gelangten sie in den Keimapparat bei einer Temperatur von 27°—30° C.

Tabelle XIII zeigt, daß die drei Samenarten, welche in dem früheren Versuch sich als resistent erwiesen haben, auch diesen Versuch ohne Schaden überstanden.

5. Versuchsreihe (November 1912).

Samen von: *Pisum sativum*, *Linum usitatissimum* Erfurter, *Lupinus hirsutus coeruleus*, *Cucumis sativus* und *Medicago lupulina* wurden vier Stunden im Wasser belassen und hierauf in zugeschmolzenen Röhren 14 Stunden lang mit flüssiger Luft abgekühlt.

Es sei erinnert, daß die hier gewählten Samenarten in luft-trockenem Zustande ein längere Zeit dauerndes Abkühlen schadlos ertragen hatten.

Aus Tabelle XIV ersehen wir, daß *Lupinus hirsutus* und *Medicago lupulina* das Liegen im Wasser und die darauf folgende Abkühlung ohne Schaden ertragen haben.

Das ähnliche Verhalten von *Lupinus luteus* und *Trifolium pratense* (Tab. XIII) deutet darauf hin, daß die Widerstandsfähigkeit auch anderen Arten dieser Familie eigen ist.

6. Versuchsreihe (November 1912).

Die gleichen fünf Samenarten wie in Versuchsreihe 5 wurden für 18 Stunden ins Wasser zum Quellen gelegt und darauf wäh-

TABELLE XIV und XV.

Name der Samen	Keimprozent		
	Normal	Abgekühlt	
		5. Versuch	6. Versuch
<i>Pisum sativum</i>	53·3 (25)	0 (15)	0 (20)
<i>Medicago lupulina</i>	58 (50)	62 (50)	31·8 (38)
<i>Lupinus hirsutus</i>	40 (15)	61·5 (13)	41·6 (12)
<i>Linum usitatissimum</i> Erfurter . .	72 (30)	0 (20)	0 (14)
<i>Cucumis sativus</i>	96·6 (30)	0 (36)	0 (32)

rend 24 Stunden der Temperatur der flüssigen Luft ausgesetzt. Auch hier blieben nur (vgl. Tab. XV) *Lupinus hirsutus* und *Medicago lupulina* am Leben. Ein Vergleich mit Vers. 5 zeigt besonders für *Medicago* eine Abnahme der Keimfähigkeit nach der Abkühlung, wenn die Samen längere Zeit im Wasser gelegen waren, also mit zunehmendem Wassergehalt. Die Versuchsreihen 5 und 6 ergaben für die Leinsamen eine vollkommene Zerstörung der Keimkraft nach achtzehnstündiger Abkühlung; ich erhielt also ganz andere Resultate als Haberlandt; wahrscheinlich wird der Grund dieser Verschiedenheit in der starken Abkühlung liegen, worauf auch die Resultate der Versuchsreihe 7 hindeuten.

7. Versuchsreihe (Dezember 1912).

Zwei parallele Versuche wurden mit verhältnismäßig sehr geringen Kältegraden ausgeführt. Es handelte sich darum, zu ermitteln, ob die in Vers. 1, 4, 5 und 6 beobachtete Abtötung gewisser Samen der sehr starken Abkühlung, oder aber nur dem Gefrieren unter 0° zuzuschreiben ist. Samen von: *Cucurbita pepo*, *Ervum lens rubra*, *Pisum sativum*, *Secale cereale annuum* und *Cucumis sativus* wurden in zwei Gruppen eingeteilt. Die eine wurde nach dreistündigem Quellen einem Nachtfroste von -3.5° bis -6.5° ausgesetzt; die andere verblieb während 13 Stunden im Wasser und wurde hierauf während 12 Stunden bei Tage im Freien von -3° bis auf -6° abgekühlt.

TABELLE XVI.

Name der Samen	Keimprozent e		
	Normal	Abgekühlt	
		I. Gruppe	II. Gruppe
<i>Cucurbita Pepo</i>	70 (20)	73 (30)	63 (30)
<i>Secale cereale annuum</i>	80 (20)	75 (60)	60 (40)
<i>Pisum sativum</i>	53.3 (25)	10 (50)	10 (30)
<i>Cucumis sativus</i>	96.6 (30)	91 (35)	77.5 (40)
<i>Ervum lens rubra</i>	65 (20)	28 (60)	0 (30)

Die erhaltenen Keimprozent e sind aus Tab. XVI ersichtlich. Wir sehen, daß nur *Pisum* und *Ervum* merklich gelitten haben.

8. Versuchsreihe (Dezember 1912).

Die Samen von *Lupinus hirsutus*, *Ervum lens communis* und *Medicago lupulina*, welche auch nach Liegen im Wasser, wie wir gesehen haben (vgl. Vers. 1, 2, 4, 5 u. 6), die Abkühlung mittels flüssiger Luft mehr oder weniger gut zu überstehen vermögen, wurden (nebst Samen von *Medicago sativa*) 27 Stunden lang im Was-

TABELLE XVII.

Name der Samen	Gewicht der Samen		Wasseraufnahme in %	Anzahl der vor dem Abkühlen gekeimten S.	Keimprozente	
	Trocken	Gequollen			Normal	Abgekühlt
<i>Lupinus hirsutus</i>	9·281 g	15·921 g	71·5	0	40 (15)	40 (15)
<i>Ervum lens communis</i> . .	1·763 „	3·389 „	92·0	0	75 (20)	2·8 (35)
<i>Medicago lupulina</i> . . .	0·079 „	0·124 „	57·0	8	58 (50)	70 (50)
„ <i>sativa</i>	0·093 „	0·241 „	158·8	30	68 (55)	35 (50)

ser liegen gelassen, worauf die Stärke der Quellung mit der Wage ermittelt wurde (vgl. Tabelle XVII). Diese Zeit genügte, um eine gewisse Anzahl von Samen der *Medicago*-Arten zum Keimen zu bringen: bei *Medicago lupulina* keimten von 50 Samen 8, bei *M. sativa* von der gleichen Samenzahl 30. Die Abkühlung erfolgte in zugeschmolzenen Glasröhren und dauerte 70 Stunden. Von allen vor der Abkühlung gekeimten Samen hat sich kein einziger weiter entwickelt; dagegen ergaben die nur gequollenen Samen einige Keime. Die in derselben Tabelle angegebenen Keimprozente beziehen sich auf die nicht vorher gekeimten Samen, also bei *Medicago lupulina* sind sie auf 40, bei *M. sativa* auf 20 berechnet.

9. Versuchsreihe (Dezember 1912).

Der soeben beschriebene Versuch hat gezeigt, daß *Lupinus hirsutus* ein 27-stündiges Liegen im Wasser vor der Abkühlung ganz gut ertragen hat, während *Ervum lens communis* stark geschädigt, wenn auch nicht vollständig getötet wurde. Bei dem jetzt zu beschreibenden Versuche dauerte das Liegen im Wasser 50 Stunden. Es keimten während dieser Zeit vier Samen von *Ervum*; sie wur-

den mit den übrigen auf zirka 50 Stunden in flüssige Luft (bis zum vollständigen Verdampfen derselben) getaucht. In Tabelle XVIII sind die Resultate zusammengestellt. Alle *Ervum*-Samen wurden getötet, und von den Lupinen keimten erst am 6. Tage nach der Aussaat drei Samen; alle übrigen verfaulten.

TABELLE XVIII.

Name der Samen	Anzahl der untersuchten Samen	Anzahl der vor der Abkühlung gekeimten Samen	Keimprozent	
			Normal	Abgekühlt
<i>Lupinus hirsutus</i>	15	0	40 (15)	20 (15)
<i>Ervum lens communis</i>	40	4	75 (20)	0 (40)

Aus unseren bisherigen Versuchen geht hervor, daß die Abkühlung mit flüssiger Luft die Linsensamen erst nach einem zirka 30-stündigen, die Lupinensamen erst nach einem mehr als 50-stündigen Liegen im Wasser zu töten vermag. Eine Erklärung ist vielleicht in dem Bau der Samenschale zu suchen, welche infolge ihrer Beschaffenheit die Aufnahme von Wasser erschwert; die Samen von *Ervum* wie auch *Lupinus* sind mit einer dicken, mehr als die Hälfte des ganzen Testaquerschnittes ausmachenden Palissadenschicht ausgestattet. Bei *Lupinus hirsutus* erreichen die Zellen derselben eine Höhe sogar von 0.46 mm; ungefähr in der Mitte dieser Schicht verläuft die Lichtlinie; von ihr an trennen sich die Zellen bündelweise voneinander und verlaufen nach oben zu keilförmig. Es entstehen dadurch zwischen den Zellbündeln große, pyramidenförmige Lücken, deren breitere Basis nach oben gekehrt und von der oft erhalten bleibenden Kutikula bedeckt ist. Dieser besondere Bau der obersten Schicht verleiht der Schale von *Lupinus hirsutus* ein rauhes Aussehen. Die in den pyramidenförmigen Lücken eingeschlossene Luft erschwert wohl dem Wasser den Zutritt, was beim Einquellen der Samen von Bedeutung ist.

10. Versuchsreihe (Januar 1913).

Um die Bedeutung der Testa experimentell zu prüfen, wurde sie bei *Lupinus luteus* und *Lupinus hirsutus* mit einer kleinen Feile

tief angeritzt und hierauf die Samen 17½ Stunden lang im Wasser gehalten. Nach Ablauf dieser Zeit waren von 50 Samen von *Lupinus luteus* 49 stark gequollen, bei *Lupinus hirsutus* aber von 40 nur 17. Die Abkühlung dauerte 16 Tage. Es zeigte sich, daß sämtliche Samen der ersteren Art getötet waren; von der anderen Art keimten von den 23 nicht gequollenen 14, die gequollenen dagegen verfaulten. Hieraus ergibt sich, welche große Bedeutung der Bau der Samenschale bei der Wasseraufnahme spielt. Die 14 gekeimten Samen waren wahrscheinlich nicht tief genug geritzt worden.

11. Versuchsreihe (März 1913).

Um völlige Gewißheit zu erlangen, daß die soeben erhaltenen Resultate nur der Quellung und nicht der zu langen Abkühlung zuzuschreiben sind, brachte ich angefeilte Samen von *Lupinus hirsutus*, *L. luteus* und *L. albus* auf 24 Stunden ins Wasser und hierauf nur auf 10 Minuten in flüssige Luft. Die Stärke des Quellens wurde durch Wägen ermittelt. Die darauf angestellten Keimungsversuche zeigten, daß die Samen von *Lupinus luteus* und *Lupinus albus* (vgl. Tabelle XIX) gänzlich abgetötet waren; dagegen ent-

TABELLE XIX.

