

275

ENCYKLOPÆDIE

DER

NATURWISSENSCHAFTEN

HERAUSGEGEBEN

VON

PROF. DR. G. JÄGER, PROF. DR. A. KENNGOTT,
PROF. DR. LADENBURG, PROF. DR. VON OPPOLZER,
PROF. DR. SCHENK, GEH. SCHULRATH DR. SCHLÖMILCH,
PROF. DR. G. C. WITTSTEIN, PROF. DR. VON ZECH.

ERSTE ABTHEILUNG, 12. LIEFERUNG

ENTHÄLT:

HANDBUCH DER BOTANIK

DRITTE LIEFERUNG.



BRESLAU,
VERLAG VON EDUARD TREWENDT.

1880.



90425/I-3

90425/I-1

58(03)

Inhalt der zwölften Lieferung.

Fortsetzung des Handbuchs der Botanik. Enthaltend: »Die Krankheiten der Pflanzen« von Prof. Dr. B. FRANK. (Seite 327—470.)

Zur gefälligen Kenntnissnahme.

Die verspätet abgelieferte Fortsetzung der Abhandlung über Gefässkryptogamen von Prof. Dr. SADEBECK, ist im Satz, und wird den Abonnenten mit der fünften Lieferung Botanik als Schluss des ersten Bandes dieses Handbuchs nachgeliefert werden.

Die Verlagsbuchhandlung.

Buchbinder!

Signatur 17, 18, 19, 20, 21, 22 findet sich am Schluss der 5. Lieferung Botanik, worauf beim Binden zu achten!

Die Verlagsbuchhandlung.

ZBIORY SLASKIE

Inhaltsverzeichniss.

	Seite
Vorwort.	V
Inhaltsverzeichniss	VII

I. Die Wechselbeziehungen zwischen den Blumen und den ihre Kreuzung vermittelnden Insekten

von Dr. HERM. MÜLLER.

Einleitung	I
Kap. I. Die gewöhnlichen Bestandtheile einer Blume und ihre Lebensverrichtungen. .	3
„ II. Der Befruchtungsvorgang.	6
„ III. Wirkungen der Kreuzung und Selbstbefruchtung. Anwendung der Selections- theorie zur Erklärung der Blumen	7
„ IV. Die verschiedenen Arten der Kreuzungsvermittlung	10
„ V. Die als Kreuzungsvermittler thätigen Insekten und ihre Ausrüstung zur Ge- winnung von Blummahrung.	17
„ VI. Ermöglichung der Kreuzung durch Insekten	31
„ VII. Wirkung gesteigerter Augenfälligkeit der Blumen	34
„ VIII. Steigerung des Insektenbesuchs durch Gerüche und dargebotene Genuss- mittel oder nutzbare Stoffe	42
„ IX. Durchführung der Arbeittheilung zwischen Blütenstaub und sonstigen Lockspeisen	45
„ X. Schutzmittel der Blumen. Beschränkung des allgemeinen Insektenzutrittes .	50
„ XI. Stufenweiser Uebergang der Blumen zur Anpassung an bestimmte Insekten- formen	55
„ XII. Anpassung der Blumen an Schmetterlinge	59
„ XIII. Anpassung der Blumen an wespenartige Insekten	63
„ XIV. Anpassung der Blumen an Zweiflügler	69
„ XV. Einfluss neuer Lebensbedingungen auf bereits ausgeprägte Blumen . . .	74
„ XVI. Gross- und kleinhüllige Blumen bei Pflanzen derselben Art	77
„ XVII. Lang- und kurzgriffelige Blumen bei Pflanzen derselben Art	83
„ XVIII. Ursprung der Blumen	87
„ XIX. Weitere Wirkungen der Blumen an die Ausbildung ihrer Kreuzungsvermittler.	93
„ XX. Bedeutung der besprochenen Anpassungen für unsere Naturauffassung .	101
Anmerkungen und literarische Nachweise.	107

II. Die insektenfressenden Pflanzen

von Dr. O. DRUDE.

	Seite
Einleitung	113
Historische Entwicklung der Idee. Literatur	114
Präcisirung des Themas	118
Drosera	122
Aldrovanda	127
Dionaea	128
Pinguicula	132
Utricularia	133
Sarracenia	135
Darlingtonia	136
Nepenthes	137
Ernährungsweise der insektenfressenden Pflanzen	138
Die Fermentwirkungen	141

III. Die Gefässkryptogamen

von Professor Dr. SADEBECK.

1. Einleitung	147
2. Bau der reifen Sporen	150
3. Die Keimung	154
4. Das Prothallium	158
5. Entwicklung und Bau der Sexualorgane	179
6. Das Embryo	208
Nachtrag zum ersten Abschnitt	235
7. Die Vegetationsorgane	239
8. Die Sporangien	311

IV. Die Pflanzenkrankheiten

von Professor Dr. B. FRANK.

Einleitung	327
Wirkungen mechanischer Einflüsse	334
1. Von den Wirkungen des Raummangels	334
2. Von den Wunden	337
Krankheiten, welche durch Einflüsse der anorganischen Natur hervorgebracht werden	407
1. Von den Wirkungen des Lichtes	407
2. Von den Wirkungen der Temperatur	411
3. Beschaffenheit des Mediums	431
4. Witterungsphänomene	467
Krankheiten, welche durch andere Pflanzen hervorgebracht werden	471
Parasitische Pilze	471
1. Die durch Chytridiaceen verursachten Krankheiten	475
2. „ „ Saprolegniaceen „ „	477
3. „ „ Peronosporaeen „ „	478
4. „ „ Discomyceten „ „	482
5. „ „ Pyrenomyceten „ „	489
6. Die Brandkrankheiten	509
7. Die Rostkrankheiten	514
8. Die durch Hymenomyceten verursachten Krankheiten	524
Krankheiten, welche durch Thiere hervorgebracht werden	530
1. Thierische Parasiten von auszehrender Wirkung	531
2. Gallen erzeugende thierische Parasiten	532

V. Die Morphologie der Phanerogamen

von Professor Dr. O. DRUDE.

	Seite
Einleitung	571
Historische Entwicklung	573
I. Allgemeine Gliederung der Phanerogamen	578
II. Morphologie der Vegetationsorgane	603
1. Allgemeine Anordnung der Sprossungen	603
2. Spezielle Morphologie der Caulome und Phyllome	635
3. Die Metamorphose der vegetativen Sprossungen	661
III. Die Sexualität der Phanerogamen	669
IV. Die Morphologie der Blüthe und Frucht	694
1. Die Inflorescenzen	695
2. Allgemeiner Aufbau der Blüthe	703
3. Spezialmorphologie des Perianthiums	720
4. „ „ Androeceums	723
5. „ „ Gynaeceums und Frucht	727

Illustrationsregister	751
Namen- und Sach-Register	753

Die Pflanzenkrankheiten.

Von
Prof. Dr. B. Frank
in Leipzig.

Einleitung.

Die Krankheiten der Pflanzen sind Gegenstand einer besonderen Wissenschaft innerhalb der Botanik, welche die Lehre von den Pflanzenkrankheiten, der Pflanzenpathologie oder Phytopathologie heisst.

Gesundheit und Krankheit bezeichnen Zustände, die ohne Grenze in einander übergehen. Im Pflanzenreiche möchte es sogar oft noch weniger als im Thierreiche sich entscheiden lassen, ob ein Individuum gesund oder krank zu nennen ist. Denn diejenige Abhängigkeit des ganzen Organismus von den einzelnen Organen und umgekehrt, wie sie im thierischen Körper besteht, finden wir bei der Pflanze nicht. Hier giebt es kein von einem Centralorgan geleitetes und den ganzen Organismus beherrschendes Nerven- und Blutgefässsystem, sondern die Lebenserscheinungen setzen sich nur aus der physiologischen Thätigkeit der einzelnen Zellen zusammen. Darum können auch bei der Pflanze einzelne Organe vom Körper getrennt werden, z. B. Zweige vom Stamm, Blätter von den Zweigen, einzelne Theile von den Blättern, ohne dass dadurch sowol das direkt verletzte Organ als auch der Gesamtorganismus in seiner Lebensfähigkeit gestört, ja oft, ohne dass dadurch die Lebenserscheinungen merklich verändert werden. Wenn daher solche einzelne Organe durch einen Krankheitsprozess zerstört werden, so braucht der allgemeine Zustand des ganzen Individuums dadurch nicht afficirt zu werden, und doch haben wir es mit einer Pflanzenkrankheit zu thun. Wir sind daher in der Phytopathologie ganz besonders und in erster Linie auf die krankhaften Beschaffenheiten und Thätigkeiten der Pflanzentheile hingewiesen und haben nach dem Individuum erst an zweiter Stelle zu fragen. Wenn wir finden wollen, ob etwas in diesem Sinne krankhaft an einer Pflanze ist, so ist das nur möglich durch Vergleichung mit den anderen Individuen derselben Species, und wir müssen dann Krankheit jede Abweichung von den normalen Zuständen der Species nennen. Denn da die Arten unter einander verschieden sind, so kann ein Zustand bei einer Pflanze abnorm, also krankhaft sein, der bei einer anderen Species normal ist, z. B. der Mangel der grünen Farbe. Nach dieser Definition gehört auch die Teratologie oder die Lehre

von den Bildungsabweichungen, die bisweilen selbständig behandelt wird, mit zur Pathologie.

Von den pathologischen Veränderungen sind nicht immer streng die Variationen der Pflanze zu scheiden, die grösstentheils zu den normalen Formen der Species gehören. Manche durch Kultur erzeugte Varietäten haben indess wirklich pathologische Merkmale, d. h. solche, mit welchen eine Unterdrückung oder Beeinträchtigung normaler Lebensprozesse verbunden ist, z. B. der Blumenkohl, die Varietäten mit panachirten Blättern, gefüllten Blüten. Andererseits gelten uns manche durch Kultur erzeugte Varietäten ohne pathologische Merkmale so sehr als Norm, dass wir unwillkürlich geneigt sind, das Zurückschlagen auf die Zustände, welche die Species in der Wildniss zeigt, die aber auch nicht pathologisch sind, als abnorm und krankhaft zu betrachten, z. B. das Dünn-, Holz- und Zuckerarmwerden der Möhrenwurzeln, das Steinigwerden des Kernobstes. Es kann also vorkommen, dass man eine und dieselbe Pflanze bald für krank, bald für gesund erklärt, je nachdem man sich auf den Standpunkt des Pflanzenzüchters oder des theoretischen Botanikers stellt.

Auch nach einer anderen Richtung hat der Begriff der Pflanzenkrankheit keine Grenze, nämlich in Bezug auf die verschiedenen Formen der Symbiose, von welcher der Parasitismus nur ein besonderer, aber nicht scharf abgegrenzter Fall ist. Viele Parasiten bringen zwar an den Pflanzen ausgeprägt krankhafte Effekte hervor, die meist die Zerstörung der befallenen Theile zur Folge haben. Aber es giebt auch Schmarotzer, bei denen der ergriffene Pflanzentheil nicht zerstört wird, sondern am Leben bleibt, sich sogar, wenn er dessen überhaupt fähig ist, dauernd verjüngt, aber unter abnormen Gestaltsverhältnissen und oft unter abnorm gesteigerter Produktion von Pflanzensubstanz: Parasit und Pflanzentheil sind zu einer Bildung vereinigt, in welcher beide zusammen leben können (z. B. Hexenbesen der Weisstanne, Wurzelknöllchen der Leguminosen und der Erlen, Luftwurzeln von *Laurus canariensis*, die meisten der durch Thiere verursachten Gallen). Trotzdem gehören auch diese Erscheinungen noch in die Pathologie, weil es sich hier um abnorme Bildungen an der übrigens normalen Nährpflanze handelt. Endlich giebt es sogar Fälle, wo der Parasit sich mit der ganzen Nährpflanze derart verbindet, dass beide unter eigenthümlicher Form mit einander gedeihen, Doppelwesen bilden, wie die Lichenen. Diese können nicht mehr als pathologische Objecte gelten.

Bei jeder Krankheit ist zu unterscheiden: a) das Wesen derselben, d. i. die Abweichung des Lebens vom normalen Zustande, b) die Symptome, d. i. die äusseren Zeichen, die Merkmale der Krankheit, überhaupt die wahrnehmbaren Veränderungen der Pflanze, welche mit der Krankheit verbunden sind, und c) die Krankheitsursache.

Da der sinnlichen Wahrnehmung zunächst die Symptome sich darbieten, so hat der Sprachgebrauch häufig nach diesen die Krankheiten mit Namen belegt. Aber diese Bezeichnungen sind oft ungenügend und können Irrthum veranlassen. Denn irrthümlich wäre es, aus den gleichen Symptomen auf dieselbe Ursache zu schliessen. Nicht selten sind die Symptome bei verschiedenen Krankheitsursachen gleich. Dies gilt z. B. von den Bezeichnungen Fäule, Gelbsucht, Blattfleckenkrankheit. Fäulnisprocesse können die Folge sein von Tödtung durch Verwundung oder durch ungünstige Temperaturverhältnisse oder durch Erstickung bei ungenügender Zufuhr sauerstoffhaltiger Luft oder durch Schmarotzerpilze, welche sich in dem Pflanzentheile angesiedelt hatten. Das Unterbleiben der Chlorophyllbildung, beziehentlich die vorzeitige Zerstörung des gebildeten Chlorophylls, wobei normal grüne Theile gelb aussehen, kann eintreten bei Lichtmangel, aber auch bei ungünstigen Temperaturverhältnissen, ferner bei ungenügender

Ernährung, nämlich wenn Eisen unter den Nährstoffen fehlt, desgleichen auch oft wenn die Pflanze in Folge von Dürre vorzeitig dahinsiecht, endlich ist es das hauptsächlichste Symptom beim Auftreten gewisser Schmarotzerpilze und einiger parasitischer Thiere. Gebräunte, vertrocknete Blattflecken können das Zeichen verschiedenartiger pathologischer Einflüsse sein, sie rühren bald von Ernährungsanomalien, bald von Frostwirkungen, bald von Verletzungen durch kleine Thiere her und werden endlich durch eine grosse Anzahl verschiedener Schmarotzerpilze verursacht.

Die Aufgabe der Pflanzenpathologie ist eine dreifache. Sie belehrt 1. über das Wesen und die Symptome jeder Pflanzenkrankheit und stellt so die reine Pathologie dar; 2. über die Krankheitsursachen, in welcher Beziehung sie auch als Aetiologie bezeichnet wird; 3. über die Mittel zur Heilung und Verhütung der Krankheiten (Therapie und Prophylaxis). Bei der Darstellung hat die Pflanzenpathologie die Krankheiten einzeln zu besprechen und bei jeder das Pathologische, Aetiologische und die auf Therapie und Prophylaxis bezüglichen Angaben zusammen aufzuführen.

Eine wissenschaftlich geordnete Eintheilung der Pflanzenkrankheiten lässt sich nur nach den Krankheitsursachen geben. Dies würde nun aber nicht möglich sein, wenn wir nicht von der weitaus grössten Zahl der Pflanzenkrankheiten die bestimmte Ursache anzugeben vermöchten. In dieser Beziehung ist die Pathologie der Pflanzen gegen die thierische vielfach im Vortheil. Denn bei der einfacheren Organisation der Pflanze aus Zellen, deren Lebenserscheinungen nicht durch andere Organthätigkeiten complicirt werden und die alle der Beobachtung sich leicht zugänglich machen lassen, ohne hierbei ihre Beschaffenheit erheblich zu ändern, ist hier nicht bloss das Wesen der Krankheit meist klar zu erkennen, sondern wir können auch oft die Krankheit als die unmittelbare Folge der Einwirkung bestimmter äusserer Agentien nachweisen, theils durch Untersuchung der Entwicklungsstadien einer vorhandenen Krankheit, theils dadurch, dass sich dieselbe absichtlich und künstlich erzeugen lässt, wenn wir die Pflanze den fraglichen Einflüssen aussetzen.

Diese klaren Beziehungen zwischen Ursache und Folge im Bereiche der Pflanzenkrankheiten gelten nicht bloss von den meisten Einwirkungen der anorganischen Natur, sondern, was in der Thierpathologie vielfach noch ganz verschleiert ist, auch von den Contagien. Die ansteckenden Krankheiten der Pflanzen sind alle parasitärer Natur, und die Parasiten der Pflanzen sind mit wenigen Ausnahmen in ihrer Entwicklung unschwer zu verfolgen. Denn hier handelt es sich nicht um jene auf der Grenze der Beobachtung stehenden Wesen, die Bakterien, welche vorzugsweise die Parasiten des thierischen Körpers sind. Die Sporen der pflanzenbewohnenden Schmarotzerpilze, welche gewöhnlich das eigentliche Contagium bilden und die Krankheit auf andere Individuen übertragen, sind, wenn auch mikroskopische, doch meistens verhältnissmässig grosse Gebilde, die sich, wenn sie auf eine Pflanze übertragen worden sind, meist genau in ihrer Keimung, in der Art und Weise des Eindringens ihrer Keime in die Pflanze und in ihrer Weiterentwicklung in derselben verfolgen lassen. Nur eine verhältnissmässig kleine Anzahl von Pflanzenkrankheiten giebt es, deren Ursache noch nicht sicher ermittelt ist. Um die letzteren bei der Eintheilung der Krankheiten nach den Ursachen unterbringen zu können, wird es erlaubt sein, sie provisorisch an derjenigen Stelle aufzuführen, wohin sie vermuthungsweise gehören, dafern wir nur den Mangel des Beweises für die Berechtigung dieser Stellung hervorheben.

Bei der Frage nach den Krankheitsursachen interessirt es zunächst zu wissen,

ob der pflanzliche Organismus nur durch ausserhalb desselben liegende Ursachen krankhaft afficirt wird, oder ob man auch, wie es in der thierischen Pathologie in der That geschieht, Krankheitsursachen annehmen muss, welche im Organismus selbst gegeben sind. Wenn z. B. eine in schwachem Lichte oder in wasserundustreicher Luft gezogene Pflanze den Einwirkungen der Trockenheit oder der Kälte weniger widersteht als die unter anderen Verhältnissen erwachsenen Individuen derselben Pflanzenart, so würde es ein Irrthum sein, wenn man glauben wollte, dass hier eine ursprüngliche Disposition zur Erkrankung im Organismus verborgen gelegen habe. Denn unter den Einflüssen jener Verhältnisse hat die Pflanze schon wirklich krankhafte Veränderungen erlitten, von denen wir genaue Rechenschaft geben können, und der geringere Widerstand gegen Trockenheit oder Kälte ist nur eine weitere Folge dieses pathologischen Zustandes. Aber ein anderer Umstand könnte den Gedanken erwecken, dass bei den Pflanzen in der Constitution begründete, durch keine äusseren Einflüsse verursachten Krankheiten existiren. Es sind dies gewisse Varietäten mit pathologischen oder teratologischen Merkmalen, welche sich mit diesen Merkmalen durch Samen fortpflanzen lassen. Diese Thatsache, welche also jedenfalls beweist, dass auch abnorme Eigenschaften bei Pflanzen erblich werden können, ist besonders von GODRON¹⁾ an manchen Missbildungen constatirt worden, z. B. von *Ranunculus arvensis*, der aus gewöhnlichen stacheligen Früchten mehrere Generationen hindurch Pflanzen mit glatten Früchten ergab, von *Datura Tatula*, welche aus Samen von Pflanzen mit normal stacheligen Kapseln mehrere Jahre constant Pflanzen lieferte, denen die Stacheln an den Früchten fehlten, von *Corydalis cava*, welche 5 Generationen hindurch statt der zygomorphen Blüten actinomorpe, zweigespornte Blüten bildete. Ebenso hat man aus den Samen, welche eine *Lobelia Erinus* lieferte, die abnormer Weise 3 Cotyledonen besass, ungefähr ebensoviel Individuen wieder mit 3, als mit 2 Cotyledonen erhalten²⁾. Aehnliche Beispiele der Erbllichkeit von Bildungsabweichungen liessen sich auch aus den in den letzten Jahren von HOFFMANN in der Botanischen Zeitung veröffentlichten Culturversuchen herauslesen. GODRON hat daher im Hinblick auf diese Erscheinungen von teratologischen Racen gesprochen. Noch bemerkenswerther ist eine Racenbildung durch Vererbung wirklich pathologischer Zustände, welche, wenn sie in hohem Grade auftreten, sogar tödtlich werden können. Es ist dies die Erbllichkeit der Panachirung der Blätter, einer in partieller Chlorose oder Icterus bestehenden Krankheit, die an vielen Zierpflanzen bekannt ist. Aus MORREN's³⁾ Versuchen geht hervor, dass sich diese Erscheinung vielfach durch Samen reproduciren lässt, also wirklich vererbbar ist, und dass man also hier von wahren pathologischen Racen reden kann. Wir werden diese Thatsachen richtig würdigen und das allgemeinere Gesetz finden, unter welches sie gehören, wenn man sie zu den Erscheinungen der Variation rechnet. Denn diese teratologischen und pathologischen Racen sind nachweislich aus der normalen Form der Species hervorgegangen und lassen sich immer von Neuem aus derselben gewinnen. Variation ist aber die in der Pflanzennatur begründete Fähigkeit, überhaupt neue Merkmale anzunehmen, ganz ohne Rücksicht auf die Qualität derselben. Es brauchen beim Variiren der Pflanzen nicht immer nur solche neue Eigenschaften aufzutreten, welche vor-

¹⁾ Des races végétales etc. Nancy 1874.

²⁾ Sitzungsber. d. Gesellsch. naturforsch. Freunde zu Berlin, 16. Nov. 1869.

³⁾ Hérédité de la Panachure. Bruxelles 1865.

theilhaft für die Lebensthätigkeiten der Pflanze sind. Vielmehr liegt im Begriff des Variirens ebensowol das Auftreten von Eigenschaften, die in irgend einer Beziehung den Lebenszwecken der Pflanze nicht entsprechen. Dass neu erworbene Merkmale vererbt werden können, ist ebenfalls eine bekannte Thatsache und auch hierbei ist die Qualität derselben irrelevant. Es ist also nichts Befremdendes, dass auch Merkmale von teratologischem oder pathologischem Charakter vererbbar sind. Sich selbst überlassen, werden sie natürlich bald wieder verschwinden; aber ebenso selbstverständlich ist es, dass sie, wenn der Pflanzenzüchter sie absichtlich auswählt, sich erhalten und zu wirklichen Racen ausbilden, sofern nur ihre pathologischen Merkmale von einer Art oder von einem Grade sind, dass das Leben dadurch nicht ohne weiteres gehemmt wird. Von dem Gesichtspunkt des Variirens aus würde man auch die Behauptung aussprechen können, dass Pflanzen eine Neigung oder Prädisposition zu einer Krankheit sich aneignen, mit anderen Worten, dass sie gewisse neue Eigenschaften annehmen können, mit denen sie einem krankmachenden Einfluss weniger zu widerstehen vermögen. Allein wo irgend etwas derartiges vorkommen sollte, berechtigt nichts zu der Annahme, dass in diesen neuen Eigenschaften an und für sich etwas Krankhaftes liegt. Grössere Dünne der Cuticula oder der Korkschicht, grössere Zartheit der Zellmembranen und Aehnliches könnten vielleicht parasitischen Pilzen das Eindringen und die Verbreitung in der Nährpflanze erleichtern. Pflanzen mit solchen Eigenschaften würden also dann leichter von Krankheiten, die durch jene Parasiten verursacht werden, ergriffen werden. Das häufigere Erkranken gewisser Kartoffelsorten an der Kartoffelkrankheit ist vielleicht auf diese Weise zu erklären. Pflanzen mit später oder langer Entwicklungsperiode, wo die Theile erst spät im Jahre ihre Reifebildung erreichen, können den ersten Frösten leichter erliegen, als wenn unter sonst gleichen Umständen ihre Vegetation früher abgeschlossen ist. Diese für die Praxis höchst beachtenswerthen Thatsachen weisen jedoch nur auf an sich normale Eigenschaften hin, die zahlreiche andere Pflanzen auch haben und die unter gewissen Umständen einem schädlichen Einfluss nur geeignete Angriffspunkte bieten, sie dürfen also nicht als Beweis einer im Organismus begründeten Krankheitsanlage angesehen werden, ebensowenig wie die Thatsache, dass der Körper des Kindes gewissen äusseren Einflüssen schlechter widersteht als der Körper des Erwachsenen oder dass er für Kinderkrankheiten, gegen welche Erwachsene geschützt sind, empfänglich ist.

Noch in einigen anderen Fällen kann die nächste Ursache der Krankheit in der Pflanze selbst gesucht werden, wenngleich die entferntere Ursache immer wieder auf eine Action von aussen hinweist. Es handelt sich um diejenigen Störungen oder Schwächungen des Lebensprocesses, welche die Folgen einer zur unrechten Zeit sistirten Entwicklung oder einer unpassenden sexuellen Verbindung sind. Es ist bekannt, dass unreife Samen, selbst solche, die noch weit hinter dem ausgebildeten Zustande zurück sind und nur Bruchtheile des Gewichtes des normalen Samens betragen, dennoch keimfähig sind, aber Pflanzen liefern, die wenn sie auch schliesslich ihre vollständige Ausbildung erreichen, doch anfangs sehr kümmerlich sich entwickeln, auch wenn alle äusseren Bedingungen normaler Entwicklung gegeben sind. Und bei der Bastardirung treten an den Nachkommen oft neue Merkmale auf, von denen einige entschieden krankhafter Natur sind, wie vorzugsweise die mangelhafte Bildung oder das gänzliche Fehlschlagen der Sexualorgane, nämlich der Pollenzellen und der Samenknochen, oder die

Schwächung der Zeugungskraft, die sich in mangelhafter Ausbildung der Samen kundgibt.

Die äusseren Krankheitsursachen der Pflanzen liegen 1. in Einflüssen der anorganischen Natur. Zu diesen gehören die Atmosphären, als Licht, Temperatur, Chemismus der Luft und Witterungsphänomene, und der Boden in mechanischer, chemischer und physikalischer Hinsicht; 2. in Einflüssen, welche von anderen Pflanzen, insbesondere parasitischen, herrühren; 3. in Einwirkungen seitens der Thierwelt, einschliesslich der von Menschenhand herrührenden. Durch diese drei Klassen sind offenbar alle denkbaren äusseren Einflüsse, welche Krankheiten hervorrufen können, erschöpft.

Ermittelung der Krankheitsursache. Da die Pflanze unter allen Umständen den vereinigten Einflüssen der einzelnen Agentien der anorganischen Natur ausgesetzt ist, so gilt es immer, den krankmachenden Einfluss herauszufinden, wenn uns die Ursache einer Krankheit unbekannt ist. Dazu bedarf es einer doppelten Erhebung. Wir wissen aus geeigneten physiologischen Versuchen, welche Wirkung jeder der fraglichen Factoren für sich allein, wenn er sich zu einem schädlichen Einflusse gestaltet, auf die Pflanze hervorbringt. Wir müssen daher zuerst das Wesen der vorliegenden Krankheit feststellen. Durch Vergleichung mit jenen bekannten Thatsachen lässt sich nun aber zunächst nur finden, welchen Einflüssen die Krankheit zugeschrieben werden könnte. Denn nicht immer sind die Symptome einer Krankheit derart, dass wir durch sie allein schon unzweifelhaft auf die Krankheitsursache gewiesen werden, weil sehr verschiedenartige schädliche Agentien dieselbe Wirkung an den Pflanzen hervorbringen können. Es muss daher auch eine Berücksichtigung und Untersuchung der äusseren Verhältnisse, denen die kranke Pflanze ausgesetzt ist oder war, stattfinden, um zu ermitteln, welcher der äusseren Factoren eine Veränderung erfahren hat, die schädlich auf die Pflanze wirken musste. Es ist begreiflich, dass diese Auffindung je nach der Art des störenden Einflusses bald leichter, bald schwieriger sein wird. Verhältnisse der Beleuchtung, extreme Temperaturen, grobe Verwundungen sind so offenbar, dass wo sie die Krankheitsursachen sind, die Entscheidung nicht schwer ist. Unter den mannigfaltigen chemischen und physikalischen Einwirkungen des Bodens ist es dagegen oft nicht leicht, das Uebel zu entdecken, und hier müssen uns oft die vorliegenden Krankheitssymptome selbst als Wegweiser dienen. Umsomehr sind wir auf die Physiologie und Pathologie verwiesen, um von ihnen zu erfahren, welche Wirkungen jeder einzelne Factor der Einflüsse des Bodens auf das Pflanzenleben hervorbringt. Ungleich leichter ist im Allgemeinen die Ermittlung der Krankheitsursache, wo der Einfluss eines Parasiten vorliegt. Denn das fremde pflanzliche oder thierische Wesen ist am oder im Körper der Pflanze in der Regel leicht aufzufinden. Darum ist die Aufsuchung der unbekannten Ursache einer Pflanzenkrankheit, dafern sie sich nicht aus den Umständen schon von selbst ergibt, am besten mit der Nachforschung nach etwaigen Parasiten zu beginnen, weil man, wenn solche sich als Ursache der Krankheit herausstellen, der oft schwierigeren Aufsuchung der krankmachenden Einflüsse der anorganischen Natur überhoben ist. Aber auch der Nachweis von Parasiten als Krankheitserreger erheischt ein kritisches Vorgehen. Pflanzliche wie thierische Organismen kommen an Pflanzen in reicher Menge vor, ohne darum Parasiten zu sein und Krankheiten zu verursachen. An Pflanzentheilen, die bereits abgestorben sind, siedeln sich allerlei Fäulnissbewohner an, sowol Pilze als Thiere. Ob ein Thier oder ein Pilz saprophyt oder parasitisch ist, kann man diesen Wesen selbst nicht

ansehen. Ja es können von sehr nahe verwandten Formen die einen Saprophyten, die anderen Parasiten sein; unter den Pilzen giebt es genug derartige Beispiele, und ebenso kommen als Fäulnissbewohner in verdorbenen Pflanzentheilen Anguillulen vor, welche überaus ähnlich den echten parasitischen Aelchen sind, welche eigenthümliche Krankheiten veranlassen. Wenn man also bei einer Pflanzenkrankheit, bei welcher gewisse Theile abgestorben sind, in diesen verdorbenen Theilen Fäulniss-Organismen auffindet, so würde es ein Irrthum sein, denselben die Schuld an der Krankheit zuzuschreiben; sie haben sich in dem Pflanzentheile erst angesiedelt, nachdem er in Folge einer Krankheit abgestorben war. Um also hier sicher zu gehen, ist es immer nöthig, das Verhalten der fremden Organismen an der Pflanze genauer zu untersuchen. Nur da, wo dieselben als das Primäre sich erweisen, wo sie schon am lebendigen und noch nicht krankhaft veränderten Theile sich finden lassen, und die Krankheit ihrem Erscheinen erst nachfolgt, dürfen sie als Parasiten und als Krankheitserreger angesehen werden. Um diesen Beweis mit aller Sicherheit zu erbringen, haben wir auch das Mittel der künstlichen Infection; wir versuchen, ob der fragliche Parasit sich auf eine gesunde Pflanze übertragen lässt und dort dieselbe Krankheit hervorbringt.

Besonderer Vorsicht bedarf es bei der Ermittlung der Krankheitsursache in solchen Fällen, wo wir die Resultate combinirter Einflüsse vor uns haben. Hier sind überhaupt zwei generelle Fälle zu unterscheiden. Entweder handelt es sich um mehrere Einflüsse, deren jeder an und für sich schon dieselbe oder doch eine ähnliche Krankheit zur Folge hat und wobei also höchstens noch nach dem Maass des Antheiles beider Factoren gefragt werden kann, z. B. wenn Dürre und blattverderbende Pilze zusammen das Laub einer Pflanze krank machen. Oder es liegt nur ein einziger krankmachender Einfluss vor, aber es sind gewisse Nebenumstände gegeben, die zwar an und für sich unschädlich sind, aber jenen Einfluss in den abnormen Wirkungen, die er hervorbringt, in hohem Grade unterstützen. So zeigen sich manche Krankheiten, die durch parasitische Pilze hervorgerufen werden, gutartig, wenn trockenes Wetter herrscht, wie z. B. die Kartoffelkrankheit, die dann oft nur auf einzelne gebräunte Stellen am Laube beschränkt bleibt und gesunde Knollen aufkommen lässt, während unter Zutritt von längerer Feuchtigkeit, die der gesunden Kartoffelpflanze durchaus unschädlich ist, eine rapide Vernichtung des Laubes, eine rasche Erkrankung und faulige Zersetzung der Knollen schon im Acker herbeigeführt wird. Einen ähnlich verschiedenen Erfolg hat das Verbeissen der Holzpflanzen durch Insekten oder Wild: auf gutem Boden stehende Pflanzen erholen sich wieder durch allmähliche Kräftigung der Knospen- und Sprossbildung, während Pflanzen, die auf schlechterem Boden, z. B. auf flachgründigem Gebirgsboden stehen, der an und für sich die Vegetation nicht beeinträchtigt, nach der gleichen Verwundung oft lange fort kümmern und endlich eingehen. Man muss also in solchen Fällen die wahre Ursache von den begünstigenden Nebenumständen unterscheiden.

In der nachfolgenden Darstellung der Pflanzenpathologie richten wir uns nach der Eintheilung der Pflanzenkrankheiten nach ihren Ursachen. Unsere Wissenschaft würde also in drei Abschnitte zerfallen; der eine handelt von den Krankheiten, welche durch Einflüsse der anorganischen Natur hervorgebracht werden, der andere von denen, die im Pflanzenreiche, der dritte von denen, welche im Thierreiche ihre Ursache haben. Wo diejenigen Krankheiten, deren

Ursache noch nicht sicher ermittelt ist, vorläufig untergebracht werden sollen, davon ist oben schon die Rede gewesen. Was die Wirkungen mechanischer Einflüsse, insbesondere Verwundungen anlangt, so können diese von sehr verschiedenartigen Ursachen herrühren; von ihnen wird also auch in sehr vielen Kapiteln die Rede sein müssen. Da sie nun aber, gleichgültig, welche Veranlassung sie haben mögen, in ihrer Form und in ihren Folgen im Wesentlichen immer dieselben sind, so erscheint es passend, die Wirkungen mechanischer Einflüsse überhaupt in einem besonderen Abschnitt zusammen zu stellen, in welchem es sich vornehmlich um die Effecte und deren Pathologie, ohne besondere Rücksicht auf die Ursachen derselben handeln soll.

1. Abschnitt.

Wirkungen mechanischer Einflüsse.

Kapitel 1.

Von den Wirkungen des Raummangels.

Eine nothwendige Bedingung der normalen Ausbildung der Pflanzenorgane ist der für die einzelnen Theile erforderliche Raum. Wenn fremde feste Körper den wachsenden Organen ein Hinderniss bieten, welchem die Pflanze nicht auszuweichen und welches sie auch nicht zu besiegen vermag, so wird dadurch der Entwicklung an und für sich zunächst keine Grenze gesetzt; die wachsenden Organe werden entgegen ihrem natürlichen Streben in den gegebenen engeren Raum eingepresst; die Folge ist eine Gestaltsveränderung, die sich ganz nach der Form des Hindernisses richtet. Die verschiedenen Missbildungen, welche auf diese Weise entstehen, hängen davon ab, ob das Hinderniss in der Richtung des Längenwachsthumes oder des Dickewachsthumes des Organes wirkt.

Pflanzentheile, welche bei ihrem Längenwachsthum einem unüberwindlichen Hinderniss begegnen, müssen sich nothwendig krümmen und können unter Umständen mit ihren Krümmungen den vorhandenen Raum schliesslich ausfüllen, was bei der Biegsamkeit wachsender Organe meistens leicht möglich ist. Die Form dieser Krümmungen hängt von den äusseren mechanischen Verhältnissen ab. Sie strebt bei ringsum gleichmässiger seitlicher Verschiebbarkeit eine Schraubenlinie zu werden. Kommen auch seitliche Hindernisse ins Spiel, so ergeben sich unregelmässige Krümmungen, die bei grosser Raumbeengung zu den seltsamsten Verkrümmungen und Verschlingungen führen, welche oft gegenseitig in einander gedrückt erscheinen. Bei geotropischen Pflanzentheilen, wie Wurzeln und Stengeln, hat auch das fortwährende Bestreben des Organes sich senkrecht zu stellen, einen Einfluss auf diese Krümmungen, indem jeder freie Spielraum in diesem Sinne benutzt wird. Die Dunkelheit, die gewöhnlich in engen Räumen herrscht, bedingt zugleich Etiolement, also ein Bestreben zu ungewöhnlich starkem Längenwachsthum, wodurch mithin ebenfalls die Krümmungen befördert werden.

Belege für die in Rede stehenden Gestaltsveränderungen finden wir allgemein an den Würzelchen und Stengeln der Keimlinge solcher Samen und an den Stengeltrieben solcher Pflanzen, welche zwischen oder unter grösseren Gegenständen, als Steinen, Hölzern u. dergl. liegen, unter denen sie sich nicht hervorarbeiten können, besonders auch an den Wurzeln solcher Pflanzen, die in engen Töpfen stehen. Wenn sich hier eine lange kräftige Pfahlwurzel zu entwickeln sucht, krümmt sich dieselbe in vielen engen Windungen zusammen, die in Folge des späteren Dickewachsthums wol sogar theilweis mit einander verwachsen können. Die zahlreichen Seitenwurzeln dagegen kriechen an der Wand und auf dem Boden des Topfes im Kreise umher. Blätter von Knospen oder Trieben, die durch einen ihnen anliegenden fremden Körper an der freien und rechtzeitigen Entfaltung gehindert sind, können ebenfalls zu den verschiedensten Krümmungen und Zusammenfaltungen, oder wenn nur einzelne Theile am Wachsthum gehindert sind, zu unregelmässigen Formen und Verzerrungen gebracht werden, die sich in jedem Falle aus dem dem Blatte eigenthümlichen Gange des Wachsthums und aus der Art des jeweiligen Hindernisses erklären.

Wenn das Hinderniss beseitigt wird, so können solche Krümmungen nur dann wieder ganz oder theilweis ausgeglichen werden, wenn die Periode des Wachsthums an dem gekrümmten Stücke noch nicht vorüber ist; an denjenigen Theilen, die ihr Wachsthum abgeschlossen haben, bleiben die Veränderungen dauernd, und nur die weiter sich bildenden Theile werden dann in normaler Richtung entwickelt.

Hindernisse, welche in der Richtung des Dickewachsthums der Organe wirken, treten der Natur der Sache nach mehr local an denselben auf. Am meisten sind die eines unbegrenzten Dickewachsthums fähigen Stämme und Wurzeln der dicotylen Holzpflanzen solchen Einwirkungen ausgesetzt. Wenn dieselben von einem Faden, Draht oder metallenen Ring andauernd fest umschlossen sind, oder wenn sie an einer Seite gegen einen davorstehenden Zaun, ein Gitter u. dergl. andrücken, oder wenn sie vom Stamme einer holzigen Schlingpflanze spiralig fest umwunden sind, so werden in Folge des fortdauernden Dickewachsthums durch die genannten Hindernisse wirkliche Wunden hervorgebracht, indem dieselben sich in das Gewebe eindrücken, weshalb wir diese Erscheinungen in das Kapitel von den Wunden verweisen. Wenn aber Wurzeln oder Stämme von Holzpflanzen zwischen zwei Felsstücken oder anderen festen Körpern von grösserer Oberfläche wachsen, so findet keine Verwundung, sondern ein beständiger Druck statt: das Dickewachsthum wird durch das Hinderniss an gewissen Stellen gehemmt, während es an den freien Seiten fort dauert. Das Organ kann dadurch mehr oder weniger deformirt und sogar plattgedrückt werden, und der Holzkörper nimmt dann die analoge Deformität an (vergl. Fig. 1).

Dieses ist eine häufige Erscheinung an Baumwurzeln, welche in enge Felsspalten hineingewachsen sind, in diesen viele Jahre lang sich entwickelt haben und endlich einmal beim Abbrechen des Gesteins in den seltsamsten Formen zum Vorschein kommen. Ihr Holzkörper ist bisweilen fast bandförmig abgeplattet. Das Mark liegt meistens mehr oder weniger excentrisch.

Nach den Seiten, wo das Gestein angrenzte, hat sich nur eine schmale Holzschicht entwickeln

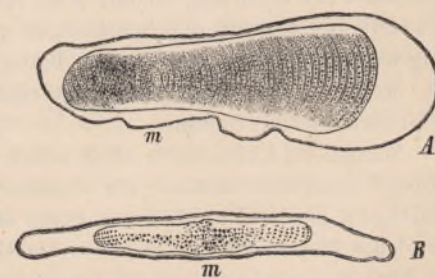


Fig. 1. (B. 89.)

Zwischen Felsspalten gewachsene und durch den Druck veränderte Eichenwurzeln im Querdurchschnitt. A eine ältere Wurzel, 2 Mal vergrössert. B eine etwas jüngere Wurzel, 3 Mal vergrössert. m die Gegend des Markes.

können; nach den anderen Seiten hin ist der Holzkörper nach Maassgabe des Alters der Wurzel erstarkt und durch die entsprechende Anzahl unvollständiger, bogenförmiger Jahresringe gezeichnet. Bast und Rinde sind ebenfalls an den freien Seiten meist ungemein mächtig entwickelt, während ihr Dickewachsthum an den anderen Seiten auf ein Minimum beschränkt ist. Selbst Abdrücke der Unebenheiten der Steinflächen prägen sich am Wurzelkörper aus, und wo zwei Wurzeln beisammen in einer Felsspalte sich entwickeln, bringen sie aufeinander ihren Abdruck hervor. Bemerkenswerth ist die Gewebebildung des Holzkörpers an den im Dickewachsthum gehemmten Seiten. Wenn auch eine Zunahme des Holzkörpers in diesen Richtungen absolut unmöglich ist, so ist die dort liegende Cambiumschicht doch keineswegs getödtet, ja nicht einmal zu völliger Unthätigkeit gebracht. Das auffallendste Resultat dieser auf das Aeusserste beschränkten cambialen Thätigkeit ist, dass in der ganzen Ausdehnung, in welcher der Druck auf die Cambiumschicht wirkt, eine Gliederung des Holzgewebes in Jahresringe nicht stattfindet und keine weiten Gefässe, wie sie dem Frühjahrsholze eigenthümlich sind, gebildet werden. Beides findet an den keinem Druck ausgesetzten anderen beiden Seiten in normaler Weise statt (Fig. 1). Das Holzgewebe nimmt daher an den beiden unter dem Drucke stehenden Seiten eine mehr homogene Beschaffenheit an. Stärkere Vergrösserung eines Durchschnittes durch das Holz an dieser Seite lässt genauer erkennen, wie hier die cambiale Thätigkeit abgeändert wird. Die Holzzellen, welche sonst in radialen Reihen abgelagert werden, weichen hier dem Drucke aus, indem sie sich in sehr schiefer Richtung anordnen; und da sie abwechselnd zeitweise nach rechts und links ausweichen, so bilden sie oft sehr spitzwinklige zickzackförmige Reihen, welche besonders durch die Markstrahlen, die sich diesen Richtungen anschliessen, angezeigt werden. Es kommt hinzu, dass hier vorzugsweise nur engere Tracheiden und Holzparenchymzellen gebildet werden, dass diese Organe kürzer als im normalen Holze sind und gewöhnlich auch mit ihrer Längsachse aus der normalen longitudinalen Richtung in eine mehr oder minder schiefe Richtung gedrängt werden.