Name der Samen	Gewicht der Samen		Wasser- aufnahme in %	Keimprozent	
	trocken	gequollen		Normal	Abgekühlt
<i>Lupinus albus</i>	16.66 g	39.97 g	140.0	97.5 (20)	0 (30)
„ <i>hirsutus</i>	18.94 „	32.50 „	71.7	40 (15)	3.3 (30)
„ <i>luteus</i>	2.22 „	5.22 „	136.8	75 (20)	0 (30)

wickelte *Lup. hirsutus* unter den 8 scheinbar nicht gequollenen einen Keimling. Dieser Versuch beweist wohl, daß hier nicht die Dauer der Abkühlung, sondern die Menge des aufgenommenen Wassers maßgebend ist.

12. Versuchsreihe (März 1913).

Die Samen von: *Ricinus communis*, *Triticum Polonicum*, *Erym lens rubra*, *Linum usitatissimum Erfurter*, *Sinapis nigra* und *Cucu-*

mis sativus, die uns schon von mehreren früheren Versuchen bekannt sind, sollten einer ganz geringen Quellung unterworfen werden. Zu diesem Zwecke wurden sie in gut befeuchtetes Fließpapier eingepackt und in zugelöteten Glasröhren etwa 12 $\frac{1}{2}$ Tage mit flüssiger Luft abgekühlt.

TABELLE XX.

Name der Samen	Keimprozent	
	Normal	Abgekühlt
<i>Ricinus communis</i>	50 (18)	40 (20)
<i>Ervum lens rubra</i>	65 (20)	10 (40)
<i>Sinapis nigra</i>	87·5 (40)	12·5 (40)
<i>Triticum Polonicum</i>	100 (12)	60 (30)
<i>Linum usitatissimum</i> Erfurter . . .	72 (30)	2·5 (40)
<i>Cucumis sativus</i>	96·6 (30)	80 (40)

Nach Tab. XX findet bei einer solchen Behandlung der Samen zwar in keinem Falle eine vollständige Abtötung, immerhin aber eine bedeutende Schädigung statt. Am stärksten litten die drei kleinsten Samenarten: *Ervum lens*, *Sinapis* und *Linum*, welche wegen der relativ größten Oberfläche offenbar auch am meisten gequollen waren.

13. Versuchsreihe (Mai 1913).

Sinapis alba, *Linum usitatissimum Rigense*, *Linum usitatissimum Erfurter*, *Soja hispida bruna* und *Soja hispida nigra*, welche, wie wir oben gesehen haben (vgl. Vers. mit trockenen Samen, Versuchsreihe 1 u. 2), die Abkühlung in trockenem Zustande ohne Schaden ertragen, wurden nach einstündigem Liegen im Wasser eine Stunde lang abgekühlt. Die Menge des aufgenommenen Wassers wurde durch Wägen bestimmt.

Wie uns Tabelle XXI zeigt, genügt ein einstündiges Liegen im Wasser, um die Quellung der Samen von *Sinapis* und *Linum* so weit zu bringen daß sie durch Abkühlung sämtlich getötet werden, dagegen ist während dieser Zeit die Wasseraufnahme durch die

TABELLE XXI.

Name der Samen	Gewicht der Samen		Wasseraufnahme in %	Keimprozentage 1913		Ernte-Jahr	Normale Keimprozentage 1911
	trocken	gequollen		Normal	Abgekühlt		
Sinapis alba . .	0.145 g	0.240 g	65.5	96.6 (40)	0 (40)	1910	80 (30)
Linum usitatissimum Rigense .	0.165 "	0.350 "	112.1	70 (40)	0 (40)	1909	45 (30)
Soja hispida bruna	4.125 "	4.185 "	1.45	6.66 (30)	6.66 (30)	"	95 (15)
" " nigra	2.525 "	2.575 "	1.98	93.3 (30)	83.3 (30)	"	100 (15)
Linum usitatissimum Erfurter .	0.350 "	0.847 "	142.0	72 (30)	0 (70)	"	76.6 (30)

Samen von *Soja*-Arten ganz unbedeutend und dem entsprechend widerstehen diese Samen auch nach einstündigem Verweilen im Wasser der Abkühlung in flüssiger Luft ganz gut.

14. Versuchsreihe (Juni 1913).

Die Samen von *Trifolium pratense*, *T. incarnatum*, *T. repens*, *Medicago lupulina* und *M. sativa*, welche in den oben angeführten Versuchen (Vers. 1, 3, 4, 5 u. 6) sogar nach längerem Verweilen im Wasser eine große Kälteresistenz gezeigt hatten, sollten nochmals unter Kontrolle der Wasseraufnahme in der gleichen Richtung geprüft werden. Das Samenmaterial wurde in zwei Gruppen eingeteilt;

TABELLE XXII.

Name der Samen	Gewicht der Samen		Wasseraufnahme in %	Keimprozentage		
	trocken	gequollen		Normal	Abgekühlt	
					I. Gruppe	II. Gruppe
<i>Trifolium incarnatum</i> .	0.170 g	0.362 g	112.9	48 (50)	6 (50)	2 (50)
" <i>pratense</i> . .	0.080 "	0.145 "	81.2	66.6 (25)	8 (50)	6 (50)
" <i>repens</i> . .	0.035 "	0.048 "	37.1	48 (50)	34 (50)	28 (50)
<i>Medicago lupulina</i> . .	0.085 "	0.112 "	31.7	58 (50)	54 (50)	48 (50)
" <i>sativa</i> . . .	0.105 "	0.173 "	64.7	68 (55)	10 (50)	22 (50)

beide verblieben drei Stunden im Wasser (in einem Falle wurde die Quantität des aufgenommenen Wassers bestimmt), darauf wurde die erste für 10 Minuten, die zweite Gruppe für einen Monat in flüssige Luft getaucht. In Tab. XXII sind die Resultate zusammengestellt; bei der ersten Gruppe, deren Wasserzunahme bestimmt wurde, sehen wir, daß die beiden widerstandsfähigsten Samenarten, *Trifolium repens* und *Medicago lupulina*, auch am wenigsten gequollen waren. Die längere Abkühlung der zweiten Gruppe hatte mit Ausnahme von *Medicago sativa* eine Abnahme der Keimprozente zur Folge.

15. Versuchsreihe (Juni 1913).

Die bis jetzt nur in lufttrockenem Zustande untersuchten Samen von *Helianthus annuus*, *Phaseolus vulgaris*, *Vicia grandiflora* und *Matricaria Chamomilla* wurden nach vierstündigem Einquellen für eine Stunde in flüssige Luft getaucht. Aus Tabelle XXIII sehen wir, daß die Abkühlung in flüssiger Luft die Keimfähigkeit der Samen von *Helianthus* und *Matricaria* vollständig vernichtete, die der Samen von *Vicia grandiflora* sehr stark schädigte. Dagegen keimten die Samen von *Phaseolus vulgaris*, obgleich sie auch vier

TABELLE XXIII.

Name der Samen	Gewicht der Samen		Wasser- aufnahme in %	Keimprozente	
	trocken	gequollen		Normal	Abgekühlt
<i>Helianthus annuus</i> . . .	2.708 g	4.270 „	50.2	70 (30)	0 (30)
<i>Phaseolus vulgaris</i> . . .	11.052 „	12.010 „	8.67	20 (20)	40 (20)
<i>Vicia grandiflora</i> . . .	0.772 „	1.293 „	67.48	73.3 (30)	3.33 (30)
<i>Matricaria Chamomilla</i> .	nicht gewogen	—	—	44 (50)	0 (40)

Stunden im Wasser verblieben waren, nach der Abkühlung ebenso gut, ja sogar besser als diejenigen, welche der Abkühlung nicht unterworfen worden waren. Diese Widerstandsfähigkeit der Bohnensamen in diesem Versuche erklärt sich leicht dadurch, daß sie nur ganz wenig gequollen hatten, wie es aus den Zahlen der Wasseraufnahme ersichtlich ist.

16. Versuchsreihe (Juni 1913).

Zum Schluß sei noch ein Versuch mit Samen von: *Secale cereale hybernum*, *Sec. cereale annuum*, *Hordeum vulgare*, *Sinapis nigra* und *Triticum Polonicum* erwähnt. Nach einstündigem Quellen wur-

TABELLE XXIV.

Name der Samen	Keimprozente	
	Normal	Abgekühlt
<i>Secale cereale hybernum</i>	63·3 (30)	16·6 (30)
<i>Hordeum vulgare hybernum</i>	13·3 (30)	0 (30)
<i>Secale cereale annuum</i>	93·3 (30)	66·6 (30)
<i>Sinapis nigra</i>	63·2 (68)	0 (40)
<i>Triticum Polonicum</i>	63·6 (11)	3 (10)

den die Samen während einer Stunde abgekühlt. Wie aus Tab. XXIV ersichtlich, wurden *Sinapis nigra* und *Hordeum vulgare* durch diese Behandlung getötet, die übrigen Samenarten nur mehr oder weniger in ihrer Keimfähigkeit durch Abkühlung geschädigt.

Zusammenfassung

der mit gequollenen Samen ausgeführten Versuche.

Die soeben beschriebenen Resultate zeigen in Übereinstimmung mit den Resultaten Becquerel's, daß die mehr oder weniger durch Wasseraufnahme angequollenen Samen verschiedener Pflanzenarten bei weitem weniger als die trockenen Samen gegen Abkühlung resistent sind. In hinreichend gequollenem Zustande werden alle Samenarten durch Abkühlung in flüssiger Luft abgetötet.

Wie das nicht anders zu erwarten war, zeigte es sich, daß verschiedene Samenarten verschieden lang mit Wasser in Berührung bleiben müssen, um ihre Resistenz gegen starke Abkühlung zu verlieren. So zeigte es sich (Vers. 13 u. 16), daß *Hordeum vulgare*, *Sinapis nigra* und *alba*, *Linum usitatissimum* ihre Keimfähigkeit nach einstündiger Abkühlung vollständig verlieren, wenn sie vor der Abkühlung eine Stunde lang im Wasser verweilen,

dagegen keimten die Samen von *Phaseolus vulgaris* (Vers. 15) nach der Abkühlung sogar besser als ohne Abkühlung auch dann noch, wenn sie vorher vier Stunden lang im Wasser gelegen waren, und die Samen von *Lupinus hirsutus* und *Medicago lupulina* keimten im Versuche 8 nach einer 70-stündigen Abkühlung, obgleich sie vorher 27 Stunden im Wasser geblieben waren, ja einige Samen von *Lupinus hirsutus* überstanden die Abkühlung sogar nach 50-stündigem Verweilen im Wasser.

Diese ungleiche Widerstandsfähigkeit verschiedener Samen gegen die Kälte nach einer längeren oder kürzeren Berührung mit Wasser erklärt sich einfach aus der ungleichen Leichtigkeit, mit welcher das Wasser in die betreffenden Samen eindringt. Je langsamer diese Wasseraufnahme erfolgt, um so später wird jener Wassergehalt der Samen erreicht, bei welchem sie ihre Widerstandsfähigkeit gegen die Kälte verlieren. Daß dem so ist, zeigen zunächst die Versuche, bei welchen man die Wasseraufnahme durch das Wiegen kontrollierte. Es hat sich nämlich in diesen Versuchen herausgestellt, daß nach der Berührung mit Wasser diejenigen Samenarten am widerstandsfähigsten gegen die Abkühlung blieben, welche die geringsten Mengen Wasser aufgenommen haben: so z. B. *Phaseolus vulgaris* (Vers. 15, Tab. XXIII), *Trifolium repens* und *Medicago lupulina* (Vers. 14, Tab. XXII), *Soja hispida nigra* (Vers. 13, Tab. XXI), *Lupinus hirsutus* (Vers. 11, Tab. XIX).

Ein weiterer Beweis für die Richtigkeit dieser Erklärung ist der, daß die trotz der längeren Berührung mit Wasser gegen die Kälte widerstandsfähigen Samen, nämlich die Samen von *Lupinus luteus* und *L. hirsutus*, diese Widerstandsfähigkeit verloren, wenn ihre Quellung durch Anritzen ihrer Testa mit einer kleinen Feile erleichtert wurde (Vergl. Vers. 10 und 11).

Die verschiedene Leichtigkeit, mit welcher verschiedene Samenarten sich mit Wasser sättigen, wird einerseits durch ihre Größe, andererseits durch den Bau ihrer Samenschale bestimmt. Es ist selbstverständlich, daß bei gleichen Bedingungen und gleicher Durchlässigkeit der Samenschale für Wasser die Samen sich um so schneller mit Wasser sättigen werden, je kleiner sie sind, da ja das Verhältnis der Oberfläche zum Gewichte des Samens um so größer ist, je kleiner der Same ist. Daß aber auch sehr kleine Samen im Wasser sehr langsam quellen können und infolgedessen auch nach langem Verbleiben im Wasser ihre Widerstandsfähigkeit

gegen die Abkühlung mit flüssiger Luft erhalten können, beweisen die Versuche mit *Trifolium*- und *Medicago*-Arten und ganz besonders deutlich das Verhalten von *Trifolium repens* und *Medicago lupulina* im Versuche 14, Tab. XXII. Bei den Samen von Lupinenarten vereinigen sich beide Momente, welche die Quellung der Samen bei ihrem Verbleiben im Wasser erschweren, d. h. die Größe der Samen und ihre Hartschaligkeit. Daß die letztere Eigenschaft mehr als die erstere für die langsame Quellung dieser Samen maßgebend ist, beweisen die Versuche mit dem Anritzen der Samenschale.

Die obigen Versuche zeigen deutlich, daß nach einer längeren Berührung mit Wasser manche Leguminosen (*Lupinus*-, *Trifolium*-, *Medicago*-Arten) gegen die Kälte am widerstandsfähigsten sind.

Es ist nun längst bekannt, daß unter diesen Samenarten die s. g. Hartschaligkeit weit verbreitet ist und daß ganz besonders in dem Falle, wo die Samen stark ausgetrocknet sind, eine gewisse Anzahl derselben außerordentlich schwer zur Quellung zu bringen ist, so daß solche Samen manchmal mehrere Wochen im Wasser liegen können, ohne zu quellen. Man pflegt ja bei der Kontrolle der Keimfähigkeit der Samen dieser Leguminosen, die Anzahl dieser während des Keimungsversuches nicht gequollenen Samen besonders als Hart Samen anzugeben. Es wird demnach durchaus nicht befremden, daß bei unseren Versuchen eben unter diesen Samenarten die größte Anzahl solcher Samen gefunden wurde, welche trotz lang andauernder Berührung mit Wasser doch ihre Widerstandsfähigkeit gegen die Kälte beibehalten haben.

Wenn nun aber eine hinreichende Sättigung der Samen mit Wasser bei sämtlichen Samenarten die Vernichtung der Kältewiderstandsfähigkeit zur Folge hat, so braucht doch eine mäßige Quellung der Samen durchaus nicht den Tod bei der Abkühlung herbeizurufen. So habe ich bereits bei der Beschreibung des Versuches 2 angegeben, daß von 19 Lupinensamen, welche in diesem Versuche merklich gequollen haben, zwei eine fünfmalige Abkühlung und ein wiederholtes Auftauen überstanden. Auch in der Versuchsreihe 8 wurde beobachtet, daß einige merklich gequollene Samen von *Medicago sativa* trotz 70-stündigen Abkühlens in flüssiger Luft dennoch gekeimt haben.

Eine wie große Menge Wasser die Samen aufnehmen können, ohne ihre Widerstandsfähigkeit gegen die Kälte zu verlieren, läßt

sich aus meinen Versuchen nicht mit Sicherheit entnehmen. Denn einerseits unterliegt es keinem Zweifel, daß die Wassermenge der Samen, welche ihre Widerstandsfähigkeit gegen die Kälte vernichtet, bei verschiedenen Samenarten eine verschiedene sein muß, je nachdem die betreffenden Samen mehr oder weniger Wasser aufnehmen müssen, um zur Keimung gebracht zu werden. Es ist nämlich zu erwarten, daß solche Samen, welche mehr Wasser aufnehmen, bevor sie in Keimung übergehen, auch mehr Wasser aufnehmen können, ohne ihre Kälteresistenz einzubüßen. Da ich aber die zur Keimung erforderliche Wassermenge nicht bestimmt habe, so kann ich auch nicht angeben, inwieweit diese Wassermenge mit derjenigen, welche schon den Verlust der Kälteresistenz der Samen zur Folge hat, übereinstimmt. Es wäre vielleicht eine dankbare Aufgabe, durch eingehende Untersuchungen zu ermitteln, inwieweit bei verschiedenen Samenarten mit der Aufnahme verschiedener Wassermengen die Kälteresistenz dieser Samen nach und nach vermindert wird. Meine diesbezüglichen bisherigen Versuche bezweckten nur eine vorläufige allgemeine Orientierung über diese Frage, und deshalb beschränkte ich mich darauf, in einigen meinen Versuchen die Aufnahme des Wassers vor der Abkühlung mit der Wage einigermaßen zu kontrollieren, indem ich die ganzen zum Versuche bestimmten Samenportionen vor dem Einbringen ins Wasser und nach dem Herausnehmen wog. Da nun aber einzelne Samen einer gewissen Samenprobe durchaus nicht alle gleich schnell Wasser aufnehmen und bei einigen Samenarten (gewisse Leguminosensamen) die s. g. Hartsamen das Wasser, mit welchem sie in Berührung kommen, lange Zeit so gut wie gar nicht aufnehmen, so ist die Kontrolle der Wasseraufnahme, wie ich sie ausgeführt habe, nicht genau genug, um zur Beantwortung der oben aufgeworfenen Frage auszureichen. Für eine ganz zuverlässige Beantwortung dieser Frage müßten die individuellen Unterschiede in der Wasseraufnahmefähigkeit einzelner Samen bei den Versuchen über die Kälteresistenz mehr oder weniger gequollener Samen möglichst genau ins Auge gefaßt werden.

Zum Schluß dieser Besprechung der Versuche über die Kälteresistenz der gequollenen Samen mag noch bemerkt werden, daß eine mehrmalige Abkühlung und ein wiederholtes Auftauen der im Wasser liegenden Samen fast immer die Samen tötet, was seinen Grund wohl darin hat, daß bei einem solchen Verfahren die Samenschale auch bei den Hartsamen beschädigt wird, wodurch ihre

Quellung und damit auch Verringerung der Kälteresistenz erleichtert wird. Ein solches Verfahren mit verschiedenen Samen im Versuche 2 haben nur einige wenige *Lupinus*-Samen überstanden.

Einige andere Versuche.

Im Anhange an die besprochenen Versuche mit trockenen und gequollenen Samen der Landpflanzen des Kalthauses seien kurz einige Versuche mit Samen von Warmhaus-, Wasserpflanzen und denjenigen der Nachkommenschaft der abgekühlten Samen erwähnt.

Von den Samen der Warmhauspflanzen wurden folgende untersucht: *Naegelia zebrina*, *Mimosa pudica* und *Nymphaea coerulea*; sie wurden entweder in lufttrockenem oder in gequollenem Zustande abgekühlt. Die Dauer der Abkühlung schwankte zwischen einer Stunde und zwei Wochen.

Im allgemeinen läßt sich sagen, daß die untersuchten Samen kein einheitliches Verhalten zeigen. So gibt z. B. *Mimosa pudica* nach der Abkühlung, sowohl in trockenem, als auch in nur ganz wenig gequollenem Zustande nach einstündigem Verweilen im Wasser größere Keimprocente als die normalen Kontrollsamens; dagegen leiden *Nymphaea coerulea* und *Naegelia zebrina* bei der Abkühlung um so stärker, je länger dieselbe dauert; sind sie gequollen, so werden sie getötet.

Abkühlungsversuche mit Samen von Wasserpflanzen scheinen bis jetzt zu fehlen; zur allgemeinen Orientierung stellte ich einige Experimente mit folgenden vier Samenarten an: *Hottonia palustris*, *Nymphaea alba*, *Caltha palustris* und *Oryza sativa* (Sumpfpflanze). Von diesen wollten *Nymphaea alba* und *Caltha palustris* in keinem Falle Keime liefern, so daß sie außer Betracht kommen müssen. *Oryza sativa* schließt sich in ihrem Verhalten den früher besprochenen Landpflanzen an, indem sie in lufttrockenem Zustande die Abkühlung bis 15 Tage ohne Schaden erträgt, in gequollenem (24 Stunden) dagegen abstirbt. Was nun schließlich die Samen von *Hottonia palustris* anbelangt, so zeigten dieselben ein sehr merkwürdiges Verhalten. Im normalen Zustande lieferten sie keinen Keimling; nach einstündiger Abkühlung keimten 30%, nach 24 Stunden 57·5%, und eine zweiwöchentliche Abkühlung tötete wiederum die Samen. Dieses merkwürdige Verhalten der *Hottonia*-Samen würde ein besonderes Studium erfordern, und es ist beabsichtigt,

dasselbe in der nächsten Zeit durchzuführen. Es scheint, daß es sich bei diesen Samen, wie auch bei vielen anderen, wie wir es z. B. für *Hordeum* regelmäßig beobachtet haben, um einen durch die Kälte ausgeübten Keimungsreiz handelt.

Zum Schluß seien noch die Versuche mit der Nachkommenschaft der abgekühlten Samen kurz erwähnt. Einen Teil der Samen, die in lufttrockenem Zustande abgekühlt worden waren, bewahrte ich 1 $\frac{1}{2}$ Jahre in mit Watte verschlossenen Glasröhren auf. Im Mai 1912 suchte ich sie im Thermostaten zur Keimung zu bringen und verpflanzte sie hierauf in gut gedüngte Gartenerde. Zur Samenreife gelangten von den 12 ausgesäten Arten nur drei, was zum Teil mit der ungünstigen Witterung zusammenhängen dürfte. Es waren: *Linum usitatissimum Rigense*, *Sinapis alba* und *Vicia grandiflora*. Von den wenigen ausgeführten Versuchen läßt sich sagen, daß diese Samenarten gleich ihren Muttersamen eine Abkühlung in lufttrockenem Zustande ohne Schaden ertragen, in gequollenem (eine Stunde) mit Ausnahme von *Vicia grandiflora* getötet werden.