Auch schon leichter Druck, wie er durch Umschlingen von Bindfaden erzeugt wird, hat nach DE VRIES¹⁾ Versuchen an Stämmen verschiedener Holzpflanzen zur Folge, dass das Cambium an dieser Stelle weniger Zellen in jeder Radialreihe erzeugt, dass der Durchmesser der Holzzellen wie der Gefässe geringer wird, und dass auch die relative Zahl der Gefässe sich vermindert.

Aehnlich wie den Wurzeln kann man auch festen fleischigen Früchten, besonders denen der Cucurbitaceen durch Unterbindungen und Compressionen beliebige Gestalten geben. Das merkwürdigste Beispiel dieser Wirkung ist ein Gebrauch der Chinesen, welche ganz junge Kürbisfrüchte in viereckige, inwendig mit vertieften Figuren und Schriftzügen gezeichnete Flaschen stecken; die Früchte vergrössern sich, füllen die ganze Flasche aus und drücken sich in den Wänden ab; wenn sie reif sind, zerschlägt man die Flasche und nimmt die künstlich geformten Früchte heraus.

Mangel an Raum kann auch schon auf die erste Anlage von Pflanzentheilen störend einwirken, nämlich ein abnormes mehr oder weniger vollständiges Fehlschlagen gewisser Organe zur Folge haben.

Junge Pflanzentheile, die in grosser Anzahl dicht beisammenstehend gebildet werden, üben auf einander einen Druck aus, welcher die eben bezeichnete Folge haben kann. In der That sehen wir an reichblüthigen Inflorescenzen häufig diese oder jene Blüthe, die von ihren Nachbarn besonders stark gedrückt ist, mehr oder weniger unvollständig gebildet, indem bei ihr ein oder mehrere Blüthentheile fehlen oder rudimentär sind. Bei der Erklärung von Bildungsabweichungen der Blüthen können daher auch solche rein mechanische Einwirkungen in Betracht kommen.

¹⁾ Einfluss des Rindendruckes auf den anatomischen Bau des Holzes. Flora 1875, No. 7.

Kapitel 2.

Von den Wunden.

Veranlassung der Wunden. Unter den Wunden im weitesten Sinne verstehen wir bei den Pflanzen jede Trennung von Theilen, bei welcher das organische Gefüge an irgend einer Stelle aufgehoben wird, also bei mehrzelligen Organen gewisse Gewebepartien, die mit anderen in Verbindung standen, blossgelegt werden, bei einzelligen Organen der Zusammenhang der Zellmembran irgendwo unterbrochen wird. Nun sind aber alle normalen Wunden, wie die Bruchstellen der im Herbst abfallenden Blätter der Holzpflanzen, die Narben, welche die alljährig wieder absterbenden oberirdischen Triebe an den Rhizomen zurücklassen, etc. aus der Pathologie auszuschliessen, um so mehr als solche Stellen streng genommen überhaupt nicht als Wunden zu bezeichnen sein dürften, da bekanntlich schon vor der Ablösung jener Organe an der Trennungsstelle ein neues Hautgewebe in Gestalt einer Korkschicht zum Schutze der darunterliegenden Partie gebildet wird. Als Wunden im Sinne der Pathologie können nur die widernatürlichen Trennungen des Gefüges einer Pflanze gelten. Solche Wunden werden meistens durch einen zufälligen mechanischen Angriff von aussen hervorgebracht, wie durch Stich, Schnitt, Bruch, Zerreiassung, Schälen, Nagen, Schlag, Quetschung, Reibung etc.; die Ursachen können sehr verschiedene sein, wie Sturm, Blitzschlag, die ungleiche Dimensionsänderung bei Frost, der Hagel, der Frass zahlreicher Thiere und auf mannigfaltige Weise die Einwirkung der Menschenhand. Wunden können aber an manchen Pflanzentheilen auch aus inneren Ursachen entstehen, durch Kräfte, welche von der Pflanze selbst erzeugt werden. Dies gilt von dem Aufspringen fleischiger parenchymatöser Pflanzentheile. Knollen und Wurzeln erleiden das am häufigsten; auch an saftreichen turgescenten Stengeln, sowie an saftigen und selbst an trockenen Früchten kann es vorkommen. Das Aufspringen ist eine Folge der Ausdehnung des wachsenden Parenchyms, welcher die Hautschichten nicht in gleichem Maasse zu folgen vermögen, also der excessiven Gewebespannung, die sich in solchem Falle zwischen beiden Geweben einstellt. Durch eindringendes Wasser wird diese Gewebespannung ausserordentlich verstärkt, weil dann das unter der Hautschicht liegende Parenchym als Schwellgewebe reichlich Wasser aufsaugt und dadurch immer turgescenter und voluminöser wird. Daher wird die einmal entstandene Wunde bei Anwesenheit von Feuchtigkeit bedeutend vergrössert, und auch jede noch so kleine aus irgend welchen Ursachen entstandene Wunde kann unter diesen Umständen zum Aufspringen der genannten Pflanzentheile führen. Es ist auch eine bekannte Erfahrung, dass besonders nach Regenwetter dieses Uebel sich einstellt; und man kann durch Culturversuche, z. B. mit Möhren in Wasser das Aufspringen der Wurzeln willkürlich hervorrufen¹⁾. Pflanzentheile, die unterirdisch oder nahe am Boden wachsen, haben häufig kleine Wundstellen, die vom Frass der Schnecken und anderer Thiere herrühren, und die so lange sie noch nicht durch Wundkork geheilt sind, Wasser eindringen lassen und dadurch das Aufplatzen herbeiführen können. Das Aufspringen reifer saftiger Früchte bei andauerndem Regenwetter hat BOUSSINGAULT²⁾ auch als Folge des

¹⁾ Vergl. Hallier, Phytopathologie, pag. 87.

²⁾ Annales des sc. nat. 5. sér. T. XVIII.

Eindringens von Wasser nachgewiesen, indem er fand, dass während Blätter im Regen keine Gewichtszunahme zeigen, reife zuckerhaltige Früchte, die in Wasser untergetaucht werden, an Gewicht zunehmen, während sie zugleich Zucker an das umgebende Wasser abgeben.

Die in Rede stehende Erscheinung ist allbekannt am Kohlrabi, an Möhren, Petersilien-, Selleriewurzeln, kommt auch bisweilen an den Kartoffeln, sowie an manchen saftigen Früchten vor, z. B. an Kirschen und Pflaumen. Auch üppiggewachsene, besonders verbänderte Blüthenschäfte von *Taraxacum officinale* sind bisweilen nach Regenwetter von selbst so zersprungen, dass sie fast zusammengeknickt sind. An einem ziemlich reifen Maiskolben fand ich zahlreiche Körner von selbst aufgesprungen und zwar in allen Stadien der Wundbildung. Das erste Stadium war ein feiner Riss in der äusseren Schicht des Pericarps, welches durch die rasche Vergrösserung des Kornes, der es nicht folgen konnte, gesprengt worden war. Der höchste Grad bestand in einer weitklaffenden und bis tief in's Endosperm dringenden Wunde, durch welche das Korn ganz gesprengt und verdorben wurde, indem saprophyte Pilze, wie *Pleospora*-Mycelium sich ansiedelten. An den genannten Wurzeln und Knollen heilen die aufgesprungenen Stellen oft durch Bildung von Wundkork (s. unten). Sind die Theile noch in der Periode des Wachstums, so können die aufgesprungenen Stellen, wenn sie sich mit Kork bedeckt haben, eigenthümlich auswachsen, wodurch das Ganze eine sonderbare Form annimmt. Kartoffelknollen, die in der Gegend von Leipzig geerntet worden waren, und die mir durch SCHENK gütigst mitgetheilt wurden, waren um eine ursprünglich aufgesprungene Stelle kronenförmig in mehrere grosse Zapfen ausgewachsen; alles war von Korkschicht überzogen. Es muss also ein ungefähr sternförmiges Aufreissen stattgefunden haben, und die Wundlappen müssen endlich durch das Wachsthum, welches in ihnen noch fortgedauert hat, zu solchen Zapfen geworden sein. Auch zeigte sich noch solch sternförmiges Aufspringen an der Schale in Anfängen.

A. Die unmittelbaren Folgen der Verwundung für das Leben überhaupt.

Es ist selbstverständlich, dass Verwundungen einen nachtheiligen Einfluss auf das Befinden der Pflanze dann ausüben müssen, wenn durch dieselben solche Organe verloren gehen, welche für den ganzen Organismus eine wichtige Function haben, und dass Wunden tödtlich werden müssen, wenn der Pflanze dadurch unentbehrliche Organe geraubt werden, die sie nicht oder nicht rechtzeitig wieder ersetzen kann. Die Folgen richten sich sowol nach den Organen, welche verloren worden sind, als auch nach specifischen Eigenthümlichkeiten der Pflanzen.

Bevor wir uns an diese Fragen wenden, möchte noch die Thatsache Erwähnung verdienen, dass durch den Verwundungsakt selbst sofort von den direkt verletzten Zellen aus auf entfernter liegende, nicht verwundete Zellen eine wiewol nur mikroskopisch wahrnehmbare Veränderung ausgeübt werden kann, welche sich auf das Zellenleben allein bezieht. Es ist das die Veränderung der normalen Lage der Chlorophyllkörner und des Protoplasma¹⁾ in manchen grünen Pflanzentheilen, welche bisweilen schon wenige Minuten nach der Verwundung eintritt und die sich ebenso bei gewissen anderen ungünstigen Einwirkungen, als Dunkelheit, ungewöhnliche Temperaturen etc. einstellt.

Im normalen Zustande, bei Beleuchtung und günstiger Temperatur liegen bei vielen Pflanzen die Chlorophyllkörner in einer Schicht vorzugsweise unter denjenigen Stellen der Zellwand, welche nicht mit Nachbarzellen in Berührung stehen, also bei den Moosblättern an beiden Aussenwänden der Zellen, bei den Wasserpflanzen an der Aussenwand der Epidermiszelle, beziehentlich auch an deren Hinterwand, wenn sie an einen Interzellularraum angrenzt, im Meso-

¹⁾ Vergl. FRANK, Ueber Veränderung der Lage der Chlorophyllkörner etc. in Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot. VIII. pag. 220—250.

phyll der Landpflanzen besonders an den an die Interzellulargänge angrenzenden Stellen der Membran. Dieses Lagenverhältniss, welches ich als Epistrophe bezeichnete, wird in Folge gewisser Einwirkungen, als andauernder Dunkelheit, ungünstiger Temperatur und eben auch in Folge von Verwundung, in ein anderes, als Apostrophe bezeichnetes übergeführt. Die Chlorophyllkörner verlassen mehr oder weniger vollständig die freien Zellwände und rücken an die mit benachbarten Zellen zusammenhängenden Seitenwände, seltener gruppieren sie sich sämmtlich zu einem an irgend einer Stelle im Zellraum liegenden Klumpen, wobei nicht selten lebhafteste Protoplasmaströmungen sich einstellen. Diese Veränderungen vollziehen sich an sämmtlichen Zellen abgeschnittener Blätter von Laub- und Lebermoosen, Stücken von Farnprothallien, abgeschnittenen Blättern von *Elodea canadensis*, abgeschnittenen Stücken der Wasserblätter von *Sagittaria sagittifolia* und *Vallisneria*, sowie von Crassulaceen und anderen Landpflanzen. Sie sind keineswegs das Symptom des Todes, sondern müssen als Uebertragung eines durch die Verwundung hervorgerufenen, seiner Natur nach zunächst nicht näher bekannten Reizes auf die intacten lebendigen Zellen betrachtet werden. Nur die vom Schnitte selbst getroffenen Zellen werden sofort getödtet und zeigen die bekannte Beschaffenheit todter Zellen. Die abgeschnittenen Blätter und Blattstücke, besonders der Moose und der genannten Wasserpflanzen, bleiben aber, wenn sie feucht gehalten werden, viele Tage lebendig. Auch an den stehengebliebenen verwundeten Theilen tritt die Lagenveränderung der Chlorophyllkörner ein, jedoch meist nur in der unmittelbaren Nähe der Wunde. Wird z. B. an einem Elodeaspross die obere Hälfte eines Blattes abgeschnitten, so ist an der stehengebliebenen Blatthälfte nach einer Stunde die Apostrophe der Chlorophyllkörner in allen hinter dem Wundrande gelegenen Zellen zu beobachten und erstreckt sich in den an der Mittelrippe gelegenen Zellen beträchtlich weiter abwärts als an den anderen Stellen. Einen Elodeaspross zerschnitt ich in Stücke, so dass an jedem ein Blattquirl sich befand; 24 Stunden darnach untersucht, zeigten die Blattzellen nahezu vollständige Apostrophe. Wenn an einem aus drei Quirlen bestehenden Sprossstücke je einem Blatte vom oberen und unteren Quirl die acropetale Hälfte abgeschnitten worden war, so trat ebenfalls an allen Blättern die Erscheinung ein.

I. Abgeschnittene Pflanzentheile.

Wenn man bei den Pflanzen nach dem Schicksale fragt, welches die Theile haben, die vom Körper abgetrennt worden sind, so muss die Thatsache hervorgehoben werden, dass im Allgemeinen die vegetabilischen Zellen in ihrer Lebensfähigkeit weit selbständiger und von einander unabhängiger sind als diejenigen des thierischen Organismus. Bei den Pflanzen hat daher auch die Abtrennung einzelner Organe vom Körper für die abgenommenen Organe weit seltener unmittelbar tödtliche Wirkung, als bei den Thieren. Es ist allgemein bekannt, dass abgeschnittene Sprosse, selbst einzelne Blüten oder Blätter eine Zeit lang am Leben bleiben, zum Theil sogar sich zu entwickeln fortfahren, wenn sie in ihrem natürlichen Medium sich befinden und man dafür sorgt, dass sie Wasser aufsaugen können oder keines durch Verdunstung verlieren, und dass bei Pflanzen mit sehr geringer Verdunstung, wie bei Succulenten, selbst ohne Wasserzufuhr und in trockener Luft abgeschnittene Theile lange am Leben bleiben. Der früher oder später eintretende Mangel an Nahrung mag wol hier endlich die Ursache des Todes werden. Und wenn die Pflanze die Fähigkeit hat, leicht Wurzeln zu bilden oder sonst in ihrer Weise sich zu verjüngen, so können abgeschnittene Theile, genügende Feuchtigkeit vorausgesetzt, sogar zu neuen Pflanzenindividuen sich entwickeln. Der gewöhnlichste derartige Fall ist die Vermehrung durch Stecklinge bei Holzpflanzen, perennirenden und selbst einjährigen Kräutern. Sie beruht darauf, dass in der Nähe des unteren Endes des abgeschnittenen Zweiges, wenn derselbe in Wasser oder feuchte Erde gesteckt wird sich Adventivwurzeln bilden, die durch die Rinde hervorbrechen und dann den

Zweig so zu ernähren vermögen, dass er als selbständige Pflanze weiter wachsen kann. Auch aus Wurzelstücken lassen sich Stecklinge erziehen, besonders bei manchen Holzpflanzen und sogar bei einigen Kräutern, indem an den Wurzeltheilen Adventivknospen sich bilden, welche zu Trieben auswachsen. Sogar Blattstecklinge gewinnt man von manchen Pflanzen, indem an abgeschnittenen Blättern oder Blattstücken, die auf eine feuchte Unterlage gelegt werden, Wurzeln und Adventivknospen sich bilden, die sich zu neuen Pflänzchen entwickeln. Dieses gelingt besonders bei *Cardamine pratensis* (wo es oft spontan eintritt), bei *Begonia*, *Bryophyllum*, *Peperomia* etc.¹⁾, und diese Eigenschaft wird daher in der gärtnerischen Praxis zur Vermehrung dieser Pflanzen angewendet. Hierher gehört auch die Bildung von Adventivknospen in Form kleiner Zwiebeln an verwundeten Hyacinthenzwiebeln, welche MASTERS²⁾ erwähnt. Dieselben bilden sich an den Schnittflächen von der Grenze der Zwiebeln aus, wenn man der Zwiebel entweder die Basis abschneidet und die Schnittfläche sternförmig nach oben einschneidet oder wenn man sie von unten aushöhlt. Die Veränderungen der Gewebe, die an der Schnittfläche der Stecklinge eintreten, behufs der Heilung derselben sind im Capitel von der Wundenheilung zu besprechen. Der Vorgang bei der Bildung der Adventivknospen an den Blattstecklingen ist erst in einigen Fällen untersucht. Nach REGEL³⁾ entstehen bei den Blattstecklingen von Begoniaceen, nach MAGNUS⁴⁾ an Blättern von *Hyacinthus* und nach BERGE⁵⁾ an den Blättern von *Bryophyllum* die Adventivknospen, nicht wie sonst endogen, sondern exogen, d. h. durch Theilung der oberflächlichen Zellen des Blattgewebes, beziehentlich aus der Epidermis. Auch bei *Peperomia* sollen sie nach BEINLING⁶⁾ insofern exogen entstehen, als sie unabhängig von den Gefässbündeln direct aus dem Grundparenchym des Blattes unmittelbar unter der Schnittfläche sich bilden und nur den Wundkork durchbrechen. Weitere hierher gehörige Erscheinungen sind die Vorkeimspassungen an abgeschnittenen Blättern, Stengeln und Früchten von Moosen etc.

Man kann sogar eine geringe Anzahl von Zellen unbeschadet ihres Lebens aus dem Verbands des Pflanzenkörpers lösen. Abgeschnittene Stücke von Moosblättern, Blattstücke von *Elodea canadensis*, sogar kleine Schnitte aus der Epidermis der Wasserblätter von *Sagittaria sagittifolia* bleiben in Wasser liegend wochenlang am Leben. Bei den Landpflanzen werden dagegen die aus dem Verbands getrennten Gewebetheile meistens rascher getödtet; doch bleiben z. B. Mesophyllzellen derselben unter Deckgläsern in Wasser liegend bisweilen einige Tage am Leben. Dagegen ist eine Verwundung der Zelle selbst, z. B. ein Durchschneiden derselben, für das in ihr enthaltene Protoplasma in den meisten Fällen unfehlbar und rasch tödtlich (vergl. dagegen unter »Wundenheilung« das Verhalten von *Vaucheria*).

Die abgeschnittenen Sprosse zeigen bei aller Lebensfähigkeit häufig eine bemerkenswerthe pathologische Erscheinung, nämlich ein Welken, trotzdem dass sie in Wasser stehen. Die Ursache dieser allbekannten und oft unlieb-

¹⁾ Vergl. die Aufzählung bei MASTERS, Vegetable Teratology, pag. 170.

²⁾ l. c. pag. 172 u. 173.

³⁾ Die Vermehrung der Begoniaceen aus ihren Blättern. Jenaer Zeitschr. f. Nat. 1876.

⁴⁾ Bot. Ver. d. Prov. Brandenburg, 30. Mai 1873.

⁵⁾ Beitr. z. Entwicklungsgeschichte von *Bryophyllum calycinum*. Zürich 1877.

⁶⁾ Untersuch. über d. Entst. der advent. Wurzeln und Laubknospen an Blattstecklingen von *Peperomia*. Breslau 1878.

samen Erscheinung ist durch eine meist mit *Helianthus tuberosus* angestellte Untersuchung von DE VRIES¹⁾ genauer bekannt geworden. Darnach tritt dieselbe nur dann ein, wenn die Sprosse in der Luft durchschnitten werden, und selbst das rascheste Einstellen in Wasser nutzt dann nichts. Aber sie unterbleibt, wenn der Schnitt gleich unter Wasser gemacht wird. Auch wenn man die Verdunstung des Sprosses und somit die Wasserströmung im Stengel vermindert durch Untertauchen der Sprosse unter Wasser und sie dann an der Luft abschneidet, tritt nach 1 bis 2 Tagen Welken ein; wenn sie 1½ Stunden lang unter Wasser gewesen, welkten sie erst nach 3 Tagen; je geringer also die Wasserströmung, desto langsamer tritt das Welken ein. Es geht daraus hervor, dass die Ursache des Welkens in einer Unterbrechung der Wasserleitung während des Abschneidens in der Luft liegt, und dass diese Unterbrechung eine Verminderung der Leitungsfähigkeit des Stengels für Wasser zur Folge hat. Das wird auch dadurch bestätigt, dass solche welke Sprosse wieder frisch werden, wenn man ihnen eine Anzahl Blätter wegnimmt, und dass Sprosse, die vor dem Abschneiden eines Theiles der Blätter beraubt worden sind, gar nicht welken, weil dann eine geringere Menge Wasser erforderlich ist. Die Unterbrechung der Leitungsfähigkeit erstreckt sich nicht über den ganzen Stengel, sondern nur auf eine gewisse Strecke oberhalb der Schnittfläche. Wenn nämlich welke Sprosse 5—6 Centim. oberhalb der Schnittfläche unter Wasser durchschnitten wurden, so wurden sie wieder frisch, während dieselbe Operation in nur 1 Centim. Entfernung dies noch nicht bewirkte. Es giebt einige äusserliche Mittel, um die verminderte Leitungsfähigkeit wieder zu erhöhen und also welke Sprosse wieder frisch zu machen. SACHS²⁾ fand, dass erhöhter Druck die Wasserleitung beschleunigt und auch die Leitungsfähigkeit wieder normal macht: wenn der welke Spross in den kurzen Schenkel einer zum Theil mit Wasser gefüllten U-förmigen Glasröhre fest eingesetzt, und in den anderen Schenkel Quecksilber gegossen wird, so wird der Spross in kurzer Zeit wieder turgescens. Ein anderer in der Praxis seit Langem mit Erfolg angewendeter Gebrauch, bei welchem man die welken Sprosse durch Einsetzen in warmes Wasser (ungefähr 35° C.) wieder frisch macht, lehrt, dass Erwärmung des Stengels die Leitungsfähigkeit desselben bedeutend erhöht.

II. Folgen unpassender Veredelung.

Abgeschnittene Pflanzentheile können ausser durch eigene Bewurzelung auch durch Uebertragung auf ein anderes lebendiges Individuum am Leben erhalten und zur weiteren Entwicklung befähigt werden, wie es bei der Veredelung geschieht. Nun lässt sich aber zwischen vielen Pflanzen eine solche Verbindung entweder gar nicht herstellen oder wenn sie geschehen ist, hat sie für das Edelreis eine krankhafte Entwicklung und ein zeitiges Absterben zur Folge. Nur in dieser Beziehung ist die Veredelung hier zu erwähnen.

Holzige Pflanzen und fleischige Pflanzentheile (Succulenten, Kartoffelknollen etc.) sind bekanntlich am meisten zur Veredelung geeignet.

Im Allgemeinen darf die Möglichkeit der Veredelung als auf die Dicotyledonen beschränkt gelten. Nach DECANDOLLE³⁾ hat man zwar *Dracaena ferrea* auf *Dracaena terminalis* gepfropft, aber im zweiten Jahre vertrocknete sie und ging zu Grunde.

¹⁾ Arbeiten des bot. Inst. zu Würzburg. 3. Heft, pag. 287.

²⁾ Lehrb. d. Botanik. 2. Aufl. pag. 575.

³⁾ Physiologie végétale. II. pag. 758.

Am besten schlägt die Operation an zwischen Pflanzen derselben Species, doch lässt sich in vielen Fällen die Veredelung mit Erfolg auch zwischen zwei verschiedenen Species vornehmen. Dies ist aber immer, soweit glaubwürdige Angaben und exacte Wiederholungsversuche gegentheiliger Angaben gelehrt haben, nur innerhalb einer und derselben natürlichen Familie möglich; auch lassen sich nicht alle Arten einer Familie aufeinander pfpfen; es ist dazu eine gewisse nähere Verwandtschaft in anatomischer und physiologischer Beziehung erforderlich.

Zwischen verschiedenen Species einer Familie gelingt zwar die Veredelung oft anfänglich, die Pfpfreier wachsen zwar an, aber sie wachsen oft nicht weiter oder entwickeln sich in den nächstfolgenden 3 bis 4 Jahren kümmerlich um dann abzusterben, oder tragen wol auch im ersten Jahre nach der Operation Früchte, gehen darnach aber zu Grunde. Dies gilt z. B. von den Impfungen verschiedener Oleaceen auf einander, nämlich von Flieder auf Esche, von *Chionanthus* auf Esche und Flieder, von Flieder auf *Phyllirea*, von Oelbaum auf Esche, und von Oelbaum auf Hartriegel¹⁾. In den meisten Fällen beobachtet man dasselbe beim Veredeln von Birnen auf Aepfeln und umgekehrt; doch sind auch ausnahmsweise Beispiele dauernd gelungener Veredelung von Birnen auf Aepfel bekannt²⁾. Ebenso haben Pfpfungen von Süßkirschen auf Sauerkirschen, von Kirschen auf Pflaumen in der Regel keinen dauernden Erfolg. Einen gewissen Einfluss auf die erfolgreiche Vereinigung zwischen Edelreis und Unterlage übt manchmal die Art der Veredelung aus. So sollen verschieden Birnenvarietäten auf Quitte nicht anschlagen oder bald zu Grunde gehen, wenn sie oculirt werden, hingegen sich sehr gut entwickeln und grosse Fruchtbarkeit zeigen, wenn man in den Spalt pfpft und als Edelreis eine Zweigspitze benutzt; ebenso sollen auf *Ligustrum ovalifolium* zahlreiche Arten und Varietäten von *Syringa* gut anschlagen bei Pfpfen in den Spalt, bei Oculution aber soll es nur mit *Syringa Josikea* gelungen sein³⁾.

III. Verstümmelung der Samen.

Verletzungen der Samen können schädliche Folgen für die Keimung und die weitere Entwicklung der Keimpflanzen haben. Durch Bruch, sowie durch die Verletzungen, die gewisse Thiere, besonders Samenkäfer (Bruchus-Arten) an den Samen hervorbringen, wird erfahrungsgemäss die Keimfähigkeit der Samen beeinträchtigt. Eine genauere Kenntniss der verschiedenen Folgen, die aus der Verwundung oder dem Verlust bestimmter Organe der Samen und der Embryonen resultiren, ist gewonnen worden, indem man die verschiedenartigen Organe künstlich weggeschnitten und den Erfolg beobachtet hat.

Verlust der Reservenährstoffbehälter. Wenn man den Embryonen die Behälter der Reservenährstoffe (die Cotyledonen bei eiweisslosen Samen, das Endosperm bei eiweisshaltigen) wegschneidet, so wird dadurch zwar die Keimfähigkeit nicht alterirt, aber die daraus sich entwickelnden Pflanzen sind Zwerge. Die Abnahme der Grösse und des Gewichtes der producirtten Pflanzen richtet sich nach dem Verhältniss des verlorenen Nährmaterials; die Pflanze kann unter Verzwergung bis zur Bildung reifer Früchte gelangen oder auch schon vorzeitig zu Grunde gehen.

¹⁾ Vergl. DECANDOLLE, l. c. pag. 791.

²⁾ Vergl. besonders STOLL in Wiener Obst- und Gartenzeitung 1876. pag. 10.

³⁾ Nach CARRIÈRE in Revue hort. 1876. II. pag. 208.

BONNET¹⁾ hat zuerst solche Versuche mit Bohnen und Buchweizen angestellt. Eingequellten Bohnen wurden beide Cotyledonen weggeschnitten, der Rumpf des Keimes dann so in die Erde gesteckt, dass die Plumula hervorragte. Die Pflanzen entwickelten sich trotzdem, aber in ausserordentlicher Kleinheit; als sie zu blühen begannen, waren sie nur 5,4 Centim. hoch (gleichalterige unverletzte 49 Centim.), ihre grössten Blättchen waren nur 3,5 Centim. lang und 1,5 Centim. breit; die Blüthen waren verhältnissmässig klein und in geringer Anzahl. Wenn die Operation an den Bohnen erst ausgeführt wurde, sobald sie aufgegangen waren, war die Reduction in der Grösse etwas minder bedeutend: die ersten Blätter waren nur 5,4 Centim. lang, aber auch während des ganzen Wachstums blieb ein Unterschied merklich, es kamen weniger Blüthen, weniger und kleinere Früchte zur Entwicklung. Viel stärker war der Einfluss des Abschneidens der Cotyledonen an den Buchweizenpflänzchen; die meisten starben, und die davon gekommenen blieben elend. Dieselben waren nach drei Wochen nur 2,7 Centim. hoch (gegen 16 Centim. der gleichalterigen unverwundeten) und hatten 1 Centim. lange und 0,6 Centim. breite Blätter. Zuletzt hatten sie 13,5 Centim. Höhe erreicht, waren ohne Zweige, und die sehr kleinen und wenigen Blüthen hatten keinen Samen gebracht, während die gleichalterigen unversehrten Pflanzen 78,5 Centim. hoch waren und Zweige, Blüthen und Körner in Menge hatten. Solche Versuche sind noch weiter fortgesetzt worden von SACHS²⁾, GRIS³⁾, VAN TIEGHEM⁴⁾ und zuletzt von BLOCISZEWSKI⁵⁾. Der Letztere hat besonders die angedeutete Abhängigkeit der erreichbaren Grösse von den in den Cotyledonen und im Endosperm aufgespeicherten Reservestoffe anschaulich gemacht. Er trennte von Roggen, Hafer, Mais, Erbsen, Lupinen, Klee und Oelrettig, bald nur einen ganzen Cotyledon, bald zwei Hälften querdurchschnittener Cotyledonen, bald die Hälfte oder ein Viertel des Endosperms und fand, dass die daraus hervorgegangenen Pflanzen in ihrem Gewichte die Mitte hielten zwischen den aus ganzen Samen erhaltenen und denen, welche der Reservestoffbehälter total beraubt worden waren.⁶⁾

Verlust der Theile des Embryo. Die Resultate, welche VAN TIEGHEM (l. c.) über die Abhängigkeit der einzelnen Organe des Embryo von einander gewonnen hat, waren bei eiweisslosen Samen (*Helianthus annuus*) wie bei eiweisshaltigen (Mais, *Mirabilis*) ein und dieselben: wenn Achsenorgane, Wurzel und Cotyledonen von einander getrennt und normalen Keimungsbedingungen ausgesetzt werden, so wächst jeder Theil und vergrössert sich als ob er mit den andern zusammenhinge, aber nach kurzer Zeit gehen sie zu Grunde, das Stengelchen erst nachdem es neue Nebenwurzeln gebildet hat. Die Cotyledonen ergrünen, bekommen an der Schnittfläche Nebenwurzeln, endlich eine Knospe, die zu einem Pflänzchen auswächst; selbst Stücke halbirter oder geviertheilter Cotyledonen liefern neue Pflänzchen. Dagegen erhielt BLOCISZEWSKI an abgeschnittenen Cotyledonen von Erbsen und Lupinen zwar Wurzeln, aber nie vollständige Pflänzchen.

Ersatz des Endosperms durch ein künstliches. Wie schon GRIS beobachtete, fand auch VAN TIEGHEM, dass ein des Endosperms beraubter Embryo von *Mirabilis* sich in den ersten Tagen normal zu einer Keimpflanze entwickelt; aber das weitere Wachsthum unterbleibt, indem die Knospe sich nicht weiter entwickelt. Aber er fand auch die interessante Thatsache, dass für das weggenommene Endosperm mit Erfolg ein künstliches substituiert werden kann. Die

¹⁾ Nutzen der Blätter bei den Pflanzen. Deutsch von Arnold. pag. 137 ff.

²⁾ Keimungsgeschichte der Schminkbohne. Sitzungsber. d. k. k. Akad. d. Wiss. Wien 1859.

³⁾ Ann. des sc. nat. 5. sér. T. II. pag. 107.

⁴⁾ Ann. des sc. nat. 5. sér. T. XVII. pag. 205 ff.

⁵⁾ Landw. Jahrbücher 1876, pag. 145 ff.

⁶⁾ Nach SCHENK's mir nachträglich mitgetheilten Beobachtungen kommen der Reservestoffbehälter beraubte Embryonen zu vollständiger Entwicklung, sobald es nur gelingt, sie zu genügender Assimilation zu bringen, daher wol im Sommer, aber nicht im Winter (wegen ungenügender Beleuchtung).

nackten Embryonen von *Mirabilis* wurden in einen Brei gehüllt, der aus ihrem eigenen mit Wasser zerriebenen Endosperm oder auch aus Kartoffelstärke oder Buchweizenmehl bereitet worden war. Es bildeten z. B. nach 12 Tagen nackte Embryonen 35 Millim. lange Stengel mit unentwickelter Plumula und 15 Millim. langen Cotyledonen, im Endospermbrei eingehüllte 60 Millim. lange Stengel mit 20 Millim. lang entwickelter Plumula und 25 Millim. lange Cotyledonen, während die normal gekeimten 70 Millim. lange Stengel mit 40 Millim. lang entwickelter Plumula bekommen hatten. Es wurde auch constatirt, dass die Embryonen einen Theil dieser Nahrung aufnehmen, wenn auch bedeutend weniger, als aus dem natürlichen und normal anhaftenden Endosperm.

IV. Verlust und Verletzungen der Wurzeln.

Verluste der Wurzeln werden herbeigeführt entweder durch Thiere, welche in der Erde die Wurzeln verzehren oder durchbeissen, oder durch allerlei Unfälle, die bei der Behandlung der Pflanze geschehen. In solchem Falle findet eine ungenügende Wasserzufuhr und eine Unterbrechung der Ernährung statt. Die Erfolge sind nach dem Naturell der Pflanzen verschieden: An denjenigen, welche viel Wasser enthalten und stark transpiriren, tritt, wenn z. B. durch Thiere die Wurzel abgebissen oder zerfressen worden ist, plötzliches Welkwerden ein. Härtere, saftärmere Pflanzen, die kein eigentliches Welken erleiden, wie zahlreiche bei uns als Topfpflanzen cultivirte exotische Holzgewächse, lassen ein allmähliches Gelb- oder Braunwerden und Abfallen oder Vertrocknen der Blätter eintreten, so dass jede Pflanzenart hierbei ihre eigenen Symptome zeigt. Am wenigsten empfindlich sind die Succulenten, weil diese wegen ihrer geringen Verdunstung längere Zeit ohne Wurzel existiren können und meist leicht sich wieder bewurzeln.

Eine Verwundung der Wurzeln, durch welche die Aufsaugung von Wasser aus dem Boden gestört wird, ist fast bei jedem Versetzen der Pflanzen unvermeidlich. Wenn man kleinere Pflanzen nicht mit dem ganzen Erdstück, in welchem sie wurzeln, aushebt, sondern den Wurzelkörper erst von Erde befreit und dann umsetzt, so tritt fast immer unmittelbar nach dem Umsetzen, selbst wenn reichlich gegossen worden ist, ein mehr oder minder starkes Welken der ganzen Pflanze ein, welches unter Umständen sogar einen tödtlichen Ausgang haben kann, unbekannt z. B. beim Auspflanzen junger Salatpflanzen, Rüben u. dergl. Der Grund liegt in der Zerstörung der eigentlich aufsaugenden Theile der Wurzeln. Dieses sind die jungen Enden derselben, soweit sie mit Wurzelhaaren bekleidet sind. Beim Ausheben der Pflanzen werden diese Enden sehr leicht entweder ganz abgerissen oder doch ihrer Wurzelhaare beraubt, weil diese mit den kleinen Bodenpartikelchen innig verwachsen sind. Ein in dieser Weise verwundeter Wurzelkörper vermag daher nicht in genügendem Grade zu functioniren; erst dann, wenn die Wurzelspitzen wieder ein neues mit Wurzelhaaren versehenes Stück gebildet haben oder neue Seitenwurzeln entstanden sind, verschwindet mit dem Beginn erhöhter Wurzelthätigkeit der welke Zustand wieder. Beim Versetzen der Holzpflanzen muss um so mehr eine Unterbrechung der Wurzelthätigkeit eintreten, weil hierbei fast immer eine gröbere Verwundung, ein Abreissen oder Abhauen stärkerer Wurzeln stattfindet. Je grösser die Pflanze ist, desto weniger ist es möglich, den ganzen Wurzelkörper unversehrt auszuheben, und beim Umsetzen erwachsener Bäume ist eine bedeutende Verstümmelung der Wurzeln ganz unvermeidlich. Die nächste Folge ist daher auch hier, dass den vorhandenen Aesten

nur spärlich Nahrung und Wasser zugeführt wird und dass sie bald absterben oder schwächliche Triebe bilden. Man nimmt daher versetzten Bäumen einen Theil der Aeste um dadurch die Entwicklung einzelner Knospen zu neuen Zweigen zu befördern, die dann in dem Maasse als der Wurzelkörper sich erneuert, an die Stelle der verlorenen Aeste treten. Es ist sogar möglich, erwachsene, alte Bäume mit Erfolg umzusetzen, aber die Unsicherheit des Erfolges nimmt mit dem Alter zu. Das Umsetzen kleinerer Gehölze muss hiernach mit möglichster Schonung des Wurzelballens geschehen, bei Topfpflanzen müssen gerade die äussersten Wurzeln, welche sich auf dem Boden und an den Wänden des Topfes ausbreiten, da sie die jüngsten und thätigsten sind, geschont werden.

V. Verstümmelung des Stammes und der Zweige.

Was über die Folgen der vorgenannten Verwundungen bezüglich der krautartigen Gewächse zu sagen ist, möchte sich in der Hauptsache darauf beschränken, dass für einjährige Kräuter der Verlust des ganzen oberirdischen Stammes in der Regel tödtlich ist, weil die zurückbleibende Wurzel darnach abstirbt, ein theilweiser Verlust aber oft ein Wiederausschlagen aus Knospenanlagen der unteren Stengeltheile zur Folge hat, dass dagegen für die Perennirenden ein einmaliger Verlust des ganzen oberirdischen Theiles gewöhnlich nicht tödtlich ist, weil aus dem Rhizom sich neue oberirdische Sprosse entwickeln können. Es möge nur angedeutet werden, dass die einzelnen Arten sich hierbei insofern verschieden verhalten, als manche die verlorenen Triebe in demselben Sommer ein- oder mehrmals wieder ersetzen (z. B. Klee und ähnliche Pflanzen, die mehrmals im Jahre geschnitten werden können), andere, wie z. B. viele Frühjahrspflanzen nach Abschneiden ihrer oberirdischen Sprosse gewöhnlich erst im nächsten Frühling, wenn ihre Zeit gekommen ist, von neuem treiben. Wenn man wiederholt die jungen oberirdischen Triebe bald nach ihrem Erscheinen wieder wegschneidet, so findet aus bekannten physiologischen Gründen keine Ernährung der unterirdischen Theile statt, vielmehr werden dieselben durch die wiederholte Bildung neuer Organe erschöpft, und die Pflanze geht endlich aus. Es ist dies denn auch ein Mittel, um Unkräuter, bei denen das Ausroden der unterirdischen Theile sich schwer bewerkstelligen lässt, zu vertilgen.

Hauptsächlich kommen Wunden der in Rede stehenden Art bei den Holzpflanzen vor, und hier sind sie, sowie die Folgen, welche sie nach sich ziehen, von grosser Mannichfaltigkeit, die noch dadurch erhöht wird, dass hierin die Baumarten vielfach specifische Eigenthümlichkeiten zeigen. Man muss hier einzeln für sich betrachten 1. den Verlust jüngerer, d. h. ein- oder wenigjähriger Zweige oder der Stücke solcher Zweige oder von Knospen, 2. den Verlust der ganzen Krone, des Gipfeltriebes oder der stärkeren Aeste und 3. den Verlust des ganzen Stammes. Es wird bei jedem dieser drei Punkte anzugeben sein, inwiefern etwa die einzelnen Gehölzarten hinsichtlich der Folgen sich verschieden verhalten. Will man nur ganz allgemein die überhaupt möglichen Folgen dieser Verwundungen wissen, so ist zu antworten, dass diese dreierlei sein können: entweder der Tod der ganzen Pflanze, oder bei partieller Verwundung das Fortleben des nicht verstümmelten Theiles der Pflanze, ohne dass nahe den Wundstellen eine Neubildung von Sprossen zum Ersatz der verloren gegangenen zu bemerken ist, oder endlich, und das ist der häufigere Fall, in der Nähe der Wunde eine Neubildung von Organen, welche im normalen Zustande an diesen Punkten der Pflanze nicht stattfindet und daher unzweideutig als Folge der Ver-

letzung sich darstellt. Diese Neubildungen bestehen, wenn wir hier von den Erscheinungen der eigentlichen Wundenheilung, d. i. von den Ueberwallungen absehen, aus Knospen und Sprossen, durch deren Entwicklung die Pflanze einen Ersatz für die verloren gegangenen anstrebt. Alle diese Neubildungen bezeichnen die Praktiker mit dem Namen Reproductionen, und es kann auch wissenschaftlich diese Bezeichnung für den angegebenen Begriff beibehalten werden, nur darf man darunter nicht das verstehen, was als Regeneration bezeichnet wird, also z. B. nicht an die Erscheinungen bei gewissen Amphibien denken, deren Gliedmaassen nach Verstümmelung sich wieder vervollständigen, denn der verstümmelte Spross selbst kann sich nicht erneuern, es sind immer andere, völlig neue, dem verloren gegangenen allerdings morphologisch gleiche Sprosse, deren Entstehung hier als Reproduction bezeichnet wird.

1. Verlust der Knospen und jüngeren Zweige der Holzpflanzen.

In diese Kategorie von Wunden gehören diejenigen, welche der künstliche Schnitt verursacht, ferner die Verstümmelungen, die an jungen Pflänzchen, z. B. in Saatkämpen, oder an ganz niedrigen Sträuchern durch die Sichel beim Grasmähen, sowie durch Zertreten, Zerfahren und ähnliche durch den Verkehr bedingte Zerstörungen herbeigeführt werden; ferner zahlreiche Verwundungen, welche die Thierwelt verschuldet. In erster Linie steht hier das Verbeissen der jüngeren Triebe durch Vierfüssler, besonders durch das Wild, zumal Rehe, und durch vorüberziehendes Vieh, was zu jeder Jahreszeit, jedoch beim Wild besonders im Winter bei Schnee geschieht, die kleinsten, jüngsten Pflänzchen bis zu grösseren Büschen, soweit das Thier die Triebe erreichen kann, betrifft und darin besteht, dass entweder nur die Spitzen oder grössere Stücke der einjährigen Triebe abgezwickt und gefressen werden. Die Eichhörnchen beissen an den Fichten und Tannen im Herbst und Winter einjährige Zweiglein ab, um die Blütenknospen derselben auszufressen, und lassen sie dann fallen. Auch gehört mancher Insektenfrass hierher: es giebt einige Käfer und Raupen, welche die dünneren Zweige zwar nicht auffressen, aber durch Anstechen oder Durchwühlen so verwunden, dass dieselben über der Wunde absterben und abbrechen. So der Kiefernritzelkäfer (*Curculio pini*), der Kiefernmarkkäfer (*Hylesinus piniperda*), auch wol die sonst in anderer Weise fressenden Räumchen der Forleule (*Noctua piniperda*) auf der Kiefer, die Larven des Erlenritzelkäfers (*Curculio lapathi*) auf den Birken, Erlen, Weiden und Pappeln, die Larven des Haselnbockkäfers (*Cerambyx linearis*) auf den Haseln, der Eichenweichkäfer (*Cantharis obscura*) auf den Eichen, die Fichtenmotte (*Tinea abietella*), welche Gipfel- und Quirlknospen der Fichte und Tanne ausfrisst.