Allgemeine Schlußfolgerungen.

Neben den im ersten Teile dieser Arbeit zusammengestellten Sätzen über die Versuche mit trockenen Samen mögen noch folgende Resultate hervorgehoben werden:

Der Bau der Samenschale spielt bei lufttrockenen Samen keine Rolle. Wenn jedoch die Testa mit Wasser in Berührung kommt, so ist ihr Bau für die Größe der Quellung in einer bestimmten Zeiteinheit und damit auch für die Schädlichkeit der Abkühlung von entscheidender Bedeutung.

Die Dauer der Abkühlung ist für lufttrockene Samen von Landpflanzen belanglos. Samen von Warmhauspflanzen scheinen überhaupt für tiefe Abkühlung empfindlicher zu sein, und zwar um so mehr, je länger dieselbe dauert.

Mehrmalige Abkühlung und Wiedererwärmung vermag lufttrockene Samen zu schädigen, aber nicht zu töten. Gequollene Samen gehen hierbei meistens zugrunde. Nur *Lupinus luteus* ertrug auch diese Behandlung.

Was die Pflanzenfamilien anbetrifft, so läßt sich in keinem Falle bei den untersuchten Arten ein einheitliches Verhalten

konstatieren. Am widerstandsfähigsten haben sich in allen Fällen einige Papilionaceen erwiesen, namentlich diejenigen mit harten Schalen.

Zum Schluß können wir sagen: Es vermochte also die Abkühlung mit flüssiger Luft keine einzige Samenart in lufttrockenem Zustande gänzlich zu töten; dagegen trat bei gequollenen Samen eine starke Schädigung, in der Regel sogar der Tod ein.

Was nun speziell die Kälteresistenz der Samen betrifft, so liegen verschiedene Erklärungsversuche vor, die wir hier kurz anführen wollen.

Brown und Escombe¹⁾ glauben die Erklärung in der Unterbrechung aller chemischen Prozesse gefunden zu haben. Auch Pictet²⁾ hatte sich schon einige Jahre früher ähnlich geäußert: „Nous avons démontré qu'aux basses températures voisines de -100° , tous les phénomènes chimiques sans aucune exception sont anéantis et ne peuvent plus se produire“. Diese Ansicht Pictet's sucht Becquerel³⁾ zu widerlegen, indem er sagt: „L'affirmation de Pictet qu'à -100° tous les phénomènes chimiques sans exception sont anéantis, est à réviser entièrement, car même à -210° , il peut y avoir encore des combinaisons chimiques, des dégagements de chaleur, des phénomènes de phosphorescence“. Seine eigene Ansicht formuliert er folgendermaßen: „La résistance des graines à l'état de vie latente aux basses températures dépend uniquement de la quantité d'eau et de gaz que renferment les tissus; si cette quantité de gaz est suffisante le froid désorganise le protoplasma et le noyau et rend impossible tout retour à la vie“.

Was nun zunächst die Gase betrifft, so ist diese Anschauung unzureichend begründet. Besser begründet ist die Annahme der Rolle des in den Samen enthaltenen Wassers, da wir ja sehen, daß mit Wasseraufnahme die Kälteresistenz der Samen verringert wird. Da aber eine gewisse Quellung nicht unbedingt die Aufhebung der Kälteresistenz zur Folge haben muß, so glaube ich, daß wir bei den

¹⁾ Brown u. Escombe, a. a. O.

²⁾ Pictet, Arch. sc. ph. nat. [3], 3, 294—314 (1893).

³⁾ Becquerel, Ann. sc. nat. 5, 193—311 (1907).

Samen den Kältetod mit irreversiblen Zustandsänderungen des Plasmas in Verbindung bringen müssen. Daß derartige Veränderungen im lufttrockenen Samen besonders schwierig sind, mag schon damit zusammenhängen, daß die geringen Wassermengen, die wir uns als dünne Hüllen um die Plasmazellen vorstellen wollen, viel schwieriger gefrieren als größere Wassermassen. Die Unterkühlung von Flüssigkeiten, die in minimalen Kapillaren eingeschlossen sind, ist schon mehrmals konstatiert worden. Qualitative Beobachtungen wurden auf exakte Weise vor allem von Gernez¹⁾ und besonders eingehend theoretisch und experimentell von Tammann²⁾ angestellt und erklärt. Aus den von diesen beiden Forschern festgestellten Tatsachen ist zu folgern, daß in den Samen alle Vorbedingungen für das Eintreten einer Unterkühlung bei der Abkühlung vorhanden sind, daß also die physiko-chemische Beschaffenheit derselben durch die starke Abkühlung nicht geändert wird: der trockene Same wird nicht abgetötet.

Bei den gequollenen Samen gelten natürlich die gleichen Überlegungen. Auch hier wird anfänglich die Wasserhülle relativ sehr dünn sein, so daß eine Unterkühlung möglich wäre. Bei stärkerem Quellen kann das Plasma einer Zustandsänderung unterliegen; wenn es nun den Irreversibilitätspunkt passiert, so wird selbstverständlich der Samen getötet.

Freiburg i. d. Schweiz, Juni 1914. Botanisches Institut der Universität.

¹⁾ Gernez, C. R. 95, 1278 (1882).

²⁾ Tammann, Zeitschr. f. ph. Chemie 24, 152 (1897); 25 441, 26, 307 (1898); 29, 51 (1899).

Częstość prądów czynnościowych mięśni podczas skurczu dowolnego. — Über die Frequenz der Aktionsströme in willkürlich kontrahierten Muskeln.

Mémoire

de M^{me} **S. JELEŃSKA-MACIESZYNA,**

présenté, dans la séance du 26 Octobre 1914, par M. N. Cybulski m. t.

Seit den Untersuchungen Piper's und besonders seit der Zeit der Veröffentlichung seiner Ergebnisse in der im J. 1912 erschienenen Monographie ¹⁾ wird der 50-er Rhythmus der menschlichen Muskeln bezw. der ihnen zugeführten Innervationsimpulse zumeist als Tatsache angesehen.

Soviel mir bekannt, unterscheiden sich von den Ergebnissen Piper's wesentlich nur die unlängst von Dittler und Günther publizierten Angaben ²⁾. Die Autoren behaupten nämlich, den 50-er Rhythmus nie beobachtet zu haben, und heben hervor, daß nach ihren Untersuchungen die Frequenzwerte der willkürlich kontrahierten menschlichen Muskeln zwischen 120 und 180 Oszillationen pro Secunde schwanken und manchmal sogar über 200 steigen können.

Da die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen weder mit den Resultaten von Piper noch mit denjenigen von Dittler und Günther übereinstimmen, erlaube ich mir, dieselben hier kurz zu referieren, und will nur hervorheben, daß die betreffenden Ex-

¹⁾ Piper H.: Elektrophysiologie menschlicher Muskeln. Berlin 1912. Verlag J. Springer.

²⁾ Dittler R. u. Günther H.: Über die Aktionsströme menschlicher Muskeln bei natürlicher Innervation, nach Untersuchungen an gesunden und kranken Menschen. Pflüger's Archiv, B. 155, J. 1914, S. 251.

perimente im Anschluß an die von Prof. N. Cybulski im J. 1910¹⁾ ausgesprochene Annahme über die Möglichkeit der Anwendung des Elektromyogramms zu klinischen Untersuchungen eingeleitet wurden und noch nicht abgeschlossen sind.

Wie die Mehrzahl der mit dem gleichen Thema sich befassenden Autoren, haben wir unsere Untersuchungen fast ausschließlich an menschlichen, in Tätigkeit versetzten Unterarmflexoren ausgeführt und nur, um ein besseres Verständnis über die Innervationsimpulse zu gewinnen, wurde auch zum Tierversuche gegriffen.

Die Methode unterschied ich nur insofern von der anderer Autoren, daß anstatt der zumeist gebrauchten trichterförmigen Elektroden wir uns der leichter zu adaptierenden, 1,5–2 cm breiten, mit Zinksulfatlösung getränkten Dochte bedienten, welche im oberen und unteren Drittel des Unterarms angelegt wurden. Um festzustellen, ob und inwiefern die Frequenzwerte der Aktionsströme durch die Ableitungsweise beeinflußt werden können, haben wir auch, nach dem Vorgange Du Bois-Reymond's bei seinem klassischen Willkürversuche, die Versuchsperson veranlaßt, die beiden Hände in mit Zinksulfatlösung gefüllte Porzellangefäße einzutauchen und die eine Hand kräftig zu kontrahieren.

Wie Dittler und Günther beobachteten wir beim Menschen niemals einen 50-er Rhythmus. Als der niedrigste unter normalen Verhältnissen von uns erhaltene Frequenzwert wären 67 Ausschläge pro 1" anzuführen. Am häufigsten schwankte die Aktionsstromfrequenz zwischen 70 und 100. Es wurden aber auch Zahlen bis 145 pro 1" festgestellt. Diese Beobachtungen sind an einem Material von 24 Personen im Alter von 8–40 Jahren gemacht worden.

Da wir nur mit aperiodisch reagierender Saite arbeiteten, was aus der angewandten Empfindlichkeit des Galvanometers, welche zwischen $26 \cdot 10^{-9}$ und $7 \cdot 8 \cdot 10^{-9}$ schwankte²⁾, ersichtlich ist, so darf uns der Einwand nicht treffen, daß die von uns erhaltenen größeren Frequenzwerte, als sie Piper angibt, der Periodizität der Saite zugeschrieben werden können.

Der erwähnte Unterschied in den Ergebnissen beziehentlich der Frequenz der Stromschwankungen wird hauptsächlich dadurch

¹⁾ Cybulski N.: Über den sog. „Willkürversuch“ von Du Bois-Reymond. Wiener Medizin. Wochenschr., 1910, N^o 39.

²⁾ Der Widerstand der Saite betrug 7500 Ohm.

bedingt, daß wir uns gezwungen sahen, alle Ablenkungen der Saite in Betracht zu ziehen, während Piper zwischen den von ihm sog. „Hauptwellen“ und „Nebenzacken“ zu unterscheiden sich berechtigt fühlt und für die Bestimmung des Rhythmus nur die Hauptausschläge als maßgebend anspricht. Eine solche Unterscheidung scheint aber einigermaßen willkürlich zu sein. Piper selbst gibt doch zu, daß man bei der Auszählung der Hauptwellen in manchen Fällen Zweifel haben kann und zum Vergleich die den 50-er Rhythmus deutlich zeigenden Kurven heranziehen muß.