Auf die im Vorstehenden angegebenen Verwundungen bezieht sich zum Theil das, was man mit dem Namen Abbisse und Absprünge bezeichnet. Man versteht darunter die Erscheinung, dass ganze unversehrte einjährige Triebe von den Bäumen sich ablösen und abfallen, so dass sie bisweilen in grosser Zahl den Boden rings um den Baum bedecken. Theilweise werden dieselben allerdings durch Thiere veranlasst, nämlich durch Eichhörnchen an Fichten und Tannen, durch den Kiefernmarkkäfer an den Kiefern, den Eichenweichkäfer an den Eichen. Eigentliche Absprünge aber sind eine besonders bei *Taxodium*, *Quercus*, *Populus*, *Salix* und auch bei Fichten häufige normale Erscheinung, welche darin besteht, dass gewisse schwächliche Zweiglein, die für den Weiterbau des grösseren Zweiges, an welchem sie sitzen, überflüssig sind, sich endlich durch eine organische Abgliederung von selbst ablösen und besonders nach Sturm in Menge abfallen¹⁾, pathologische Folgen aber nicht erkennen lassen.

¹⁾ Man vergleiche die Auseinandersetzungen von RÖSE und GONNERMANN in Bot. Ztg. 1865 No. 14, 41 und 34; sowie RATZBURG, Waldverderbniss, I. pag. 219.

Folgen der Verstümmelungen. Die in Rede stehenden Verstümmelungen fallen natürlich für ganz junge Pflänzchen relativ stark in's Gewicht und sind dann auch für diese oft tödtlich. Wenn Wild in Saatkämpen ein- oder wenigjährige Kiefern verbeisst, so gehen oft viele derselben ein¹⁾, während ein- bis dreijährige Fichten, denen oft nur die Spitzen abgezwickt worden, durch Reproduction sich retten²⁾. Ebenso werden, wenn der Kiefernritzelkäfer junge Pflänzchen angeht, dieselben gewöhnlich plötzlich getödtet³⁾. Dagegen sind für ältere Pflanzen und besonders erwachsene Bäume diese Verwundungen an und für sich, und selbst wenn sie in Menge über die Pflanze verbreitet sind, nicht tödtlich; und wenn die Pflanze darnach doch nach längerem Kümern endlich eingeht, so kann man anderweite ungünstige Umstände, wie Klima, Bodenverhältnisse oder gar andere inzwischen angekommene Feinde als mitwirkende Ursache vermuthen. Sehr bald nach der Verwundung regt sich an den verstümmelten Pflanzen die Reproduction. Für alle in der Ueberschrift bezeichneten Verwundungen gilt nun die Regel, dass die Reproduction immer aus normalen Seitenknospen (Achselknospen) erfolgt, also aus solchen, welche bei jeder Pflanzenart eine durch den morphologischen Aufbau festbestimmte Stellung haben, während nach Verlust stärkerer Aeste, die Reproduction vorwiegend nur durch Adventivknospen, also durch Knospen ohne bestimmte Stellung und Zahl, geschieht. Hier führt daher die Reproduction zu einer ganzen Reihe eigenthümlicher abnormer Erscheinungen in der Zweigbildung und in der Gesammtform der ganzen Pflanze.

1. Verzweigungsfehler. Wenn ein- oder wenigjährige Triebe ganz oder theilweis verloren gehen, so sind fast immer nahe der Wunde irgendwo normale Seitenknospen schon vorhanden oder es giebt daselbst Blätter, welche in ihren Achseln nachträglich solche erzeugen oder die sonst unentwickelt bleibenden Anlagen solcher zur vollständigen Ausbildung bringen können. Diese Knospen sind es, welche dann zu treiben beginnen und zum Ersatz des verloren gegangenen Sprosses neue Triebe (Ersatztriebe) machen. Wenn nun aber an den Ersatztrieben Verstümmelungen sich wiederholen, wie z. B. beim Heckenschnitt und ganz besonders beim Verbeissen des Wildes und des Viehes, welches gerade die Gewohnheit zu haben scheint, die einmal verbeizten Büsche immer wieder aufzusuchen, so

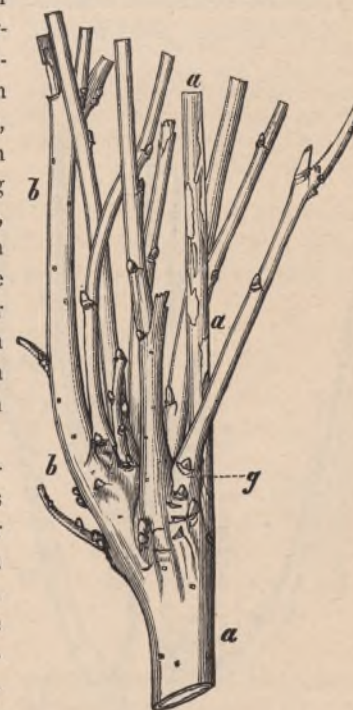


Fig. 2. (B. 90.)

Rüster, Bildung von Ersatztrieben aus unteren Seitenknospen, nach wiederholtem Verbeissen durch Wild. a a a Hauptspross, b b Zweig, beide in den oberen Theilen abgebissen, gleich den Ersatztrieben. Die Bissstellen liegen zum Theil in grösserer Höhe, daher in der Figur nicht dargestellt. Die Ersatztriebe sind alle aus den untersten Seitenknospen entwickelt worden, deren noch welche bei g vorhanden sind.

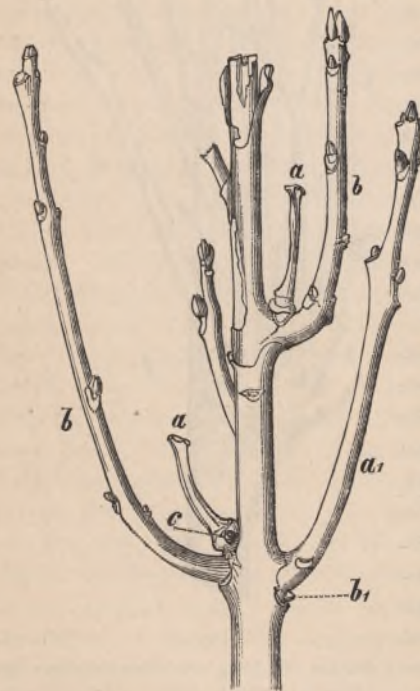
¹⁾ RATZBURG, Waldverderbniss, I. pag. 191.

²⁾ l. c. pag. 258.

³⁾ l. c. pag. 119.

hat dies eine Vervielfältigung von Sprossen verschiedenen Grades oder Polycladie zur Folge, wie diese Erscheinung im Allgemeinen bezeichnet werden kann, deren höchste Grade wol auch Zweigwucherungen oder Besen genannt werden. Die hierher gehörigen Polycladien sind sämtlich daran zu erkennen, dass immer die Bruchstellen der verloren gegangenen Zweige oder die noch stehengebliebenen Stumpfe derselben zu sehen sind. Die aus mehrmaliger Wiederholung der Verstümmelung hervorgegangenen zeigen eine ungewöhnlich grosse Anzahl verschiedenalteriger von einem einzigen oder von nahe bei einander befindlichen Punkten entspringende Zweige und Zweigstumpfe, die an ihrer Basis immer wieder ausschlagen. Bei der Entstehung dieser Zweigwucherungen sind nun die verschiedenen morphologischen Verhältnisse der Sprosse bei den Holzpflanzen maassgebend. In dieser Beziehung haben wir folgende Fälle zu unterscheiden.

a) Nur die normalen Achselknospen der untersten ersten Laubblätter an der Basis des Sprosses werden nach dessen Verstümmelung zu Ersatztrieben entwickelt. Diese Knospen sind bei den meisten Laubbölzern von den übrigen durch auffallend geringere Grösse und schwächere Entwicklungsfähigkeit unterschieden, indem sie unter gewöhnlichen Verhältnissen im Knospenzustande verbleiben und nicht zum Austrieb kommen, sogenannte schlafende Knospen. Darum findet man sie meistens auch noch an der Basis des zwei- und selbst mehrjährigen Triebes, und erst im späteren Alter verschwinden sie. Als Beispiel für dieses Verhältniss kann die Rüster dienen. Nach Verbeissen durch das Wild werden hier diese schlafenden Knospen geweckt und zu neuen Trieben entwickelt, wie Fig. 2 zeigt. Auch die meisten anderen Laubbölzer gehören zu diesem Typus.



(B. 91.)

Fig. 3.

Esche, Bildung von Ersatztrieben aus Beiknospen, nach Verbeissen durch Wild. a_1 ein normaler Achselspross, b_1 dessen normal unentwickelt bleibende Beiknospe. Bei aa die Achselsprosse gleich dem Hauptspross abgebissen, dafür die Beiknospen derselben bb zu Ersatztrieben entwickelt. Bei c eine Secundärknospe.

von SCHIMPER Säumaugen genannten kleinen Knospen, welche bei manchen

b) Die Ersatztriebe werden ausser aus Achselknospen auch aus Beiknospen (accessorischen Knospen) oder aus diesen allein gebildet. Solche Knospen kommen neben der eigentlichen grösseren Achselknospe in den Blattachsen vor bekanntlich bei *Lonicera*, wo sie über, bei *Fraxinus excelsior* etc., wo sie unter der Achselknospe stehen. An der Stellung der Ersatztriebe, die sich hier nach Verbeissen und dergl. bilden, erkennt man deutlich die eben bezeichnete Herkunft derselben (vergl. Fig. 3).

c) Die Reproduction geschieht mittelst der von HENRY Secundärknospen,

Holzpflanzen normal in der Achsel der untersten Schuppen der Knospen sich bilden und daher an der Basis der letzteren entweder freistehend oder noch von der vorhandenen Knospenschuppe bedeckt sichtbar sind. So befindet sich bei den Weidenarten, sehr deutlich z. B. bei *Salix purpurea*, rechts und links von der Narbe des Tragblattes eine kleine Secundärknospe unmittelbar hinter den beiden verwachsenen Knospenschuppen als Achselprodukt derselben. Im normalen Zustande bleiben sie unterdrückt, werden aber geweckt, wenn der Zweig, an dem sie stehen, oder auch wenn der Hauptspross über diesem Zweige verstümmelt wird. Fig. 4. zeigt die Reproduction aus diesen Knospen an der auf Wiesen wachsenden *Salix repens*, die von der Sense bei der Heuernte verstümmelt worden ist.

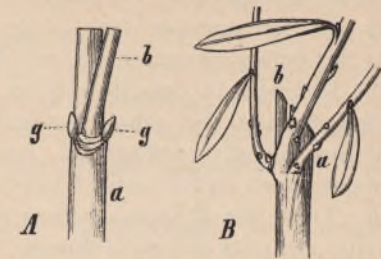


Fig. 4.

(B. 92.)

Weide, Bildung von Ersatztrieben aus Secundärknospen. A Stück eines Zweiges von *Salix purpurea*. a Hauptspross, b Zweig, gg die Secundärknospen. B. *Salix repens*, durch die Sense beim Grasmähen abgeschnitten und zwar sowohl der Hauptspross a , wie der Zweig b . Dafür aus Secundärknospen Ersatztriebe, deren einer wieder aus einer solchen Knospe getrieben hat.

d) Knospen, die ihrem morphologischen Charakter nach ebenfalls Secundärknospen genannt werden können, die aber unter normalen Verhältnissen gar nicht vorhanden sind, werden erst in Folge der Verstümmelung angelegt und dann zur Triebbildung benutzt. Für den Morphologen bedarf es nicht des Hinweises, dass dieser Fall vom vorigen sich durch keine scharfe Grenze trennen lässt, da der Vegetationspunkt einer Achselknospe jedenfalls schon frühzeitig angelegt sein muss; und der Unterschied des vorliegenden Falles würde nur darin bestehen, dass hier diese Vegetationspunkte unter normalen Verhältnissen auf ihrer ersten Anlage stehen bleiben und die Entwicklung zu wirklichen Knospen erst durch die Verwundung bedingt wird. Solche Secundärknospen entwickelt besonders die Fichte nach dem Schnitt und nach Verbeissen. Normal bilden die Fichtensprosse unter der Terminalknospe in den Achseln der obersten Nadeln Seitenknospen, welche an kräftigen Sprossen ungefähr einen Quirl bilden, an schwächeren Trieben nur in der Ein- oder Zweizahl vorhanden sind (Fig. 5. B) oder ganz fehlen. Wenn die Knospen oder deren Triebe verstümmelt sind, so erscheinen Ersatzknospen aus den Achseln der Knospenschuppen, welche die Basis sowol des Endtriebes wie die der Quirltriebe umsäumen. Der aus der Gesamtheit der Knospenschuppen bestehende manschettenförmige Schuppenansatz, aus welchem im normalen Zustande nur der Spross selbst sich erhebt, umfasst nach Verlust des letzteren mehrere Knospen, die alle entwicklungsfähig sind (Fig. 5 A).

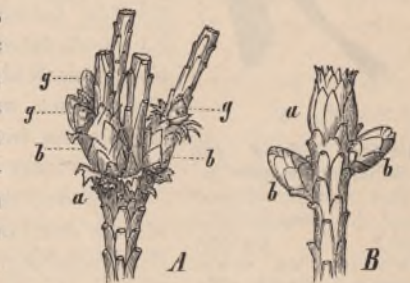


Fig. 5.

(B. 93.)

Fichte, Bildung von Ersatztrieben aus Secundärknospen nach Verbeissen durch Wild (A). Der Haupttrieb abgebissen, dafür über dem Schuppenansatz a drei Secundärknospen bb gebildet und zu Ersatztrieben entwickelt; letztere wieder abgebissen, dafür aus ihrem Schuppenansatz b wieder Secundärknospen ggg gebildet. — B Normaler Fichtenspross, welcher unter dem Schuppenansatz der Endknospe a die normalen Seitenknospen bb trägt.

die Basis sowol des Endtriebes wie die der Quirltriebe umsäumen. Der aus der Gesamtheit der Knospenschuppen bestehende manschettenförmige Schuppenansatz, aus welchem im normalen Zustande nur der Spross selbst sich erhebt, umfasst nach Verlust des letzteren mehrere Knospen, die alle entwicklungsfähig sind (Fig. 5 A).

So kommt das abnorme Verhältniss zu Stande, dass der Hauptspross einen Quirl von Seitenknospen über dem Schuppenansatz trägt, während der normale Knospenquirl stets unter demselben steht. Wenn im nächsten Jahre die aus den Ersatzknospen entwickelten Triebe wieder verstümmelt werden, so wird aus der Schuppenmanschette, mit der sie am Grunde beginnen, wieder eine Anzahl Knospen in derselben Weise gebildet. So kann schliesslich der primäre Schuppenansatz ein ganzes Bouquet von Knospen und Zweigstummeln umfassen, wie aus Fig. 5 zu ersehen ist. Bei der Entwicklung dieser secundären Knospen kommen auch eigenthümliche Uebergänge zwischen Knospenschuppen und Nadeln vor. Denn die Knospen treiben zuweilen ein wenig, wobei einige ganz kurze, breite, ein oder wenige Millimeter lange grüne Nadeln auf die Knospenschuppen folgen, schliessen jedoch bald wieder mit Knospenschuppen ab.



(B. 94.) Fig. 6.

Kiefer, Bildung von Scheidenknospen in Folge der Verstümmelung des Haupttriebes a durch die Forleule. Zwischen den beiden meist abgeschnittenen Nadeln jedes Nadelzweigleins eine Knospe; zum Theil sind die Scheidenknospen auch schon zu einem mit mehreren Nadeln besetzten Ersatztriebe ausgewachsen. Nach RATZBURG.

in der diese Triebe gebildet werden, zusammen; im Ganzen darf man um so kümmerlichere Ersatztriebe erwarten, in je grösserer Zahl sie gebildet werden, indem die Nahrung, die sie erhalten, sich dann auf desto mehr vertheilt. Daher kann auch unter Umständen nach Verstümmelung das Gegentheil eintreten: wenn nämlich eine einzige, kräftige, entwicklungsfähige, normale Knospe oder ein Trieb stehen geblieben ist, der dann die ganze Nahrung an sich zieht, so erlangt derselbe leicht eine geile Entwicklung. Die Blätter eines solchen Triebes werden oft ungewöhnlich gross, oder es treten noch andere teratologische Erscheinungen ein, z. B. bei der Kiefer, wo dann manche Nadelzweiglein drei statt zwei Nadeln

e) In besonderer Weise verhält sich, ihres eigenthümlichen morphologischen Aufbaues wegen die Kiefer. Hier ist jedes der Nadelzweiglein, welche von häutigen Scheiden umhüllt je ein Nadelpaar tragen, im Stande eine Knospe zwischen den beiden Nadeln zu bilden aus dem dort befindlichen Vegetationspunkt des Zweigleins, welcher unter normalen Verhältnissen ruhend bleibt. Diese Knospen nennt man Scheidenknospen. Nach Verstümmelung können aus einem oder mehreren unter der Wunde stehenden Nadelzweiglein Scheidenknospen hervorkommen (Fig. 6), welche zu neuen Trieben auszuwachsen vermögen. Auch die normalen Seitenknospen des Kiefersprosses werden unter solchen Umständen gewöhnlich mit geweckt. Beiderlei Knospen entwickeln sich dann wie Sprosse von typischer Form mit Nadelpaaren. Indessen erreichen die Scheidentriebe, auch wenn sie unverletzt bleiben, kein hohes Alter, sie bleiben immer schwächlich und sterben nach einigen Jahren wieder ab.

An den Ersatztrieben sind die Blätter meistens kleiner als die normalen, sowol bei den Laubhölzern als auch bei den Nadelbäumen. So zeigt die Kiefer und namentlich die Fichte eine Kurznadeligkeit, indem die Nadeln in ihrer Kleinheit an diejenigen der Krüppelsträucher an der Baumgrenze der Gebirge erinnern und so dicht an den Zweigen stehen, dass diese wie Bürsten aussehen (Bürstentriebe). Aber diese Verkleinerung steht immer mit der Kümmerlichkeit der Ersatztriebe im Zusammenhange, und diese hängt wieder mit der vermehrten Anzahl,

tragen. Auch Scheidenknospen kommen dann leicht hinzu; sie sind bei Riesennadeln und bei Dreinadligkeit nichts Seltenes.

Findet die Verletzung im Herbst, Winter oder zeitigen Frühjahr statt, so fällt die Entfaltung der Ersatzknospen in die regelmässige frühjährliche Zeit des Knospenausfalls. Wenn aber der diesjährige Trieb schon im Sommer verstümmelt wird, so können seine an der Basis schon vorhandenen oder noch anzulegenden Ersatzknospen auch schon in demselben Sommer als Johannistrieb, wie es bei den Praktikern, oder proleptisch, wie es in der Botanik genannt wird, zum Austreiben kommen.

Eine Schwächung der Holzbildung ist nach Verstümmelung von Zweigen schon theoretisch zu erwarten, weil damit ein Verlust grüner Blätter verbunden ist. RATZBURG¹⁾ hat auch thatsächlich nach Verbeissen durch Wild eine schwächere Bildung des Jahresringes bei Kiefer, Lärche und Tanne beobachtet. Wir kommen auf diese Erscheinung bei den Folgen des Verlustes der Laubblätter zurück.

Zu den Polycladien gehören auch die sogenannten Hexenbesen, Wetterbüsche, Kollerbüsche oder Donnerbesen. Dies sind abnorme Zweigwucherungen, welche auf einen einzelnen Punkt der im übrigen normalgebildeten Baumkrone beschränkt sind. Sie haben meist vieljährige Dauer und bestehen aus einem dichten Gewirr von Zweigen, so dass sie von fern einem Mistelbusch oder einem Elsternest ähneln. Unsere Kenntniss dieser Missbildungen ist noch so unvollständig, dass wir dermalen nicht sagen können, inwieweit dieselben an diese Stelle gehören. Im Vorhergehenden ist mehrfach der Entstehung von Bildungen, die mit diesem Namen bezeichnet werden können, aus Anlass von Verwundungen gedacht worden. Einige Hexenbesen sind aber sicher von dieser Stelle auszuschliessen, jedenfalls alle diejenigen, wo weder an der Mutterachse, noch an den Zweigwucherungen irgend welche Verwundungen zu entdecken sind. Von diesen aber ist es nur einer, dessen Ursache sicher bekannt ist: der Hexenbesen der Weissstanne, welcher durch einen Rostpilz, das *Aecidium elatinum* (s. Rostkrankheiten) verursacht wird. Hinsichtlich der anderen Hexenbesen sind wir dermalen nur auf die folgenden darüber vorliegenden Angaben verwiesen.

LINNÉ²⁾ sah sie in Skandinavien auf Birken, Hainbuchen und Kiefern. Nach SCHÜBELER³⁾ sind sie in Norwegen auf der Birke häufiger als auf irgend einem anderen Baume. ESTRAICHER⁴⁾ berichtet über Verfilzungen der Aeste und Endzweige an mehreren Bäumen und Sträuchern, als Weiden, Obstbäumen, vorzüglich Zwetschen und beschnittenen Spalierbäumen, auch Weissbuchen und Schlehen, die er besonders nach Ueberschwemmungen beobachtet haben will. Bei MOQUIN-TANDON⁵⁾ ist die Rede von einer *Broussonetia* und einem Maulbeerbaum, wo aus einem Zweige innerhalb der Länge von 2—3 Centim. einige hundert Triebe hervorbrachen, desgleichen von einem Hexenbesen an *Ulmus campestris*. SCHACHT⁶⁾ sah Wetterbüsche auch an der Hainbuche und der Akazie, MASTERS⁷⁾ an Apfelbäumen, Weissdorn und Hainbuchen. MOQUIN-TANDON⁸⁾ giebt als eine der Ursachen des Hexenbesens an die Umwandlung von Blüthen in Laubknospen bei den in Kätzchen blühenden Pflanzen, wie *Pinus*, *Larix*, *Carpinus*, *Betula*, *Salix*, indem sich aus jeder Blüthenknospe ein Trieb entwickelt. GÖPPERT⁹⁾ sah an den Aesten einer *Salix triandra* eine Menge kleinerer, wiederholt verzweigter und mit lauter sehr kleinen lanzettförmigen, grünen, behaarten Blättchen besetzter Zweige entspringen, so dass die Aeste von ferne wie ein dichter

¹⁾ Waldverderbniss, I. pag. 194. und II. pag. 25, 67.

²⁾ Philosophia botanica, pag. 274.

³⁾ Pflanzenwelt Norwegens, pag. 181.

⁴⁾ Isis v. Oken. 1833, pag. 485, citirt bei Moquin-Tandon, Pflanzen-Teratologie, pag. 381.

⁵⁾ Pflanzen-Teratologie, pag. 380.

⁶⁾ Der Baum, pag. 134.

⁷⁾ Vegetable Teratology, pag. 347.

⁸⁾ l. c., pag. 380.

⁹⁾ Arbeiten d. schl. Gesellsch. f. vaterl. Cultur, 1840, pag. 104.

Blüthenstrauss erschienen. Dieselbe Bildung fand ich an *Salix alba*: ein Ast hatte seine diesjährigen Zweige normal entwickelt mit Ausnahme eines einzigen, welcher etwas kürzer geblieben und durch vielgradige Verzweigung zu einem dichten Strauss sich entwickelt hatte; die Hauptachse desselben trug Laubblätter von nahezu normaler Grösse, an den Seitenachsen nahm die Grösse der Laubblätter immer mehr ab bis zu kleinen, stark behaarten lanzettförmigen grünen Blättchen; die folgenden Verzweigungen trugen nur noch solche kleine Blättchen, hatten daher ein kätzchenförmiges Aussehen und immer hatte jedes Blättchen schon wieder eine aus mehreren jungen Laubblättern bestehende Knospe in der Achsel. Verwundungen waren nirgends vorhanden. Die Erscheinung gehört also sicher nicht hierher; ob sie durch thierische Parasiten verursacht wird, was nicht unwahrscheinlich ist, kann ich nicht sagen, da ich keine Parasiten auffand. An Coniferen sind ausser an der Weissstanne noch Hexenbesen beobachtet worden auf Fichten, deren Ursache CZECH¹⁾ in Gallläusen (*Chermes abietis*) vermuthet, solche auf Kiefern, auf denen HOFFMANN²⁾ einmal einen Pilz, *Cladosporium penicilloides*, gefunden hat, auf Weymuthskiefer nach RATZBURG³⁾ und auf der Arve nach einer kurzen Notiz KRAMER's⁴⁾.

2. Abnorme Strauch- und Baumformen können selbstredend sich als Folge der eben erörterten Zweigverstümmelungen ergeben. Dabei kommt es auf den Umfang der Zerstörungen und besonders darauf an, wer der Thäter ist. Nach vieljährigem Verbeissen durch das Wild werden junge Gehölze zu immer gedrungeneren Strauchformen. Fichten sehen dann aus wie dichte Perücken oder Pyramiden, Lärchen, die die Neigung bekommen, niedergestreckte Triebe zu bilden, wie ein grosses Nest⁵⁾, Eichen, Roth- und Hainbuchen wie ein auf einem Perückenstocke stehendes dichtes Nest, oder werden zu dichtbuschigen Krüppeln mit knickigen und sperrigen Aesten, Rüstern zu förmlichen Besen. Solche verbissene Büsche können wieder zum Höhenwuchs gelangen, indem sich ein Gipfeltrieb herausarbeitet, wenn die Thiere abgehalten werden.

In eigenthümlicher Weise werden die Baumformen bei den oben erwähnten Zweigzerstörungen durch Insekten verändert. Der Kiefernrüsselkäfer bringt in der ganzen Gestalt des Wipfels dreierlei Veränderungen hervor, die RATZBURG⁶⁾ je nach ihrer Form als »Langwipfel«, »Kugelwipfel« und »Besenwipfel« charakterisirt. Durch den Kiefernmarkkäfer, der die Krone gleichsam beschneidet, erhält dieselbe sehr mannigfaltige Formen, die nach RATZBURG bald stumpfere, bald spitzere Kegel, bald mehr gerupfte, besenförmige, aufgelöste, bald ganz geschlossene Mäntel darstellen und darnach von RATZBURG theils mit Weissstannen, theils mit Fichten, theils mit Cypressen und selbst mit Thürmen oder Minarets verglichen werden⁷⁾.

2. Verlust der älteren Aeste, des Gipfels und der Krone der Bäume.

Die vorstehend genannten Verstümmelungen treten ein erstens in Folge von Witterungsphänomenen, wie bei Blitzschlag, bei Wind- und Schneebruch, wo bald ein Abbrechen von Aesten, bald Gipfelbruch stattfindet. Ferner werden durch gewisse Culturmethoden derartige Verwundungen hervorgebracht; so bei der Zucht der Kopfhölzer und beim sogenannten Ausästen oder Aufästen der Baumkronen. Der Erfolg dieser gröberen Verwundungen für das Wachsthum des Baumes ist je nach Pflanzenarten und besonders bei Nadelhölzern und Laubhölzern verschieden. Die Reproduction muss nämlich hier durch Adventivknospengesehen,

¹⁾ Citirt in RATZBURG's Waldverderbniss, I. pag. 42.

²⁾ Mykologische Berichte 1871, pag. 38.

³⁾ l. c., I. pag. 42.

⁴⁾ Bildungsabweichungen, pag. 3.

⁵⁾ Vergl. RATZBURG, Waldverderbniss, I. pag. 193 und II. pag. 66.

⁶⁾ l. c., I. pag. 117 und Tafel 1a.

⁷⁾ l. c., I. pag. 122. Vergl. auch die schöne Tafel 4 des citirten Werkes.

also durch nicht vorgebildete, sondern im Cambium an beliebigen Stellen neu sich bildende, daher aus der Rinde hervorbrechende Knospen; selten sind an so alten Theilen noch einige schlafende Knospen, die einstmalige Seitenknospen an jüngeren Zweigen waren und die so spät noch zum Austreiben fähig sind, vorhanden. Im Allgemeinen vermögen nur die Laubhölzer unter den Wundstellen so alter Theile eine Brut von Adventivknospen zu erzeugen, aus denen sich Zweige entwickeln, die nach und nach zu neuen Aesten erstarken. Darauf beruht die Zucht der Kopfhölzer, zu denen sich besonders Weiden, Pappeln und Buchen eignen. Bei denselben Laubhölzern wird auch nach dem sogenannten Kappen starker Aeste unter den Schnitt- oder Bruchstellen oft eine reiche Brut von Adventivknospen erzeugt, aus denen dicht gedrängte Zweige hervorgehen können. Auch beim Veredeln hat häufig die Verwundung eine ungewöhnliche Entwicklung von Adventivknospen aus dem unter der Pfropfstelle sich bildenden Wulst zur Folge. MOQUIN-TANDON¹⁾ berichtet von einer veredelten Ulme, an welcher unterhalb der Pfropfstelle mehr als tausend dicht gedrängte Zweige hervorgebrochen waren. Hinsichtlich der Ausschlüsse an den Kopfhölzern etc. gilt ungefähr dasselbe, was unten von den Stockausschlüssen gesagt ist, insbesondere auch was die verschiedenen Abnormitäten, welche in der Blattform etc. auftreten können, anlangt.

Dagegen tritt bei den meisten Nadelhölzern nach allen hier genannten Verwundungen gewöhnlich gar keine Bildung von Adventivknospen und somit keine Erneuerung von Aesten auf; nur selten kommt hier und da ein kümmerliches Zweiglein, aus adventiver Bildung hervorgegangen, zur Entwicklung. Wenn eine Conifere ihren Gipfeltrieb verliert, so ist es einer der schon vorhandenen Seitentriebe nahe der Spitze, der sich geotropisch aufwärts krümmend und kräftiger wachsend allmählich an die Stelle des verlorenen Haupttriebes tritt. Selten werden wol auch zwei oder mehr Seitentriebe zugleich in dieser Weise beeinflusst, so dass der Stamm später zweigipfelig erscheint. SCHÜBELER²⁾ berichtet sogar von Fichten in Norwegen, welche geköpft worden waren und an denen darnach aus den obersten horizontalen Aesten zwei bis fünf regelmässige kleine Bäume emporgewachsen waren, sowie von einer anderen sehr alten Fichte, an welcher der Stamm durch die Mitte der Krone verfolgt werden konnte und in einer Höhe von ungefähr 2 Meter über dem Boden 12 Aeste aus dem Stamme hervorgewachsen waren, von denen einzelne sich bis 3,1 Meter in horizontaler Richtung ausstreckten, ehe sie sich nach oben richteten und die alle wie besondere Fichtenbäume aufgewachsen waren. Wenn der Nadelholzstamm seitliche Hauptäste verliert, so tritt auch meistens keine Reproduction durch Adventivknospen ein; der Stamm behält die Aststumpfe oder die stehengebliebenen trockenen Spiesse und gleicht die Verzweigungsfehler nicht aus. Eine Ausnahme macht die Lärche, welche gleich einem Laubholz um diese Wundstellen reichliche Knospen entwickelt. Wo man diesem Baume durch sogenanntes Schneideln Hauptäste von unten an wegnimmt, da bedeckt sich der Schaft wieder büstenförmig mit zahlreichen neuen Trieben, die um die Wundstellen hervorbrechen³⁾.

Wenn die Einflüsse, durch welche die Bäume in dieser Weise verstümmelt werden, sich fortwährend wiederholen, dann erreichen die Verzweigungsfehler ihren höchsten

¹⁾ Pflanzen-Teratologie, pag. 379.

²⁾ Pflanzenwelt Norwegens, pag. 167.

³⁾ Vergl. RATZBURG, Waldverderbniss, II. pag. 55.

Grad. So sehen wir die im Vorstehenden bezeichneten Verwundungen in allen ihren Formen und Combinationen ganz besonders in den Krüppelformen der Bäume an der Baumgrenze auf den Gebirgen und im Hochnorden, desgleichen an den Meeresküsten. Hier sind es vorwiegend die dort herrschenden starken Stürme, welche immerfort Gipfel und Aeste brechen. Auch Lawinstürze können ähnliche Wirkungen haben. Das Nähere über die dadurch zu Stande kommenden Pflanzenformen ist im Kapitel über die Wirkungen der Luftbewegungen und der Niederschläge zu finden.

3. Verlust des Stammes.

Für die Nadelhölzer ist der Verlust des ganzen Stammes in der Regel tödtlich, weil diese nicht fähig sind, aus den unteren Stammtheilen und Wurzeln Adventivknospen zu bilden. Wenn aber der Stamm eines Laubholzes abgehauen ist, so tritt gewöhnlich Bildung solcher Adventivknospen unter der Rinde des stehengebliebenen Stockes oder seiner Wurzeln in mehr oder minder grosser Anzahl ein. Dieselben wachsen dann rasch zu meist kräftigen Trieben, sogenannten Stockausschlägen oder Wurzelausschlägen heran, durch die nun das Leben der Pflanze erhalten wird. Sie entwickeln sich entweder in völlig normaler Form, oder sie zeigen gewisse Abweichungen in der Beschaffenheit der Blätter, wie z. B. die sonst fehlende Behaarung, welche bei den Pappeln, besonders der Zitterpappel, und bei der Birke an den Blättern dieser Ausschläge Regel ist, oder sie bekommen in Folge der überreichen Nahrungszufuhr bisweilen wirkliche Missbildungen, indem sie nicht selten Riesenwuchs oder Verbänderungen zeigen, worüber unten das von diesen Bildungsabweichungen handelnde Kapitel zu vergleichen ist. Auf dieser Fähigkeit der Laubhölzer beruht die Niederholzzucht in der Forstwirtschaft, sowie die Erziehung des Bandholzes der Weide. Die Nadelhölzer eignen sich aus dem oben angeführten Grunde hierzu nicht. Eine wenn auch nur scheinbare Ausnahme von dieser Regel zeigt sich bei dem Ueberwallen der Tannenstöcke, einer in Tannenbeständen nicht seltenen Erscheinung, wobei die Schnittfläche am Rande ringsum eine Ueberwallungswulst erzeugt, welche Jahrzehnte lang fortwachsen kann, obgleich keine Stockausschläge mit Blättern vorhanden sind, welche die assimilirten Nahrungsstoffe erzeugen könnten, die zu diesen Neubildungen erforderlich sind. GÖPPERT¹⁾ hat die Erklärung hierfür gegeben, indem er fand, dass die Wurzeln solcher überwallten Stöcke stets mit den Wurzeln einer benachbarten noch stehenden Tanne verwachsen sind, dass solche vegetirende Stöcke mit der Fällung dieses zweiten Baumes zu Grunde gehen, sowie dass an isolirt stehenden Tannenstöcken keine Ueberwallung sich bildet, woraus hervorgeht, dass der Stock sich nicht selbständig ernährt, sondern seine Nahrung aus dem noch stehenden Baume erhält. Nach GÖPPERT's²⁾ weiteren Beobachtungen kommt die Erscheinung auch an Fichten und Lärchen, aber nicht an Kiefern und auch nur dann vor, wenn solche Stämme mit den Wurzeln benachbarter Bäume verwachsen sind, und es vermögen sogar Fichten Weisstannen und umgekehrt Tannen Fichten zu überwallen.

VI. Verlust der Laubblätter.

Von schädlichen Folgen für das Pflanzenleben ist nur der abnorme Verlust des Laubes, d. h. der zur ungeeigneten Zeit eintretende. Den herbsthlichen

¹⁾ Beobachtungen über das Ueberwallen der Tannenstöcke. Bonn 1842.

²⁾ Sitzungsber. d. Gesellsch. naturf. Freunde zu Berlin. 16. April 1872.

Blattfall haben wir daher nicht zu berücksichtigen. Auch handelt es sich hier nur um die durch mechanische Eingriffe bewirkte Entlaubung, soweit auf sie der Begriff der Verwundung anzuwenden ist.

Die Blätter gehen den Pflanzen auf mechanische Weise entweder durch Menschenhand verloren, wie bei dem Gebrauche des Laubstreifens (um das Laub zum Füttern des Viehes zu verwenden, beim Einsammeln der Maulbeerblätter, der Blätter des Theestrauches etc.) und beim Abblatten der Rüben etc. Die Blätter vieler Pflanzen werden von Thieren gefressen, sowol von höheren Thieren, als besonders von zahlreichen Insekten, wobei der Blattkörper bald vollständig aufgezehrt, bald nur in verschiedenem Grade verwundet wird. Endlich können heftige Stürme, starke Regengüsse und vor allen Hagelschläge die Blätter abreissen oder verwunden in jeweils verschiedener Form, die man in den späteren Kapiteln, wo von diesen Einflüssen speciell die Rede ist, genauer angegeben findet. Derartige Verwundungen haben für das Leben der ganzen Pflanze nur da eine merkliche Folge, wo entweder der ganze Blattkörper verloren gegangen oder wo derselbe so bedeutend verwundet ist, dass er an der normalen Funktionierung behindert wird und seine Verletzung einem Verluste gleichkommt. Denn die grünen Blätter sind den Pflanzen unentbehrliche Organe, durch welche die Assimilation vermittelt wird; daher muss der Verlust derselben von grossem Einfluss auf die Ernährung und das Wachsthum sein.

Für Kräuter, einjährige, wie perenirende, ist die vorzeitige Entlaubung ungefähr gleichbedeutend mit dem Verlust der ganzen oberirdischen Sprosse, von welchem oben schon die Rede war. Ist die Entlaubung bei ihnen nur eine theilweise, so hat sie eine nach Maassgabe der verlorenen Laubmenge sich richtende kümmerliche Weiterentwicklung und geringere Production zur Folge. Es ist bekannt, dass an den Kartoffeln, Rüben etc. ein einigermaassen starker Verlust von Blättern, mag er durch Raupenfrass etc. oder durch das Abblatten herbeigeführt werden, mit geringerer Ausbildung der Knollen und Rüben und Verminderung des Gehaltes derselben an Stärkemehl, Zucker etc. verbunden ist. Bei den Holzpflanzen erheischen die Folgen der Entlaubung eine etwas weitläufigere Behandlung.

I. Einfluss auf die Lebensfähigkeit und die Wiederbelaubung der Zweige. An den Holzgewächsen ist eine einmalige Entlaubung, auch wenn sie sich auf die ganze Pflanze erstreckt, an sich nicht tödtlich, wenigstens nicht an den mehrjährigen und älteren Pflanzen. Aber gewisse Nachtheile bringt sie jedenfalls mit sich. Die unmittelbare Folge der Entlaubung kann ein Trockenwerden und Absterben des Zweiges sein, welcher die Blätter trug, ohne dass er selbst direkt verletzt worden wäre; dies im Allgemeinen um so eher, je jünger der Trieb zur Zeit der Entlaubung war. Daher kommt es bei Kahlfrass, besonders wenn er zeitig eingetreten ist, vor, dass einzelne Zweiglein oder die Spitzen derselben vertrocknen. Den einjährigen Zweigen älterer Pflanzen verhalten sich hierin junge Sämlinge gleich; diese gehen daher, wenn sie kahl gefressen worden sind, öfters vollständig ein, z. B. Buchensämlinge, welche *Bombyx pudibunda* entlaubt hat¹⁾. Alle Zweige aber, welche durch den Blattverlust nicht getödtet sind, haben auch die entwicklungsfähigen End- und Achselknospen, welche für das nächste Jahr bestimmt sind, und welche das Wiederausschlagen des Baumes ermöglichen. Nach Verlust des Laubes zeigen nun die Holzpflanzen ein doppeltes

¹⁾ RATZBURG, Waldverderbniss, II. pag. 193.

Verhalten: entweder beschliesst der Baum mit einem solchen Ereigniss unfreiwillig seine diesjährige Vegetationsperiode, um erst im nächsten Frühlinge wieder auszuschlagen, oder der Baum belaubt sich schon in demselben Sommer, einige Wochen nach dem Kahlfrasse, zum zweiten Male, durch den sogenannten Johannistrieb, d. h. dadurch dass die Anlagen der sonst für das nächste Jahr bestimmten Knospen, welche an den durch den Frass entblätterten Zweigen sitzen, proleptisch (ein Jahr zu früh) zu belaubten Trieben sich entwickeln, besonders die in der Nähe der Zweigspitzen gelegenen Knospen.

Welche dieser beiden Folgen eintritt, hängt theils von der Baumart, theils von dem Grade der Entlaubung, theils von der Zeit ab, zu welcher das Ereigniss eintritt. Wiederausschlag findet erst im Nachjahre statt, wenn die Entlaubung ziemlich spät im Sommer erfolgt ist, also wenn die Blätter schon Einiges von assimilirten Nährstoffen gebildet und in den Zweig zurückgeführt haben, die Knospen für das nächste Jahr eine gewisse Entwicklung erreicht haben. Die Thätigkeit der Pflanze beschränkt sich dann darauf, diese Theile noch nothdürftig zur Reife zu bringen, um die Entwicklungsfähigkeit derselben für das nächste Jahr zu sichern. So an der Kiefer nach dem ziemlich spät eintretenden Frass des Fichtenspanners (*Geometra piniaria*), ebenso an den durch die Nonne (*Bombyx Monacha*) kahlgefressenen Fichten, desgleichen an der Lärche nach der Zerstörung der Nadeln durch die Lärchenmotte (*Tinea laricinella*), während nach dem Frass der Forleule die Kiefer bald erst im Nachjahre, bald schon im Sommer wieder grünt, je nachdem derselbe später oder zeitiger eingetreten ist. Auch die Buche schlägt, wenn sie von *Bombyx pudibunda* entblättert ist, in demselben Sommer nicht mehr oder nur ganz spärlich wieder aus. Dagegen belaubt sich die Eiche, wenn sie durch Maikäfer oder durch Eichenwickler (*Tortrix viridana*) zeitig kahl gefressen worden ist, in demselben Sommer zum zweiten Male. Auch der Frass der Kiefernblattwespen findet so zeitig statt, dass die Kiefer darnach oft ihre Knospen proleptisch entwickelt¹⁾.