Die theoretischen Auseinandersetzungen Piper's, laut welchen die in den Kurven zu beobachtenden kleinen, den Hauptwellen „superponierten Nebenzacken“ den in einzelnen Muskelfibrillen mit Verspätung auftretenden Stromschwankungen entsprechen sollen, entbehren leider einer genügenden Beweiskraft. Die Tatsache, daß bei der Reizung des Muskels vom Nerven aus die Zahl der Stromschwankungen derjenigen der angewendeten Reize entspricht und daß dabei keine „Nebenzacken“ als verspätete Stromschwankungen der einzelnen Fibrillen festzustellen sind, spricht gegen die Annahme Piper's. Jede Ablenkung der aperiodisch reagierenden Saite muß als Beweis für das Vorhandensein einer Potentialdifferenz im tätigen Muskel gelten, und da sich der Eigenrhythmus des Muskels nicht feststellen läßt, so muß jeder registrierten Aktionsstromschwankung ein zentral bedingter Innervationsimpuls entsprechen. Die Größe der einzelnen Ausschläge kann man sich als durch die Geschwindigkeit des ablaufenden Prozesses bedingt denken, und da die Trägheit der Saite immerhin berücksichtigt werden muß, besonders wenn es sich um Registrierung sehr schnell ablaufender Stromschwankungen handelt, so wird man bei der Ablesung der Kurven eher zu der Annahme geneigt sein, daß manche Impulse gar nicht zum Vorschein gekommen sind, als daß es derselben zu viel verzeichnet worden wäre.

In Anbetracht solcher Erwägungen wie auch des Befundes, daß die Aktionsströme der Großhirnrinde, insofern sie unserer¹⁾ Beobachtung zugänglich waren, gleichfalls durch ziemlich ausgesprochene Irregularität in Bezug auf die Amplitude und die Dauer der einzelnen Ausschläge sich auszeichneten, fühle ich mich gera-

¹⁾ N. Cybulski u. S. Jeleńska-Macieszyna: Aktionsströme der Großhirnrinde. *Bullet. de l'Acad. d. Sciences*, 1914 Juli.

dezu veranlaßt, alle durch die Schwingungen der Saite verzeichneten Stromschwankungen bei der Berechnung der Oszillationsfrequenz zu berücksichtigen.

Aus unseren Untersuchungen ergibt sich zur Zeit, daß man einen bestimmten Rhythmus der Innervationsimpulse für die willkürlich kontrahierten menschlichen Muskeln nicht auffinden kann und daß ein solcher als etwas Charakteristisches und Konstantes sich sogar für ein und dasselbe Individuum nicht feststellen läßt. So z. B. ergab eine Untersuchung der Aktionsstromfrequenz bei ein und derselben Person unter genau gleichen Bedingungen, was die Empfindlichkeit des Galvanometers und die Ableitungsart anbetrifft, 90, 103 und 115 Ausschläge pro Sekunde. Bei Variierung der Empfindlichkeit des Galvanometers in den Grenzen von $19.5 \cdot 10^{-9}$ bis $7.8 \cdot 10^{-9}$ erhielten wir bei derselben Person folgende Zahlen: 115, 103, 90, 96, 71, 85, 83. In einem anderen Falle schwankten die Frequenzwerte zwischen 78 und 100.

Beispiel.

Empf. d. Galv.	Zahl d. Ausschl. pro 1''	Nº d. Films
$19.5 \cdot 10^{-9}$	87	74
$16.8 \cdot 10^{-9}$	86	21
$11 \cdot 10^{-9}$	100	32
$10 \cdot 10^{-9}$	87	53
" "	78	52

In noch anderen Versuchen wurde für ein und dasselbe Individuum das eine Mal 79 bei einer Empfindlichkeit von $10 \cdot 10^{-9}$, das andere Mal 115 bei $19.5 \cdot 10^{-9}$ festgestellt u. s. w.

Zumeist, aber nicht ausnahmslos, kann man dabei beobachten, daß die Oszillationsfrequenz pro Sekunde durch Verringerung der Empfindlichkeit des Galvanometers erhöht wird. Die Annahme, daß die kleinen, von Piper als Nebenzacken bezeichneten Ausschläge als Ausdruck schnell ablaufender Stromschwankungen aufzufassen seien, scheint mit dieser Beobachtung im Einklang zu sein, da erst eine bis zu einem gewissen Grade gespannte, aber noch aperiodisch reagierende Saite den schnellen Stromschwankungen zu folgen vermag.

Die Ableitungsart scheint keinen ausgesprocheneren Einfluß auf die durchschnittliche Frequenz der Oszillationen auszuüben. Größere

Frequenzwerte erhält man bald bei der Ableitungsweise nach Du Bois-Reymond, bald bei den Fadenelektroden. Als Beispiel führen wir folgende Zahlen an:

Versuchsperson I. Empfindlichkeit des Galvanometers $19.5 \cdot 10^{-9}$.

Ableitung nach Du Bois-Reymond:

130	Oszill.	pro 1''
127	"	"
132	"	"
122	"	"

Fadenelektroden (1.5 cm breite Dochte):

115	Oszill.	pro 1''
103	"	"
90	"	"

Versuchsperson II. Empf. d. Galv. $19.5 \cdot 10^{-9}$.

Ableitung nach Du Bois-Reymond: 106 Oszil. pro 1''

Fadenelektroden: 115 " "

Versuchsperson III. Empf. des Galvan. $16.8 \cdot 10^{-9}$.

Ableitung nach Du Bois-Reymond: 87 Oszill. pro 1''

Fadenelektroden: 100 " "

Versuchsperson IV. Empf. des Galvan. $16.8 \cdot 10^{-9}$.

Ableitung nach Du Bois-Reymond: 124 Oszill. pro 1''

Fadenelektroden: 127 " "

Eine Zusammenstellung der Oszillationswerte nach dem Alter der untersuchten Personen ergibt auch keine unzweideutigen Resultate. In einer Serie von 10 Personen, wo die Registrierung der Stromschwankungen bei einer Empfindlichkeit des Galvanometers von $10 \cdot 10^{-9}$ stattgefunden hat, erhielten wir Werte, die auf eine Abnahme der Oszillationsfrequenz mit dem Alter zu deuten schienen, in anderen Fällen, bei einer größeren Spannung der Saite, wurden Ergebnisse erhalten, die eher zu entgegengesetzten Schlüssen führen könnten.

Serie I. Empfindlichkeit des Galvanometers $10 \cdot 10^{-9}$.

Alter u. Geschlecht der Versuchsperson	Anzahl der Oszil- lationen pro 1''	Nº d. Films
39 m.	67	68
26 m.	79	64
24 m.	73	62
24 m.	74	59
22 m.	74	61
20 w.	72	60
20 m.	73	63
18 w.	90	57
15 m.	87	53
14 m.	88	56

Serie II. Empfindlichkeit des Galvanometers $19 \cdot 5 \cdot 10^{-9}$.

Alter u. Geschlecht der Versuchsperson	Anzahl der Oszil- lationen pro 1''	Nº d. Films
36 m.	99	70
35 w.	90	71
30 m.	119	77
21 m.	98	75
15 m.	87	74

Serie III. Empfindlichkeit des Galvanometers $16 \cdot 8 \cdot 10^{-9}$.

Alter u. Geschlecht der Versuchsperson	Anzahl der Oszil- lationen pro 1''	Nº d. Films
39 m.	107	23
35 m.	127	25
35 w.	96	18
15 m.	87	22

Zum Schlusse noch einige Worte über die Tierversuche.

Experimentiert wurde an Hunden, denen das motorische Hirnrindenzentrum der Vorder- oder der Hinterpfote vermittelt eines Induktionsstromes gereizt wurde; die zu beobachtenden Stromschwankungen der kontrahierten Extremität wurden photographisch registriert.

Da eine genauere Analyse der Kurven in einer späteren Abhandlung, nach Abschluß der vorliegenden Untersuchungen stattfinden wird, will ich hier nur andeuten, daß der Charakter der

registrierten Stromschwankungen im Allgemeinen dem bei der natürlichen Innervation beim Menschen zu beobachtenden sehr ähnlich ist, und daß die Oszillationsfrequenz von der Zahl der zugeführten Reize sich als unabhängig erwies, was aus der folgenden Tabelle zu ersehen ist.

Experiment I (Hund).

Zahl der Reize	Oszillationsfrequenz		
	während der Reizung	nach Einstellung des Indukt.-Stromes	
10	41.7		Empfindl. d. Galvan. 16.10 ⁻⁹ Widerst. d. Saite 5090 Ohm.
13	41		
30	41	38	
16	41	54	
24	45	63	
120	35	40	

Experiment II (Hund).

Zahl der Reize	Oszillationsfrequenz während d. Reizung	
37	66	Empfindl. d. Galva- nometers 11.10 ⁻⁹ Widerstand der Saite 7500 Ohm.
52	52	
59	65	
52	52	

Bemerkenswert ist, daß im Experiment I die Oszillationsfrequenz, welche während der Reizung den Mittelwert von 41 Ausschlägen pro Sekunde betrug, als ob es sich um einen bestimmten Rhythmus handelte, nach Einstellung des Induktionsstromes sich änderte, und eine deutliche Zunahme aufwies. Da nun die erhaltenen Zahlen zwischen 40 und 63 schwanken, und die während der Reizung im Experiment II berechnete Oszillationsfrequenz gleichfalls keine konstanten Werte ergibt, so kann man auch hier nicht von einem bestimmten Rhythmus sprechen.

Herrn Prof. N. Cybulski spreche ich an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank für das Interesse und das stete Entgegenkommen, die er mir während der Ausführung dieser Untersuchungen zu teil werden ließ.

*Studia nad włosami parzącymi u roślin. — Beitrag zur
Kenntnis der pflanzlichen Brennhaare.*

Mémoire

de M. K. ROUPPERT,

présenté, dans la séance du 26 Octobre 1914, par M. M. Raciborski m. t.

(Planche 65).

Einer Anregung von Seiten des Herrn Prof. M. Raciborski folgend, untersuchte ich die Brennhaare der chinesischen Urticacee *Girardinia cuspidata* Weddel in Bezug auf ihren Bau, ihre Entwicklung und Funktion. Es handelte sich dabei u. a. um die Erforschung der eigenartigen, von dem bekannten Urticaceentypus abweichenden und in der Literatur nicht berücksichtigten Beziehungen der Brennhaarzelle zu ihrer Unterlage. Eine besondere Aufmerksamkeit habe ich der Aufgabe der Brennhaarspitze gewidmet und dabei Beobachtungen gemacht, welche beweisen, daß der Gegenstand durch die klassischen Untersuchungen von Haberlandt (3) noch nicht erschöpft wurde, und zwar nicht nur bei der bisher nicht näher untersuchten *Girardinia*, sondern auch bei den von dem genannten Forscher bereits behandelten Urticaceen: *Urtica*, *Laportea* und Loasaceen: *Loasa*, *Caiophora*, *Blumenbachia*. Es ließ sich nämlich experimentell nachweisen, daß die bekannten Brennhaare der genannten Genera dank ihren subkutikularen, im oberen Teil befindlichen Pektineinschlüssen auch als Hydathoden funktionieren.