Die neue Belaubung fällt schwächer aus, als die verloren gegangene war, sowol diejenige, welche sich proleptisch in demselben Sommer entwickelt, als auch die des Nachjahres, und die Schwäche des Baumes in der Zweigbildung und, was damit zusammenhängt, in der Holzbildung, kann selbst mehrere Jahre hindurch merklich bleiben, ehe der Baum sich wieder erholt. Relativ gut setzt die Eiche noch im Frassjahre ihren Wiederausschlag an. Sehr dürftig aber fällt die proleptische Belaubung bei der Linde und Buche nach Insektenfrass aus²⁾; es werden nur kurze Triebe mit einem oder wenigen Blättern gebildet. Auch wenn die Belaubung erst im nächsten Frühlinge stattfindet, leidet sie unter den Folgen des vorhergegangenen Blattverlustes, weil viele Knospen nicht die gehörige Ausbildung erlangen, um entwicklungsfähig zu werden, auch der Mangel an Reservenährstoffen keine kräftige Ausbildung der neuen Triebe gestattet. Die spärliche Laubmenge hat zur Folge, dass auch noch in den nächsten Jahren die Zweig- und Laubbildung des Baumes geschwächt bleibt. Besondere Abnormitäten treten dabei an den Coniferen auf. Die Fichte bildet bald spärlich benadelte, bald mit sehr kurzen und sehr dichtstehenden Nadeln büstenförmig bekleidete Triebe. Die Kiefer zeigt nach Nonnenfrass bisweilen Triebe von eigenthümlicher Form, die RATZBURG als Pinseltrieb bezeichnet³⁾. Es sind dies meist aus den Endknospen der entnadelten Zweige proleptisch entwickelte ganz verkürzte Triebe, die mit einfachen, lanzettlich-linealischen Nadeln beginnen, hin und wieder auch Doppelnadeln zeigen und im Centrum der Knospe ovale grüne Blättchen haben. Wenn die Kiefer durch den Kiefernspinner (*Bombyx*

¹⁾ Vergl. RATZBURG, Waldverderbniss, I. pag. 155, 170—177, 185, 232 und II. pag. 59, 193.

²⁾ Vergl. RATZBURG, I. c., II. pag. 190—193 u. 340.

³⁾ I. c., pag. 146. Taf. 6. Fig. 6.

pini) kahl gefressen ist, so äussern sich die letzten Anstrengungen der Pflanze im Frassjahre selbst in der proleptischen Entwicklung einzelner Seitenknospen zu eigenthümlichen Trieben, Rosetten, wie sie RATZBURG¹⁾ genannt hat. Es sind ganz kurz bleibende Triebe, welche dicht stehende, verkürzte und breite, gesägte einfache Nadeln tragen, in deren Achseln bisweilen Nadelpaare erscheinen (Fig. 7.); sie können zu einem Spross auswachsen, an welchem dann die primären Nadeln nach oben verschwinden, während Nadelpaare auftreten, also ein Verhalten, welches mit dem der Kiefernkeimpflanzen übereinstimmt. Meist aber vertrocknen nach einiger Zeit die Rosetten wieder.



Fig. 7. (B. 95.)

Eine aus einer Seitenknospe hervorgegangene Rosette einer Kiefer nach dem Frass des Kiefernspinners. Wenig vergrößert. Nach RATZBURG.

II. Einfluss auf die Holzbildung. Die Entlaubung hat auch auf die Holzbildung, nämlich auf die Stärke und den Bau des Jahresringes einen nachtheiligen Einfluss. Für die Fälle, wo es sich um eine Entblätterung handelt, die nicht in demselben Sommer durch Neubelaubung ersetzt wird, ist aus RATZBURG's Beobachtungen zu entnehmen, dass wenn der Blattverlust zeitig eintritt, z. B. beim Frass der Forleule, auch der im Frassjahre gebildete Jahresring sehr schmal bleibt²⁾, dass dagegen bei spät eintretendem Frass, wie z. B. nach demjenigen des Kiefernspanners, der Jahresring im Frassjahre ziemlich unverändert ist, aber der des Nachfrassjahres sich tief gesunken zeigt³⁾. Die Beobachtungen nach Nonnenfrass an der Fichte ergeben, dass die Holzbildung der Zweige stets im Verhältniss zur Bildung der Jahrestriebe steht, mit diesen sinkt und steigt, und dass sogar im Baumstamme die Abnahme der Jahresringe sehr stark und plötzlich eintritt und auch noch in den folgenden Jahren bleibt. Und wenn ein Zweig nur einseitig blättertragende Triebe behalten hat, so ist das Dickewachsthum des Jahresringes auch an dieser Seite einseitig gesteigert.

Wenn aber nach Entblätterung nochmalige Belaubung in demselben Sommer eintritt, so findet auch wirkliche Verdoppelung des Jahresringes statt, eine vielfach behauptete und bestrittene, jüngst von KNY⁴⁾ an mehreren Laubhölzern sicher nachgewiesene Erscheinung. Die durch den plötzlichen Laubverlust bedingte Unterbrechung der Zelltheilungen im Cambium hat die Bildung zweier Holzringe im Laufe des Sommers zur Folge, die an ihrer Grenze die anatomischen Verhältnisse des Herbst- und Frühlingsholzes nachahmen. Es werden also unmittelbar nach der Entlaubung nur einige Schichten radial zusammengedrückter enger Holzzellen gebildet, während nach der Wiederbelaubung die Holzbildung mit den weiten Gefässen und radialgestreckten Zellen beginnt. Doch ist diese Verdoppelung des Jahresringes scharf ausgeprägt nur in den belaubt

¹⁾ I. c., pag. 136. Taf. 6. Fig. 2.

²⁾ Vergl. RATZBURG, Die Nachkrankheiten und die Reproduction der Kiefer nach dem Frass der Forleule. Berlin 1862, und Waldverderbniss, I. pag. 154 ff. Taf. 7—11.

³⁾ Waldverderbniss, I. pag. 160.

⁴⁾ Verhandl. des bot. Ver. der Prov. Brandenburg 1879. — Man vergleiche auch die in gleichem Sinne sich äussernden Mittheilungen RATZBURG's, I. c., II. pag. 154, 190, 232.

gewesenen einjährigen Zweigen selbst zu finden; sie nimmt nach den unteren Internodien hin allmählich ab, um in mehrjährigen Zweigen zu verschwinden.

III. Folgen wiederholter Entlaubung. Eine mehrmals unmittelbar hintereinander sich wiederholende Entlaubung vertragen die Holzgewächse nicht. Diese hat aus bekannten physiologischen Gründen, die auch im Vorhergehenden genügend angedeutet sind, den Tod zur Folge, der bald von oben unter allmählichem Vertrocknen und Absterben der Krone, bald plötzlicher von unten eintritt, indem die Wurzeln und die Cambiumschicht des Stammes wegen mangelnder Zufuhr assimilierter Nahrung von den Blättern aus getödtet werden. Man verfährt daher bei dem Abstreifen oder Abpflücken des Laubes zu Nutzungszwecken nach gewissen Vorsichtsmaassregeln, indem man die Blätter nicht sämmtlich zu gleicher Zeit abpflückt, und die obersten Blätter an den Zweigen sitzen lässt. Wenn man auch auf diese Weise die Pflanze längere Zeit am Leben erhalten kann, so wird doch ihre Entwicklung dadurch sehr beeinträchtigt, es treten ähnliche Erscheinungen ein, wie die oben vom einmaligen totalen Kahlfrass beschrieben: immer mehr dürre Zweige kommen zum Vorschein, und der Baum nimmt ein schlechtes Aussehen an. Die Folgen einer mehrmaligen totalen Entlaubung zeigen z. B. die entsetzlichen Verwüstungen ausgedehnter Fichtenbestände nach den Frassjahren der Nonne.

VII. Rinde- und Holzverletzung des Stammes.

Wird einem Stamme die Rinde bis zum Splint im ganzen Umfange, wenn auch nur auf einer kleiner Strecke genommen, wie dies in der Gärtnerpraxis und in der Pflanzenphysiologie unter dem Namen des Ringschnittes oder Ringelns seit langem geübt wird, so können Unterbrechungen in der Wanderung der assimilierten Stoffe eintreten, welche auf das Leben der Pflanze von tiefgreifendem Einfluss sind.

Die ungleichen Folgen, welche diese Verwundung bei verschiedenartigen Pflanzen hat, erklären sich aus der Verschiedenheit der einschlagenden anatomischen und physiologischen Verhältnisse, deren Kenntniss wir besonders HANSTEIN¹⁾ und SACHS²⁾ verdanken. Die Experimente des Ersteren haben gezeigt, dass nur bei denjenigen Dicotyledonen, welche innerhalb des Markes keine zerstreuten Fibrovasalstränge und keine Stränge von Cambiform- und Gitterzellen besitzen, der gewöhnliche, seit langem bekannte Erfolg des Ringelschnittes eintritt. Dieser besteht darin, dass wenn der Stamm einer vollbelaubten Pflanze geringelt wird, die Abwärtswanderung der in den Blättern gebildeten assimilierten Nährstoffe durch die Unterbrechung der Rinde aufgehalten wird und am oberen Wundrande zu stärkerer Ernährung des Holzes und der Rinde, nämlich zur Bildung eines dicken Ueberwallungswulstes, bisweilen auch, wenn die Stelle feucht gehalten wird, zur Bildung von Wurzeln Veranlassung giebt, während der untere Wundrand kein Wachsthum zeigt, keine neuen Holzlagen unterhalb der Ringwunde bildet und die Rinde daselbst nicht ernährt wird, vorausgesetzt, dass unterhalb des Ringelschnittes kein Zweig mit grünen Blättern steht, welcher sonst die Theile unter der Wunde ernähren würde. Oft bewirken aber die Nährstoffe, die unterhalb der Wunde noch vorhanden sind, nahe unter der Ringelung Bildung von Adventivknospen, oder schon dort vorhandene schlafende Knospen werden

¹⁾ PRINGSHEIM's Jahrb. f. wissensch. Bot. II.

²⁾ Experimentalphysiologie, pag. 381—386.

geweckt; es tritt also dieselbe Erscheinung ein, als wenn der Stamm ganz abgeschlagen wird. Die Folge ist, dass von nun an auch der unter der Ringelung befindliche Theil des Stammes durch belaubte Triebe ernährt wird. Wenn die Ringelung an jungen Zweigen im Frühjahr, bevor die Knospen sich geöffnet haben, ausgeführt wird, so treiben zwar die Knospen, die oberhalb des Ringelschnittes sich befinden, aus, indem das in ihnen und in ihrer Nähe im Zweige abgelagerte Reservestoffmaterial dazu hinreicht; aber sie entwickeln sich weiterhin schwächlich, die Triebe bekommen wenig und kleine, blassgrüne Blätter, während die Knospen unter der Ringelung kräftiger wachsen und normale Triebe liefern. Ist die Ringelung sehr nahe unter der Zweigspitze angebracht, so sterben die Knospen über derselben bald nach dem Austriebe ab. Diese Thatsachen beweisen, dass im Frühjahr zur Ernährung der Knospen gewisse Reservestoffe aus dem Stamme zugeführt werden, deren Leitung durch die Entfernung der Rinde unterbrochen wird, und dass umgekehrt im Sommer die Blätter vollbelaubter Aeste und Baumkronen neue assimilierte Stoffe erzeugen, welche dem Stamme zur Ernährung zugeführt und auf diesem Wege ebenfalls durch Ringelung der Rinde aufgehalten werden.

Es giebt Dicotyledonen, in deren Stamm innerhalb des Markes Fibrovasalstränge (Piperaceen, *Mirabilis* etc.) oder nur Stränge von Cambiform- und Gitterzellen (Asclepiadeen, Apocynen, Solanaceen) verlaufen, und bei den Monokotyledonen sind im Marke zerstreut stehende Fibrovasalstränge die gewöhnliche Regel. Bei allen Pflanzen von dieser anatomischen Structur wird durch die Unterbrechung der Rinde des Stammes die Zuleitung der plastischen Stoffe nach den unteren Theilen nicht unterbrochen; an den letzteren findet weitere Ernährung und Neubildung statt. SACHS gab die richtige Deutung dieser Thatsachen, indem er zeigte, dass die Kohlenhydrate (Stärkemehl, Zucker und dergl.) vorwiegend in den Parenchymzellen rings um die Gefässbündel, bei den Holzpflanzen auch im Holzkörper, die stickstoffhaltigen Bestandtheile in den Cambiform- und Gitterzellen, welche den Weichbast aller Gefässbündel, also auch den inneren Theil der Rinde bei den Dicotyledonen ausmachen, geleitet werden. Da nun zur Ernährung beide Arten von Stoffen nothwendig sind, so kann Ernährung nicht stattfinden, wo die die stickstoffhaltigen Substanzen leitenden Gewebe vollständig unterbrochen sind, d. h. bei Ringelung der Rinde solcher Pflanzen, die im Marke keine Fibrovasal- oder Cambiformstränge haben. Eine vollkommene Scheidung der Kohlenhydrate und der stickstoffhaltigen Verbindungen auf die beiden Gewebeformen findet jedoch nicht statt, denn ebenso wie wir wissen, dass im Weichbaste kleine Stärkemengen transportirt werden, ebenso gewiss ist es, dass auch im Holze mit den Kohlenhydraten etwas stickstoffhaltige Substanz wandert. In den meisten Fällen genügen aber die geringen Quantitäten der letzteren nicht, um eine Ernährung der unter der Wunde liegenden Theile auf irgend längere Zeit zu bewirken. Darum sterben Bäume, die ringsum entrindet sind, meistens in kurzer Zeit ab. Diesem Schicksal können sie entgehen, entweder wenn es ihnen gelingt unter der Wunde einige Knospen zum Austrieb zu bringen, oder wenn eine wirkliche Regeneration der Rinde aus dem stehengebliebenen Cambium erfolgt, oder wenn der Ueberwallungswulst, der sich am oberen Wundrande bildet, zeitig genug die Wundfläche überzieht und wieder die Verbindung mit dem unteren Theile herstellt (also wenn die Ringelwunde sehr schmal ist), welche Vorgänge bei der Wundheilung näher zu besprechen sind. Aber bisweilen genügt doch die Zufuhr von stickstoffhaltigen Bestandtheilen durch das blosse Holz, um die unteren Stamm-

theile und die Wurzeln soweit zu ernähren, dass der Baum noch einige Zeit selbst mehrere Jahre am Leben bleibt. Man sieht bisweilen junge Bäume, welche ringsum entrindet sind und deren Krone dennoch voll und frisch belaubt ist und welche auch an den unteren Wundrändern Ueberwallungen zeigen, ohne dort irgend einen laubtragenden Trieb zu besitzen, zum Beweise dass das Holz allein zur Abwärtsleitung der assimilirten Nährstoffe genügt. Dasselbe beweist ein Ringelungsversuch SORAUER'S¹⁾, wobei ein Kirschenzweig in der Länge eines Fusses der Rinde entblösst, am oberen und unteren Wundrande auch noch das junge Holz mit weggenommen wurde und dennoch der mittlere isolirte Theil eine neue Rinde durch Regeneration erzeugte.

Wenn die Entrindung nur einseitig ist, nicht um den ganzen Umfang des Stammes geht, so tritt, da die Communication der leitenden Gewebe nicht unterbrochen ist, auch keine Atrophie der unteren Theile ein. § Ebenso wenig ist dies der Fall, wenn Rindenwunden abwechselnd rechts und links übereinander hergestellt werden oder wenn ein Rindenstreif spiralig den Stamm umlaufend abgenommen wird, weil die Wanderung der Stoffe auch in schiefer Richtung stattfinden kann. Nur findet hier immer eine relativ stärkere Ernährung des oberen Ueberwallungswulstes statt, worin sich wiederum die Abwärtswanderung der in den Blättern gebildeten assimilirten Stoffe ausspricht.

Die hier theoretisch behandelten Formen der Stammwunden finden wir nun auch in den verschiedenen Verletzungen, von denen die Holzgewächse gewöhnlich betroffen werden. Des Ringelschnittes der Pflanzenphysiologen und der Gärtner wurde schon Erwähnung gethan. Weiter ist hier zu nennen die als Schälens bezeichnete Entrindung, welche durch die Schuld des Menschen, aus Unvorsichtigkeit oder Muthwillen geschieht, besonders zur Frühlingszeit, wo sich wegen des Saftreichthums der Cambiumschicht die Rinde mit Leichtigkeit löst. Beim Holzrücken an Berghängen, durch Wagenräder, durch Tritte der Thiere auf Viehtriften, durch Anprallen (Anschlagen mit dem Axtrücken, um das Herabfallen der Raupen zu bewirken), beim Baumschlag durch die stürzenden Stämme werden locale Entrindungen und Quetschwunden an den unteren Stammtheilen und flachliegenden Wurzeln, durch den Hagelschlag solche an dünneren Aesten hervorgebracht. Auch bei Grünästung, wenn sie zur Saftzeit ausgeführt wird, wird die Rinde wegen ihrer um diese Zeit leichten Ablösbarkeit, oft in Streifen mit abgerissen oder losgelöst, wenn nicht vorher von unten her in den Ast eingehauen wird, um das Abreißen der Rinde zu verhüten. Hierher gehören auch die Einschnitte in die Rinde, die in Form von Zeichen und Inschriften gemacht werden, desgleichen das im Obstbau übliche sogenannte Schröpfen, Längseinschnitte in die Rinde der Stämme, um den Rindendruck des in die Dicke wachsenden Stammes zu mindern. Alle diese localen Wunden haben für die Pflanze meist auch nur eine locale Bedeutung; wie unten näher ausgeführt wird, heilen dieselben entweder durch Ueberwallung oder Regeneration von Rinde, oder sie haben, insofern es eigentliche Quetschwunden sind, bei denen die durch den Druck getödteten Rindentheile auf der Wunde haften bleiben, wegen der an diesen eintretenden Fäulniss leicht Zersetzungserscheinungen zur Folge.

Hierher würden auch die Verwundungen zu rechnen sein, welche durch fremde Körper hervorgebracht werden, die sich in Berührung mit den Stämmen befinden und in Folge des Dickewachsthums der letzteren sich in diese eindrücken, also wenn Stämme von dem holzigen Stengel einer Schlingpflanze umwunden

¹⁾ Verhandl. d. bot. Sect. d. 45. Versamml. dtsch. Naturforsch. etc. zu Leipzig, 14. August 1872.

sind, wenn ein Draht um sie geschlungen war, wenn sie Stackete, eiserne Stäbe und dergl. berühren. Betrifft letzteres dicke Baumstämme, so werden die fremden Körper allmählich durch Ueberwallung eingeschlossen. Jüngere Stämmchen und Aeste können vermöge ihrer Biegsamkeit nachgeben; aber häufig werden hier durch die vom Winde veranlasste fortwährende Reibung an dem fremden Körper lange offen bleibende Wundstellen erzeugt.

Von tieferen Einflüssen sind meist diejenigen Verwundungen, welche zum Zwecke der Harzgewinnung an mehreren Coniferen vorgenommen werden. An den Fichten wird im mittleren Deutschland, besonders in Thüringen Harz gewonnen, durch sogenanntes Harzscharren, indem man dem Stamme an einer oder an mehreren Seiten Rindestreifen bis auf das Holz nimmt. In diesen Rinnen (Lachten oder Laachen) sammelt sich der ausfliessende Terpenthin, den man nach einiger Zeit mit einem Scharreisen herauskratzt, worauf die Lachten breiter gemacht, d. h. die inzwischen entstandenen Ueberwallungswülste wieder abgeschnitten werden. Dies wird alle zwei Jahre wiederholt und lange fortgesetzt. Bei der Gewinnung des Terpenenthins von Bordeaux aus *Pinus Pinaster* in der Provence, des Terpenenthins aus *Pinus nigricans* in Oesterreich und aus verschiedenen Arten von *Pinus* in Canada wird in die äussersten Holzschichten eine höchstens 8 Centim. tiefe Kerbe eingehauen und die Wundfläche von Zeit zu Zeit durch Wegnahme einer dünnen Holzschicht erneuert, um neuen Harzfluss hervorzurufen. Die Gewinnung des venetianischen Terpenenthins aus der Lärche beruht darauf, dass man Bohrlöcher bis gegen die Mitte des Stammes anbringt, in welche dann hölzerne Rinnen gesteckt werden, oder die man mit einem Zapfen verschliesst, um sie auszuleeren, wenn sie sich mit Harz gefüllt haben. Im südlichen Tyrol soll in jeden Stamm nur ein Bohrloch, im Thale Saint Martin in Piemont deren mehrere in verschiedenen Höhen angebracht werden. Es ist bei allen diesen Harzgewinnungen die Erfahrung gemacht worden, dass in je grösserer Zahl solche Wunden an einem Stamm gemacht werden, sie um so nachtheiliger für die Bäume sind; es treten die unten zu besprechenden Zersetzungserscheinungen des Holzes ein; die Bäume kränkeln, zeigen schlechten Zuwachs, und ihr Holz wird als Bauholz untauglich und kann nur zum Brennen und Verkohlen benutzt werden. Dagegen wird bei der Gewinnung des Strassburger Terpenenthins aus der Weisstanne und des canadischen Balsams aus *Pinus canadensis* keine Holzverletzung vorgenommen; indem hier der Terpenenthin in Harzbeulen in der Rinde vorkommt und aus diesen aufgefangen wird¹⁾.