I.

Die Brennhaarzellen der Urticaceen stehen bekanntlich auf einer sockelartigen Emergenz, deren oberer Teil das basale, einen großen Zellkern enthaltende Stück des Brennhaares umschließt.

Der Sockel besteht aus chlorophyllführenden Periblemzellen und erhebt die Brennhaarbasis recht weit über das Niveau des das Brennhaar tragenden Organs. Das aus einer Zelle der Epidermis entstandene Brennhaar und die Nachbarzellen der Epidermis sind von einer einheitlichen Kutikula bedeckt. Die die Brennhaarbasis umhüllenden Epidermisrandzellen des Sockels dringen mit ihren apikalen Teilen subkutikular nach oben, zwischen die äußere Zelloseschicht der Brennhaarbasis und die ihr anliegende Kutikula hinein, die infolgedessen von der ersteren ein wenig abgehoben wird. Diese Verhältnisse sind in einer jeden guten Abbildung der Brennhaare der Urticaceen wie auch der mechanischen Haare der Loasaceen ersichtlich.

Ganz anders gestalten sich die Strukturverhältnisse bei *Girardinia cuspidata*: die sehr großen, bis 20 mm hohen Brennhaare, welche ohne Sockel unmittelbar auf dem Pflanzenorgan (Blatt, Stengel, Infloreszenz) stehen, weisen schon bei geringer Vergrößerung (Taf. 65, Fig. 1, 2) einen eigenartigen Bau auf. Das Brennhaar ist hier bis $\frac{4}{5}$ — $\frac{8}{9}$ seiner Höhe von einer zelligen Hülle umschlossen, die Epidermis dieser Hülle trägt an ihrer Oberfläche zerstreute Drüsenhaare (Hydathoden), die Hülle selbst ist oben einschichtig und besteht nur aus der Epidermis, in ihrem mittleren und basalen Teil enthält sie hingegen unter der Epidermis noch 1—3 Schichten von Periblemzellen.

Es ist leicht einzusehen, daß diese Hülle nicht eine hervorgewachsene subepidermale Periblemzelle umgiebt, wie dies von Knoll (15) für *Dalechampia* und *Tragia* beschrieben wurde, sondern ein Brennhaar epidermaler Herkunft umschließt. Bei einer näheren Untersuchung der Entwicklungsgeschichte des Brennhaares bei *Girardinia* ist erwiesen worden, daß schon in sehr jungen Stadien die nebenliegenden Epidermiszellen samt der darunter liegenden Periblemzellenschicht hervorwachsen, die Basis der jungen Brennhaarzelle umhüllen und einen subkutikularen Ringwall bilden (Taf. 65, Fig. 3 a, b). Doch weichen diese Verhältnisse von den von Dębski (2) und von Renner (11) bei der Marantacee *Ctenanthe setosa* beschriebenen und bildlich dargestellten wesentlich ab. Bei dieser Art entsteht der Ringwall außerhalb der Haarzelle, sein Rand ist frei, seine innere Seite von einer Kutikula bedeckt, die dann weiter auf die Haarbasis übergeht. Bei *Girardinia* dringen die Nachbar-Epidermiszellen und eine Schicht der Periblem-

zellen ringförmig unter die Kutikula des Brennhaares an seiner Basis ein, teilen sich mehrfach und wachsen zu einem arillusartigen Gebilde aus, durch welches das Haar in seiner Stellung befestigt wird, was bei anderen Urticaceen durch die Sockelbildung erlangt wird.

In der Entwicklung der genannten Hülle sind zwei Phasen zu unterscheiden. In der ersten wächst der Arillus zugleich mit dem basalen Teil der Brennhaarzelle, und zwar überall gleichmäßig und in gerader Richtung nach oben. In der zweiten Phase, nach vollendeter Ausbildung des Brennhaares, folgen die Zellen des Arillus in ihrer Wachstumsrichtung der spiralig angelegten, punktförmigen Membranstruktur der subkutikularen Zelluloseschicht des Brennhaares, und das Tempo des Spitzenwachstums der am oberen Rande des Arillus befindlichen Zellen erscheint nunmehr ungleichmäßig: neben weit nach oben hinaufgewachsenen Zellen sieht man andere zurückgebliebene, in Teilung begriffene (Taf. 65, Fig. 4). Infolge dessen wird der anfänglich ebene obere Arillusrand wellig und unregelmäßig. Im oberen Teil des Brennhaares findet man dann 2 bis 4 spitz endende Ausläufer (Taf. 65, Fig. 5). Diese vorlaufenden, keilförmig verjüngten Zellen schieben sich bei der Teilung und dem Wachstum der tiefer liegenden Arilluszellen leicht zwischen die Kutikula und die Zelluloseschicht der Brennhaarwand hinein.

Manchmal sind die Brennhaare wellig gekrümmt. Dies ist eine Folge der unregelmäßigen Hüllenbildung; wenn ein arillarer, apikal wachsender Ausläufer die anderen weit überholt und auf diese Weise die Gleichmäßigkeit der Zug- und Druckverhältnisse stört.

Der mehrschichtige subkutikuläre Arillus umhüllt das Brennhaar der vegetativen Organe der *Girardinia* bis zum verkieselten Apikalteile. An den Blütenständen bleibt er dagegen viel niedriger und hier ragt der obere, nackte Teil des Brennhaars weit hinaus.

Für einige Brennhaare der vegetativen Organe wurden folgende Maße gefunden:

H ö h e		
des Haares	des Arillusgebildes	des nackten Teiles
5 mm	4.2 mm	0.8 mm
6 "	5 "	1 "

des Haares	Höhe des Arillusgebildes	des nackten Teiles
5 mm	4·2 mm	0·8 mm
7 "	6 "	1 "
4 "	3·2 "	0·8 "
4 "	3·2 "	0·8 "
4 "	3·6 "	0·4 "
7 "	6·4 "	0·6 "

Wie es aus obigem erhellt, haben wir für das arillusartige Gebilde der Brennhaare bei *Girardinia* den gleitenden Wachstumstypus festgestellt. Denselben Wachstumstypus konnte Knoll für *Dalechampia* und *Tragia* (6) nachweisen. Während aber bei diesen Gattungen eine Periblemzelle zwischen den Epidermiszellen sich hinaufarbeitet und, von den letzteren an der Basis umhüllt, zu einem Brennhaar auswächst, findet bei *Girardinia* ein Hinaufdringen der Epidermis- und der Periblemnachbarzellen an einem Brennhaar epidermaler Herkunft statt. Anstatt einer sockelartigen, auf ihrem becherartig vertieften Ende das Brennhaar tragenden Emergenz (*Urtica*-Typus), sehen wir bei *Girardinia* am Brennhaare ein subkutikulares Arillusgebilde, das aus 2—4 Schichten von weit nach oben hinaufdringenden Zellen besteht.

II.

Die Brennhaare der *Girardinia* weichen von denjenigen anderer Urticaceen auch in verschiedenen Einzelheiten des Köpfchenbaus ab. An dem entwickelten Brennhaare von *Girardinia* sieht man auch ohne jede Präparierung am Scheitel des verkieselten Köpfchens ein haubenartiges Membrangebilde, welches noch deutlicher hervortritt, wenn man das Brennhaar nach der Kieselsäuremethode von Küster (Tunmann 12, S. 103) zuerst mit Phenol behandelt und dann in Nelkenöl besichtigt. Die hyaline Haube hebt sich dann scharf von der rötlich erscheinenden Brennhaarspitze ab. Noch besser ist es die Untersuchung nach folgender Methode durchzuführen. Man führt den zu untersuchenden Pflanzenteil rasch über einer Gasflamme vorbei, wobei die Brennhaare mit einem charakteristischen Zischen und leichten Verpuffen gebräunt werden. Bei vielen der so behandelten Brennhaare erscheint die verkieselte Brennhaarspitze unter dem Mikroskop braun oder

schwärzlich, dagegen die obengenannte Haube hyalin. Da mir dieses haubenartige Membrangebilde, entgegen der üblichen Meinung über Verkieselung des Brennhaarköpfchens, nicht mit Kieselsäure gesättigt zu sein schien, habe ich ihren chemischen Charakter vermittels einer Reihe von mikrochemischen Reaktionen untersucht und gefunden, daß es sich um eine pektinführende Membran handelt. Dieses Pektingebilde wird schon in sehr frühen Entwicklungsstadien angelegt. Man findet es konstant an den Brennhaarspitzen der beiden von mir untersuchten *Girardinia*-Arten (*G. cuspidata* und *heterophylla*).

In ganz jungen Entwicklungsstadien ist der apikale Teil des Brennhaares von einer reinen, dünnen Zelluloseschicht gebildet. Später ist eine Anhäufung winziger, körnchenartiger Gebilde am Scheitel des eben zur Ausbildung kommenden Köpfchens an der Plasmaoberfläche zu bemerken (Taf. 65, Fig. 6 a). Bald scheidet der Protoplast eine zweite Membranschicht aus, die der ersten überall fest anhaftet mit Ausnahme des Scheitels, wo die beiden Membranschichten durch die körnigen Gebilde voneinander getrennt bleiben (Taf. 65, Fig. 6 b, c). Diese Einkapselung erinnert lebhaft an die von Krabbe (8) in den Bastzellen der Apocynen und Asclepiadeen beobachtete Kappenbildung, welche später Kohl (7) in Pflanzenhaaren, unter anderen auch bei *Caiophora lateritia* (7, Taf. 1, Fig. 9, 10, 11) feststellen konnte. Bekanntlich hat Haberlandt (4) ganz ähnliche Erscheinungen als Einkapselung des Protoplasmas beschrieben. Das sich lebhaft bewegende Protoplasma des Brennhaares bei *Girardinia* hebt sich beim Plasmolysieren sehr leicht von den Wänden ab, jedoch mit Ausnahme des eben erwähnten Scheitels (Taf. 65, Fig. 6 b, c), an welchem es fest haftet, ähnlich wie bei der Kappenbildung in Bastzellen nach der Beschreibung von Krabbe (8, S. 419).

Bei weiterer Entwicklung nimmt das Brennhaar von *Girardinia* an Länge zu, mehrere Membranschichten werden vom Protoplast ausgeschieden, und es tritt ein Unterschied zwischen den Brennhaarköpfchen vegetativer Organe und denen der Infloreszenzen auf: die ersteren sind abgerundet (Taf. 65, Fig. 7 b -- f), die letzteren tragen am Scheitel eine zitzenförmige Warze (Taf. 65, Fig. 7 a, 8). Wie es oben erwähnt wurde, unterscheiden sich diese Haare voneinander auch durch etwas abweichende Ausbildung ihrer basalen Hüllen.

Ein bereits vollkommen ausgewachsenes Brennhaar einer jungen weiblichen Infloreszenz (Taf. 65, Fig. 8 a) zeigt, mit Chlorzinkjod behandelt, in der Zelluloseschicht der Membran noch keine Spur der Verkieselung. Diese Schicht erscheint sehr schön blau gefärbt, während die Kutikula strohgelb, der Plasmainhalt aber und die apikale Kappe braungelb werden. Außer der zum ersten Mal von Haberlandt (3) am Brennhaarköpfchen aller von ihm untersuchten Urticaceen und Loasaceen beschriebenen seitlichen Wandverdünnung, ist hier auch eine zweite zu sehen, und zwar am Scheitel des Köpfchens, dessen Lumen hier dadurch kegelförmig nach oben verlängert erscheint (Taf. 65, Fig. 7 a, 8 b). Diese Köpfchenstruktur bleibt auch später während der nachfolgenden Verkieselung der Wand erhalten.

In den Brennhaaren der vegetativen Organe der *Girardinia* ist die kegelförmige Verlängerung des Lumens unter der Kappe meist nicht vorhanden (die Membran ist hier nicht selten sogar linsenförmig verdickt), die Kappe selbst ist öfters reduziert, von der Kutikula durch einige verkieselte, deutliche Membranschichten getrennt. Die Schichtstruktur der Scheitelmembran solcher Haare (Taf. 65, Fig. 7 a, 8 c, 9) erinnert lebhaft an Bilder, welche bei der Entwicklung der Hydathoden von *Aponogeton distachys* an der Epidermismembran v. Minden (10) beobachtet und veröffentlicht hat (10, Taf. 2, Fig. 4). In Bezug auf die Pektinreaktion stimmt die Kappe der Brennhaare der vegetativen Organe von *Girardinia* mit derjenigen der Infloreszenzen vollkommen überein.

Mikrochemische Reaktionen haben folgendes ergeben:

Chlorzinkjod: Kutikula gelb, Kappe braun, Zellulosemembran blau, verkieselte Membran ohne Veränderung, hyalin.

Der bekannte Plasmodesmenindikator von G. Poirault, Methylviolett, in H_2SO_4 gelöst (Tunmann 12, S. 524), erwies sich als ein sehr gutes Färbungsmittel. Die mit diesem Reagens behandelten Zellulosemembranen werden nach dem Auswaschen in eine bläuliche Masse aufgelöst, die Kutikula löst sich teilweise vom oberen Teil des Brennhaares ab, die verkieselte Membran bleibt hyalin, die Kappe färbt sich schön violett. Diese Tinktion hat sich zum Anfertigen von Dauerpräparaten als passend erwiesen.

Reaktion Devaux nach Tunmann (12, S. 568): 1) Ferrosulfat, 2) Auswaschen mit destilliertem Wasser, dann mit Zusatz einer

geringen Menge Essigsäure, 3) Ferrocyankalium färbt die Kappe blau, 4) Zusatz von HCl verstärkt die Färbung. Die Reaktion soll nach Devaux für Pektinstoffe spezifisch sein.

Rutheniumrot, ein ausgezeichneter Farbstoff für Pektine nach L. Mangin (9); das ganze Brennhaar bleibt hyalin, nur die Kappe wird intensiv rot gefärbt. Die Färbung ist in Dauerpräparaten haltbar.

Safranin, Fuchsin, Kongorot färben die Kappe rot, während die verkieselten Membranteile hyalin bleiben. In Dauerpräparaten ist Safranin am längsten haltbar.

Durch alle obengenannten Reagentien wird die Kappe auch nach längerer Einwirkung von CuOxAm gefärbt, sie bleibt dagegen ungefärbt nach KOH-Behandlung.

Alle diese Reaktionen beweisen, daß die Kappe aus Pektinstoffen besteht.

Nach längerer Behandlung mit CuOxAm (Taf. 65, Fig. 9) löst sich die innere Zelluloseschicht (C) von dem verkieselten oberen Teile (S) der Haarwand ab; dann sind ohne Schwierigkeit an der Innenfläche des letzteren (Si) kleine, dicht nebeneinander liegende, kreisrunde, hyaline Fleckpunkte zu sehen, wahrscheinlich Anheftungspunkte der inneren Zelluloseauskleidung (Ce) an die verkieselte Wandschicht (Si) des Brennhaares. Sie sind erst nach der Einwirkung von CuOxAm, ohne Färbung, sichtbar (Taf. 65, Fig. 9).

Die subkutikuläre äußere Schicht der verkieselten Membran, welche im unteren Haarteil die oben erwähnte spiralg verlaufende Struktur aufweist, enthält im oberen Teile, und zwar am Halse unter dem Köpfchen, körnchenartige Einschlüsse, welche die s. g. „Plasmareaktion“ mit Chlorzinkjod oder noch besser mit Methylviolett in H_2SO_4 zeigen. Diese Körnchen liegen dicht gedrängt (Taf. 65, Fig. 7 e), etwa so wie die eben erwähnten Punkte an der Innenfläche der verkieselten Membranschicht. Sie sind bei allen Brennhaaren der Urticaceen und Loasaceen vorhanden.

Welche Bedeutung diese Membrandifferenzierung in einem so hoch spezialisierten Organ, wie das Brennhaar, haben kann, läßt sich nur in experimentellem Wege feststellen.

Das Experiment zeigt, daß die Brennhaare von *Girardinia* als Trichomhydathoden fungieren. In mit Dampf gesättigter Atmosphäre scheiden die Pflanzen bei höherer Temperatur im Gewächshause schon nach einigen Stunden, sonst aber regelmäßig am

frühen Morgen, an den Brennhaarspitzen Wassertropfen aus, die am Köpfchen oder am Halse unter dem Köpfchen haften. Die weiblichen Infloreszenzen gewähren dann mit ihren dicht gedrängten, beperlten Brennhaaren einen wunderschönen Anblick.

Daß die subkutikularen körnchenartigen Gebilde am Haarhalse denselben Charakter wie die Kappen haben und auch dieselbe Rolle spielen, wird durch das Erscheinen von Wasserperlen auch unterhalb des Brennhaarköpfchens bewiesen. Hiermit stimmt auch ihre Entwicklung überein sowie ihre Ähnlichkeit mit analogen, weiter unten beschriebenen Bildungen im Köpfchenseitel der Brennhaare anderer Urticaceen.

Dem von uns bei *Girardinia* festgestellten anatomischen Hydathodentypus den Brennhaare nähern sich am meisten die von Haberlandt (5) bei *Gonocaryum pyriforme* und *Anamirta Cocculus* beschriebenen, einzelligen, Wasser ausscheidenden Trichomhydathoden.

III.

Die verschiedenen Haartypen der Urticaceen sind bekanntlich durch Übergänge miteinander verbunden (es sei in dieser Hinsicht nur auf die Arbeit von Delbrouck [1] hingewiesen), es erschien also die Annahme begründet, daß die Hydathodenfunktion dieser Gebilde nicht auf die Gattung *Girardinia* beschränkt sein dürfte. Die von uns durchgeführten Experimente haben in der Tat bewiesen, daß die genannte Funktion auch den Brennhaaren von *Urtica* und *Laportea* zukommt; dasselbe gilt auch für die Loasaceen: *Loasa*, *Caiophora* und *Blumenbachia*. Im Bau der Brennhaare stimmen aber alle diese Gattungen mit den *Girardinia*-Arten nicht ganz überein. Eine zusammenhängende Pektinkappe fand ich in den Brennhaarköpfchen dieser Pflanzen, auch bei Anwendung der gewöhnlichen Farbstoffe, nicht. Nach Chlorzinkjod-Behandlung erschien aber bei *Urtica* der apikale, subkutikulare Teil des Brennhaarköpfchens und auch der Halsteil unter dem Köpfchen braun gefärbt. Auch beim H_2SO_4 + Methylviolett-Verfahren speicherten dieselben Teile den Farbstoff reichlich auf (Taf. 65, Fig. 10 a, b, c). Wie eine genauere Untersuchung ergab, handelt es sich hier bei allen von mir untersuchten Arten um zerstreute, zwischen der Kutikula und dem Kieselpanzer des Brennhaares gelagerte Körnchengebilde, die mit den bei *Girardinia* im Halsteil befindlichen voll-

kommen übereinstimmen. Diese Halsstruktur dürfte dem Urtypus des Brennhaares der Urticaceen und Loasaceen eigen sein. Im Bau des Brennhaarscheitels finden wir, wie aus obigem erhellt, eine ziemlich große Mannigfaltigkeit: während die Pektinkappe des Brennhaares einer weiblichen Infloreszenz von *Girardinia* den höchsten Entwicklungsgrad darstellt, haben wir in den Brennhaaren vegetativer Organe derselben Gattung einen Reduktionstypus, der einen Übergang zu dem *Urtica*-Typus bildet, wo anstatt einer Kappe Körnchengruppen auftreten. Eine Untersuchung der Brennhaare der Hydrophyllaceen und Euphorbiaceen würde vermutlich unsere Kenntnisse dieser Organe in Bezug auf ihren Bau und ihre Funktion erweitern.

Folgende Pflanzenarten habe ich untersucht und bei lebenden Exemplaren die Guttation der Brennhaare festgestellt: *Urtica dioica*, *U. urens*, *U. lusitanica*, *U. Dodartii*, *U. pilulifera*, *U. palmata*, *Laportea gigas*, *L. moroides*, *L. peltata*, *Girardinia cuspidata*, *G. heterophylla*. Bei allen genannten Urticaceen bestätigte die mikroskopische Untersuchung den Hydathodencharakter der Brennhaare. Dasselbe gilt für die Loasaceen: *Loasa papaverifolia*, *L. vulcanica*, *L. urens*, *L. hispida*, *Caiophora lateritia*, *Blumenbachia insignis*, *B. Hieronymi*.

Bei folgenden, nur in trockenem Zustande untersuchten Pflanzen konnte ich die gleiche anatomische Struktur feststellen: *Urtica Kiowiensis*, *U. membranacea*, *U. caudata*, *U. Balearia*, *U. cannabina*, *Laportea canadensis*. Überall sind Körnenschichten am Scheitel und am Halse des Brennhaares vorhanden.

Herrn Professor Raciborski, der mich bei Durchführung dieses Studiums mit Rat und Tat unterstützte, bin ich zum herzlichsten Dank verpflichtet.

Aus dem Botanischen Institut der Jagellonischen Universität in Krakau.

Literatur.

1. Delbrouck Conrad: Die Pflanzen-Stacheln. Bonn, 1875.
2. Dębski Bronisław: O budowie i mechanizmie ruchów liści u Marantowatych. Rozpr. Wydz. mat.-przyr. Ak. Um. Tom XXXI. Kraków, 1896.
3. Haberlandt Georg: Zur Anatomie und Physiologie der pflanzlichen Brennhaare. Sitzgsber. d. Wien. Ak. d. Wissensch. 1886. Bd. XCIII, 1. Abt.
4. Haberlandt Georg: Über Einkapselung des Protoplasmas mit Rücksicht

- auf die Funktion des Zellkernes. Sitzgsber. d. Wien. Ak. d. Wissensch. 1889. Bd. XCVIII, 1. Abt.
5. Haberlandt Georg: Über Bau und Function der Hydathoden. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. Bd. XII. Berlin, 1894. S. 367—378, Tafel. XXIV.
 6. Knoll F.: Die Brennhaare der Euphorbiaceen-Gattungen *Dalechampia* und *Tragia*. Sitzgsber. d. Wien. Ak. d. Wissensch. Bd. CXIV. 1905, 1. Abt.
 7. Kohl F. G.: Wachstum und Eiweißgehalt vegetabilischer Zellhäute. 1889. Bot. Cbl. X. Bd. 37, S. 1, Tafel 1.
 8. Krabbe G.: Ein Beitrag zur Kenntnis der Struktur und des Wachstums vegetabilischer Zellhäute. 1887. Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot. XVIII, Heft 3.
 9. Mangin L.: Sur l'emploi du rouge de ruthénium en anatomie végétale. C. R. CXVI. Paris, 1893. S. 653.
 10. von Minden Max: Beiträge zur anatomischen und physiologischen Kenntnis Wasser-secernierender Organe. Bibl. bot., Heft 46. Stuttgart, 1889.
 11. Renner O.: Zur Morphologie und Ökologie der pflanzlichen Behaarung. Flora, Bd. 99, Heft 2. München, 1908.
 12. Tunmann O.: Pflanzenmikrochemie. Berlin, 1913.

Erklärung der Tafel 65.

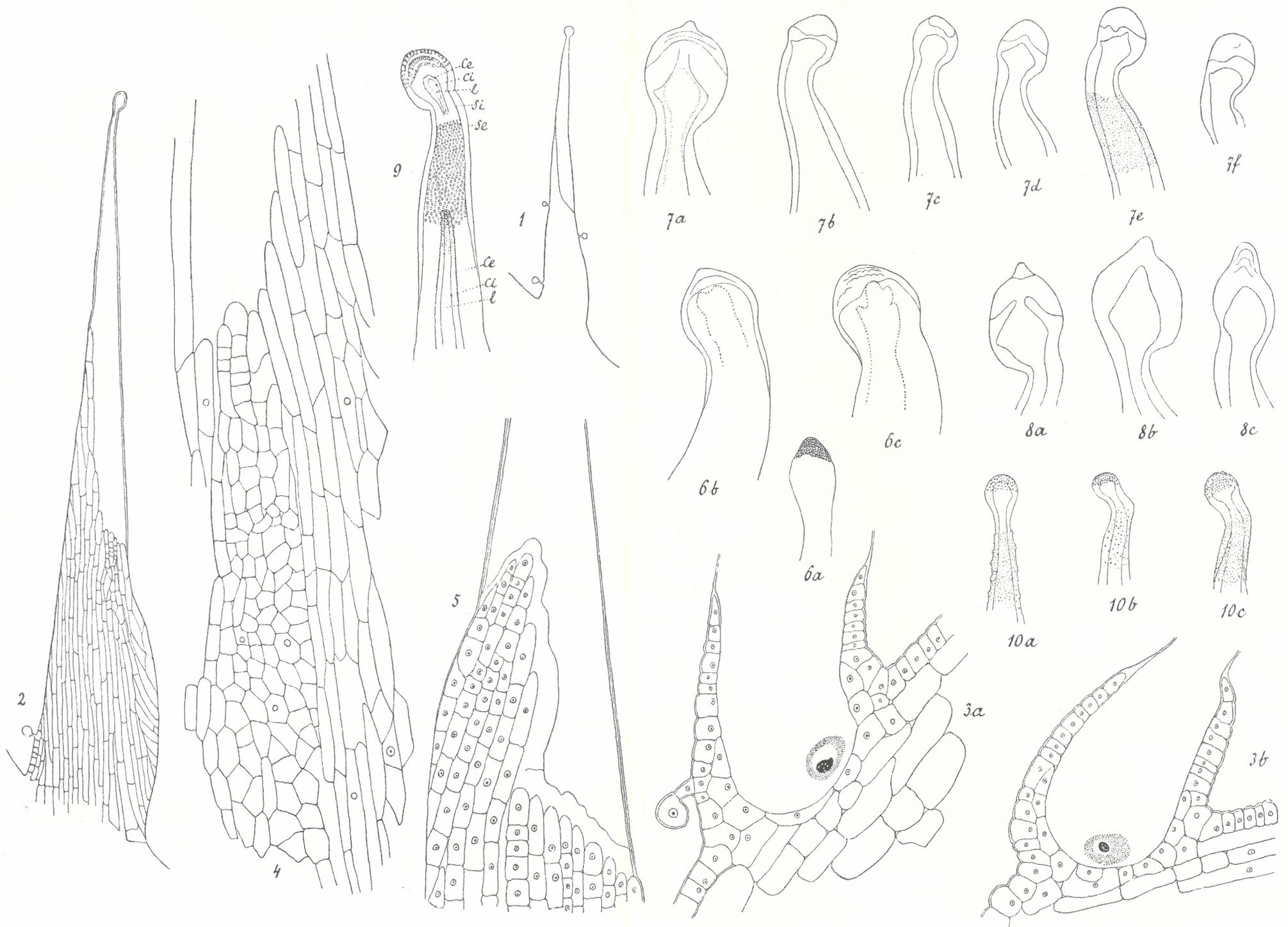
Fig. 1—9: *Girardinia cuspidata*.

- 1, 2. Brennhaar, Totalansicht.
- 3 *a, b*. Längsschnitt durch den basalen Teil eines jungen Brennhaares. Anfangsstadien der arillusartigen Hülle.
4. Verschiedene Teilungsstadien der Hüllenzellen.
5. Ein Ausläufer der Hülle.
- 6 *a, b, c*. Entwicklungsstadien des Brennhaarköpfchens.
7. Brennhaarköpfchen: *a* von einer weiblichen Infloreszenz, *b—f* von vegetativen Organen. In 7 *e* wurden die Pektinkörnchen des Halsteiles eingetragen.
8. Brennhaarköpfchen von einer weiblichen Infloreszenz: *a* junges Stadium, *b, c* ältere Stadien.
9. Der obere Teil eines Brennhaares, nach Behandlung mit CuOxAm mit Safranin gefärbt. *l* Lumen der Brennhaarzelle; *C* Zellulosemembran: *Ce* äußere, *Ci* innere Schicht; *S* verkieselte Membran: *Se* äußere Schicht, *Si* innere Schicht mit kreisrunden hyalinen Fleckpunkten.

Fig. 10: *Urtica urens*.

- 10 *a, b, c*. Brennhaare, mit $H_2SO_4 +$ Methylviolett behandelt; Körnchengruppen des Köpfchens und des Halsteiles.





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

SÉRIE B: SCIENCES NATURELLES.

DERNIERS MÉMOIRES PARUS.

(Les titres des Mémoires sont donnés en abrégé).

R. Nussenblatt. Contribution à l'analyse du choix des représentations associées	Mai 1914
M. Ramult. Entwicklungsbedingungen der Sommererier von <i>Daphnia</i>	Mai 1914
M. Koupacki. Einfluß des verdünnten Seewassers auf Entwicklung der Echinideneier	Mai 1914
B. Namysłowski. Microorganismes des eaux bicarbonatées et salines en Galicie	Mai 1914
B. Hryniewiecki. Spaltöffnungen bei den Dikotylen. II.	Mai 1914
M. Kowalewski. The Genus <i>Aulodrilus</i> Bretscher 1899 and its Representatives	Juin 1914
G. Bikeses et L. Zbyszewski. Über den Einfluß von Schlafmitteln und von Bromsalzen auf die Erregbarkeit und die Summationsfähigkeit der Großhirnrinde	Juin 1914
J. Rothfeld. Über den Einfluß der Kopfstellung auf die vestibulären Reaktionsbewegungen beim Tiere	Juin 1914
S. Waśniewski. Der Einfluß der Temperatur, des Lichtes und der Ernährung mit Stickstoff und Mineralstoffen auf den Stoffwechsel in den Keimpflanzen des Weizens	Juin 1914
J. Jarosz. Fauna des Kohlenkalks in der Umgebung von Krakau. Brachiopoden, I.	Juil. 1914
St. Pietruski. Mikroskopische Ananomie d. Verdauungskanal bei Knochenfischen	Juil. 1914
W. Poliński. Quartäre Mollusken von Ludwinów	Juil. 1914
J. Małkowska. Jugendblätter von <i>Angiopteris Teysmanniana</i>	Juil. 1914
N. Cybulski, S. Woliczko. Abhängigkeit der Aktionsströme der Muskeln von der Temperatur	Juil. 1914
M. Eiger. Physiologische Grundlagen der Elektrokardiographie II.	Juil. 1914
L. Adametz, E. Niezabitowski. In Złoczów gefundene Pferde- und Ziegenknochenüberreste	Juil. 1914
N. Cybulski, S. Jeleńska-Macieszyna. Aktionsströme der Großhirnrinde	Juil. 1914
W. Wietrzykowski. Développement de l' <i>Etiwardsia Beautempsii</i>	Juil. 1914
M. Bogucki. Régénération du testicule de la salamandre	Juil. 1914
Ch. Hessek. Bedeutung d. normalen Lage der Keimscheibe des Hühnereies	Juil. 1914

TABLE DES MATIÈRES.

Octobre 1914.

	Page
CH. HESSEK. Die Bedeutung der normalen Lage der Keimscheibe für die Entwicklung des Hühnereies (Schluß)	833
S. TENENBAUM. Neue Käferarten von den Balearen	837
EL. ESTREICHER. Über die Kälteresistenz und den Kältetod der Samen	844
S. JELEŃSKA-MACHESZYNA. Über die Frequenz der Aktionsströme in willkürlich kontrahierten Muskeln	880
K. ROUPPERT. Beitrag zur Kenntnis der pflanzlichen Brennhaare	887

Le *»Bulletin International«* de l'Académie des Sciences de Cracovie (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) contient les travaux qui se rapportent aux Sciences Biologiques. Les abonnements sont annuels et partent de janvier. Prix pour un an (dix numéros): Série A ... 8 K; Série B ... 10 K.

Les livraisons du *»Bulletin International«* se vendent aussi séparément.

Adresser les demandes à la Librairie *»Spółka Wydawnicza Polska«*
Rynek Gł., Cracovie (Autriche).

Prix 2 K 50 h.