Wildschäden. Von solchen gehören hierher das Schälen der Hirsche, d. i. die mittelst der Schneidezähne zum Zwecke des Aesens im Winter und Frühjahr bewirkte Entfernung eines Rindelappens, welcher zuerst unten gelöst und dann in die Höhe gezogen wird. Das Fegen der Hirsche und Rehböcke, wobei dieselben an jungen Stämmen mit dem Gehörn auf und niederfahren, um die Hautbekleidung desselben abzureiben, ist auch eine Entrindung, wobei aber Ueberreste der halb gelösten Rinde an den Rändern der unverletzten stehen bleiben in Form von Lappen oder kleineren trockenen, gekräuselten Fetzen. Hinsichtlich dieser Verwundungen sind wir hauptsächlich auf die folgenden Angaben RATZE-

¹⁾ Vergl. über die Harzgewinnung: H. v. MOHL, Ueber die Gewinnung des venetianischen Terpenenthins, Bot. Zeitg. 1859, pag. 432, wo auch die ältere Literatur zu finden; ferner SCHACHT, Der Baum, pag. 334; MEYER, Pflanzenpathologie, pag. 238 und R. HARTIG, Zersetzungserscheinungen des Holzes. Berlin 1878, pag. 73.

BURG's¹⁾ angewiesen. Das Schälen geschieht oft in umfassender Weise, so dass in manchen Beständen alle Stämme davon betroffen werden. Aber das Wild schält nicht in allen Gegenden; nur dort, wo es einmal damit begonnen hat (an gefällten Stämmen soll es dies zuerst probiren), wird es ihm zur Gewohnheit. Die liebste Holzart ist dem Wild die Fichte, die im 25- bis 50jährigen Alter angegriffen wird; Kiefern werden wegen ihrer zeitig sich entwickelnden Borke mit 3 bis 5, Lärchen meist mit 12 bis 14 Jahren geschält. Auch Laubhölzer, wie Esche und Eiche werden angegangen. Durch das Fegen wird gewöhnlich die Rinde ringsum und auf eine lange Strecke beschädigt, während das Schälen, welches in Kopf- und Brusthöhe geschieht, meist einseitig ist; doch kommen auch doppelte und dreifache Schälwunden auf gleicher Höhe und mitunter auch Ringschälung vor. Im Winter, wo die Rinde sich nicht leicht löst, sind die Wunden nicht so gross, wie beim Schälen im Frühling und Sommer, wo das Wild die Rinde in grossen Lappen ablöst. Oft wiederholt sich das Schälen in den nächsten Jahren, dann geschieht es natürlich der ersten Schälstelle, die noch nicht geheilt ist, gegenüber, darauf im rechten Winkel zu den beiden vorhergehenden. Bei den Nadelhölzern ist die Schälwunde im ersten Jahr mit Harz bedeckt, wie überzuckert; später bilden sich von den Rändern aus die Ueberwallungen, welche die Wundfläche nach einiger Zeit schliessen können. Noch im späteren Alter erkennt man am Querschnitt des Stammes, zu welchen Zeiten Schälen stattgefunden hat; eine Bräunung an der Peripherie des Kernes und die Form der darüber gehenden Ueberwallung zeigen an, wie gross die Wunde war. Fand das Schälen im Winter statt, so ist der letztgebildete Jahrring vollständig; trat es im Sommer ein, so ist derselbe an der geschälten Stelle schmaler geblieben. Weiteres unten bei der Ueberwallung. Bei den Nadelhölzern, besonders bei Kiefer, Fichte und Tanne findet nach RATZBURG im Holze der Wunden eine abnorme Harzbildung statt. Das Holz der über die Wundfläche sich lagernden Ueberwallung verkient allmählich, bisweilen auch unter Auftreten grosser Harzgänge (Kienkrankheit), und selbst im letzten Ringe des Kernes, der vor der Verwundung normal gebildet worden war, erscheint Harz in den Markstrahl- und Holzzellen. Einseitige Schälwunden heilen meist durch Ueberwallung und haben dann für den Baum keine weitere Gefahr. Ungünstig aber ist die Ringschälung: es treten zwar oft starke Ueberwallungen am oberen Rande der Wunde ein, aber die Verbindung mit dem unteren Rande ist nicht herzustellen, und der Wipfel stirbt dann ab. Die Neigung der Lärche, Adventivknospen zu bilden, zeigt sich auch bei der Ueberwallung ihrer Schälstellen; an den vielfach gewundenen und genarbten Ueberwallungsmassen bilden sich oft, nahe der Schlussstelle, die unten zu beschreibenden Maserknollen, die aus Adventivknospen hervorzugehen scheinen.

Das Nagen, welches durch Nagethiere hervorgebracht wird, ist eine Entrindung der Baumstämme. Hasen und Kaninchen benagen besonders im Winter bei Schnee Wald-, Obst- und Gartenbäume. Noch schädlicher aber können an Forstgehölzen die Mäuse werden. Mäusenagen findet besonders am Laubholz, wie Buche, Birke, Esche etc., statt und zwar am Grunde des Stammes, selten höher als 30 Centim. und meist ringsum gehend. Vorzugsweise greifen diese Thiere jüngere Hölzer an; doch hat man während der Mäuseplage im Herbst 1878 in den Gegenden der Saale beobachtet, dass die Mäuse sogar die Borke alter Bäume

¹⁾ l. c. I. pag. 201, 267. Taf. 20—22, 31—32 und II. pag. 33, 73, 168, 284. Taf. 41.

verwundet haben. Die Rinde jüngerer Stämme wird zum grössten Theil abgenagt, die Zahnspuren dringen bis ans Holz. Bisweilen entziehen sich die Nagestellen im hohen Grase dem Auge. Die Folge ist entweder ein rasches Absterben des Stammes über der Wunde, wobei sein Laub im Sommer gelb wird. Dafür bilden sich unter der Wunde Stockausschläge, die den Stamm zu ersetzen suchen, was immer um so kräftiger und schneller geschieht, je vollständiger der Oberstamm abgestorben ist, daher auch das Abschneiden desselben rathsam ist. Oft aber erhält sich auch der Stamm über der Wunde am Leben; er bildet dann am oberen Wundrande einen Ueberwallungswulst, und nicht selten regenerirt sich die Rinde auf dem entblösten Holze stellenweise, indem sich inselartige Granulationen bilden. Aber auch dann tritt unter der Wunde Stockausschlag auf; der Oberstamm kränkelt dann wol Jahre lang unter Bildung geringeren und bleicheren Laubes und geht endlich zu Grunde, seltener bringt er es selbst zu einem neuen Wipfel¹⁾. An einer tief am Grunde durch Mäuse geringelten Birke beobachtete RATZBURG Wurzeln, die in Folge der Feuchtigkeit in dem hohen Grase aus der Ueberwallungswulst am oberen Wundrande entstanden waren und dem Boden zustrebten, und also an gleiche Resultate bei den künstlichen Ringelungsversuchen erinnern. Sehr dünne Stämmchen können durch das Nagen vollständig abgeschnitten werden.

Die Eichhörnchen bringen Entrindung hervor in den Wipfeln der Kiefernstangen, sowie der Lärchen, wo sie übereinstimmend mit der Richtung, in der sie zu klettern pflegen, den Stamm oft in einer Spirallinie entrinden bis auf den Splint. Bei den Kiefern schwillt darnach die Basis des Zweigquirles über der Wunde an, und ebenso verdickt sich der untere Rand des stehengebliebenen Spiralstreifens der Rinde auffallend stärker unter Bildung von Aussackungen und Narben, so dass der Stamm dem schönsten physiologischen Ringelungspräparate nicht nachsteht²⁾. Das entblösste alte Holz verkient. Die endliche Folge mag wol auch Absterben des Wipfels sein.

Insektenschäden. Ein wirkliches Schälen bewirken nach RATZBURG³⁾ die Hornissen an Eschenstämmen und -Zweigen, vom Juli bis October; die Thiere nagen, sowol nach oben wie nach unten vorwärtstreckend, entweder nur kleine Rindestückchen ab, die bisweilen nicht einmal bis auf den Splint gehen, oder grössere Partien, den Stamm förmlich schälend oder ringelnd. Die Folge ist eine Ueberwallung der Wundränder, bei Ringelung ein allmähliches Kümern und Absterben des Oberstammes unter kräftiger Triebbildung unterhalb der Wunde. — Unter denjenigen Insekten, deren Thätigkeit in einem Bohren in der Rinde oder im Holze besteht, stehen obenan die Borkenkäfer, deren zahlreiche Arten theils Nadelhölzer, wie Fichten, Kiefern, Tannen, Lärchen, theils Laubhölzer, wie Birken, Buchen, Eichen, Eschen, Rüstern, Linden und Obstbäume bewohnen. Die meisten dieser Käfer bohren innerhalb der Borke bis zum Bast und zum Cambium Gänge. Sie fliegen im Frühjahr den Bäumen an, Männchen und Weibchen bohren sich ein und nagen zunächst eine grössere Höhlung. Von dieser aus werden die sogenannten Muttergänge gefressen. Bei manchen Borkenkäfern laufen dieselben in lothrechter Richtung, daher Lothgänge genannt. Diese haben ausser dem Bohrloche gewöhnlich noch 2 bis 4 Oeffnungen (Luft-

¹⁾ Vergl. RATZBURG. l. c. II. pag. 204. ff., 228, 285. Taf. 44.

²⁾ Vergl. RATZBURG l. c. I. pag. 209. Taf. 19, und II. pag. 79.

³⁾ l. c. II. pag. 276 ff., Taf. 47.

löcher). Rechts und links an den Seiten des Mutterganges beisst das Weibchen ein Löchelchen, in welches das Ei gelegt wird. Die aus den Eiern kommenden Larven fressen nun recht- oder spitzwinkelig vom Muttergange abgehende Gänge (Larvengänge), in deren breiter werdendem Ende, der sogenannten Wiege, die Larve sich verpuppt. Die fertigen Käfer verlassen die Wiege durch ein Flugloch, welches sie durch die Borke nach aussen fressen. Andere Borkenkäferarten machen die Muttergänge sternförmig auseinanderlaufend (Sterngänge), wieder andere legen sie in wagerechter oder wenig schiefer Richtung an (Wagegänge). Wenige Borkenkäfer bohren ins Holz, wie *Bostrichus lineatus*, der in allen Nadelhölzern vorkommt und sich gleich durch die Rinde mehrere Centimeter tief ins Holz frisst und hier die Gänge um die Jahresringe herum anlegt, welche, da die Höhlung an ihrer Seite, in der die Larve frisst, nicht grösser als die Puppe wird, das Aussehen einer Leiter bekommen (Leitergänge). Dieser sowie einige andere Arten, die im Holze der Eiche leben, können vielleicht nur jüngeren Hölzern verderblich werden. Die rindebewohnenden Borkenkäfer aber sind die schädlichsten, und unter diesen steht, was den extensiven Schaden anlangt, den er anrichtet, indem er grosse Bestände verwüsten kann, der grosse Fichtenborkenkäfer (*Bostrichus typographus*) obenan. Die von ihm bewirkte Krankheit wird Trockniss, Baumtrockniss oder Wurmtrockniss genannt. Der Käfer geht sowol lebendes als abgestorbenes Holz (Klaftern, Brunnenröhren, Schnee- und Windbrüche u. dergl.) an. Unter den stehenden Bäumen werden nach RATZBURG¹⁾ anfänglich kranke den gesunden vorgezogen; und zwar werden besonders 80- bis 100jährige Stämme, weniger gern solche unter 50 Jahren, zuletzt aber selbst die schwächsten Stangenhölzer befallen. Der grosse Fichtenborkenkäfer macht Lothgänge, während der häufig mit ihm zusammen vorkommende kleine Fichtenborkenkäfer (*B. chalcographus*) Sterngänge frisst. Die Folgen des Frasses sind je nach der Heftigkeit des Angriffes sehr verschieden: entweder stirbt der Baum noch in demselben Jahre ab, wobei die Nadeln roth werden oder wol auch sehr schnell, noch grün, abfallen oder auch noch bis zum Winter grün am Baume bleiben, die Borkenschuppen etwas abblättern und auch oft Harzfluss eintritt; oder der Baum kann bei nicht zu heftigen Angriffen noch Jahre lang fortleben. Bei Laubbäumen kommen nach Borkenkäferfrass ebenso verschiedene Grade der Erkrankung vor; bei langsamem Verlaufe tritt Bildung spärlicherer Triebe und mangelhaftere Belaubung ein und endlich schlägt der Baum im Frühjahr nicht wieder aus, weil er todt ist, die Rinde an den Frassstellen ist abgestorben und fällt oft in grossen Stücken von den Stämmen ab, z. B. bei den Rüstern.

Ueber die inneren Vorgänge, besonders über das Verhalten der Cambiumschicht bei Borkenkäferfrass scheint in der Literatur keine Angabe vorhanden zu sein. Ich habe an einer vierzehnjährigen Rüste den Einfluss eines minder heftigen Angriffes, nach welchem der Baum noch am Leben blieb, untersuchen können. Der erste Frass hatte im Frühjahr 1876 stattgefunden, ohne den Tod zu bewirken. Bis zum Sommer 1877 hatte ein erneuerter Frass den Baum getödtet, der nun gefällt und auf die Verhältnisse des Vorjahres untersucht werden konnte. Im Frühjahr 1876 waren an vielen, aber isolirten, durch intacte Partien getrennten Stellen die Gänge angelegt worden: kurze Lothgänge mit etwas divergirend abgehenden Larvengängen. Dieselben gingen meist bis zur Cambiumschicht, so dass sogar auf dem Holze oft eine Spur der Figuren der Gänge zu sehen war. Die Cambiumschicht war nur auf jedem Flächenraume, wo ein Muttergang mit seinen Larvengängen angelegt worden war, abgestorben. Der Baum konnte in diesem Sommer nur einen ungewöhnlich dünnen Jahresring bilden; dieser war aber an den eben bezeich-

¹⁾ Forstinsekten, I. pag. 139 ff.

neten Stellen unterbrochen. Die Unterbrechungen waren überall elliptische oder etwas eckige oder sternförmige Stellen von derselben Ausdehnung, die ein vollständiger Gang mit Larvengängen einnimmt, nicht selten sogar noch die Spuren der letzteren auf dem nicht bedeckten Holz des Jahres 1875 zeigend (Fig. 8). Die eine solche Holzblösse umgebenden Ränder der neuen Splintlage waren gegen die Wunden hin convex und mit neuer Rinde überzogen: sie stellten also, bedeckt von der alten Stammrinde, kleine Ueberwallungen dar, welche die Holzblössen wieder zu überziehen trachteten. Es zeigt dies, wie nach einem nicht lethalen Borkenkäferangriff der Holzzuwachs vermindert, in welchem Umfange die Cambiumschicht getödtet wird und wie eine Heilung sich anbahnt. Heftigere Angriffe werden tödtlich, weil sie Cambium und Rinde auf grossen Strecken zum Absterben bringen.

Zu den rindeborenden Insekten gehört ferner die Kiefernmotte (*Tinea sylvestrella*), welche einen Baumschaden verursacht, über den RATZBURG¹⁾ berichtet. Im Volke wird das Uebel Krebs oder Brand, oder Räude, in Böhmen, wo es besonders bekannt ist, bei den Deutschen Schörbel, bei den Czechen Kozor genannt. Die Raupen greifen sowol gesunde, als auch kränkelnde Bäume, letztere besonders nahe an alten dünnen Wipfeln an, und bohren sich in die Rinde ein, am liebsten an den Astquirilen. Diese Stellen erscheinen von aussen grindig wegen der braunen bis schwarzen, gekrümmt abstehenden Borkenschuppen und Harzpusteln. In der Rinde sind Gänge gefressen; sie ist hier braun trocken, brüchig und verharzt. An diesen Stellen ist wahrscheinlich auch die Cambiumschicht afficirt und unthätig. Es werden daher diese Stellen von der Seite her durch bogenförmige Holzschichten überwallt. Nicht bloss in diesen Ueberwallungsschichten tritt Harzbildung auf, sondern auch an dem Stammstück unterhalb des Quirles, und zwar mehrere Jahresringe weit nach innen, so dass also das Verharzen in älteren Jahresringen nachträglich eintritt. Ueber der Frassstelle ist die Rinde ungewöhnlich stark und saftig, auch das Holz oft verdickt, offenbar die gewöhnlichen Erscheinungen über einer Stammwunde. In der Regel soll aber endlich der Wipfel über der Frassstelle absterben, und an den gelben Nadeln, die er bekommt, die Krankheit schon von Ferne erkennbar sein. — An den Fichten und Tannen wird nach RATZBURG²⁾ die Rinde verwundet durch die Raupe des Fichtenrinden-



Fig. 8. (B. 96.)

Rüster nach überstandnem Borkenkäferfrass in Heilung begriffen. A Partie des Stammes; die Rinde rr grösstentheils abgenommen, um die nach dem Frass gebildete jüngste Splintschicht l zu zeigen, welche die 5 Frasswunden zu überwallen sucht, auf denen das alte dunklere Holz noch entblösst ist und stellenweise noch Spuren der Gänge erkennen lässt. Etwas verkleinert. B Durchschnitt des Stammes an einer Stelle, wo Frass stattgefunden hat und der jüngste Jahresring die Ueberwallung beginnt. Dieser Ring des Frassjahres 1876 durch grosse Schwäche hervorstechend.

¹⁾ l. c. I. pag. 197 ff. Taf. 18.

²⁾ l. c. I. pag. 262 ff. Taf. 30.

wicklers (*Tortrix dorsana*), welche vorzüglich an den Quirlen zwischen den Aesten jüngeren Holzes bisweilen in grosser Anzahl sich einbohrt. Auch hier bildet der Stamm über dem befallenen Quirl einen Ueberwallungswulst, in welchem die Jahresringe verdickt sind, während darunter dies nicht der Fall ist; auch hier entstehen oben wie unten viel Harzkanäle im Holze, und zwar in allen Holzringen, auch in den älteren; auch die Rinde verharzt. Wenn der Frassgang den Stamm ganz umklammert, so stirbt der Wipfel über der Wunde unter Rothwerden ab. — Wenn der vom Kiefermarkkäfer (*Hylesinus piniperda*) angebohrte Trieb am Leben bleibt, so bildet sich eine Ueberwallung, welche den Kanal ausfüllt, und der Trieb schwillt zum Keile an. Die über der Anschwellung befindlichen Knospen entwickeln sich zunächst mit verkürzten Nadeln; erst im nächstfolgenden Jahre kommen wieder normale Nadeln¹⁾. — Die grosse Waldameise (*Formica herculeana*) dringt nach R. HARTIG²⁾ oft in Wunden, die am Fusse der Baumstämme sich befinden, ein und höhlt das Innere des Stammes von unten an bis zu einigen Metern Höhe aus. Die grossen Gänge verlaufen besonders im Frühjahrsholz, so dass die concentrischen schmalen Herbstholzschichten allein übrig bleiben und das Holz rasch weiter ausfällt.

VIII. Verletzung der Blätter, Blüthen und Früchte.

1. Blattwunden. Die Blätter behalten bei den verschiedensten Verstümmelungen, wenn man von einem meist schmalen Wundrande absieht, im übrigen sehr oft ihre normale Beschaffenheit bei. Dies gilt jedoch nur unter der Voraussetzung, dass nicht Umstände eintreten, welche die unten zu besprechende Heilung der Wundränder vereiteln und ein weiter um sich greifendes Absterben und Verderben des Pflanzengewebes verursachen. Man darf dann solche Erscheinungen nicht für Folgen der Verwundung an und für sich halten; letztere können nur studirt werden, wenn das Blatt sich in relativ trockener Luft befindet und Fäulnisorganismen sich nicht an der Wunde angesiedelt haben. Die im Folgenden angegebenen Thatsachen ergeben sich theils aus den Erfolgen absichtlich zu diesem Zweck vorzunehmender Verwundungen, theils aus der Durchsicht der mannigfaltigen Verletzungen, die aus natürlichen Anlässen eintreten. Zu den letzteren gehören in erster Linie die Beschädigungen, welche zahlreiche Insekten ausüben, ferner die, welche der Hagelschlag verursacht, und endlich die, welche sich die Pflanzen gegenseitig zufügen.

Dass das Letztere in grösserer Ausdehnung vorkommen kann, zeigte mir die Beobachtung eines Roggenfeldes, in welchem allgemein die Blätter der Roggenhalme durch kleine helle, kranke Flecken auffielen. Letztere zeigten ausnahmslos auf ihrer Mitte eine kleine Wunde, an welcher die Epidermis durchstoßen und das Mesophyll verletzt war. In den meisten Wunden fand sich ein fremder Körper, der bei allen gleich war: ein lang kegelförmiges, sehr spitziges, starres, farbloses, dornenähnliches Körperchen; es waren abgebrochene starre Haarzellen der Grannen der Roggenähren, die bei der Bewegung des Getreides im Winde sich in die Blätter eingespiess hatten, dabei meist abgebrochen und in der Wunde stecken geblieben waren. Stürmisches, regnerisches Wetter hatte kurz vorher geherrscht.

Tödlich für die Blätter im Allgemeinen sind selbstverständlich solche Verwundungen, welche den organischen Zusammenhang mit der Pflanze erheblich alteriren, wenn also der Blattgrund oder der Blattstiel so weit angefressen ist, dass die Communication der Fibrovasalstränge gestört ist. Das Blatt welkt oder

¹⁾ l. c. I. pag. 125.

²⁾ l. c. pag. 73.

verdorrt dann bald. Ist aber dieser Zusammenhang intact, so kann das Blatt meistens einen grossen Theil seiner Masse durch Verwundung verlieren ohne seine Lebensfähigkeit einzubüssen, und man kann vielleicht im Allgemeinen sagen, dass erst der Verlust von mehr als der Hälfte der Blattmasse tödtlich wird. Es kommen jedoch dabei auch die verschiedenen Gewebe des Blattes in Betracht. Das eben Gesagte darf wol gelten, wenn dem Blatte ganze Stücke weggeschnitten werden und das Bleibende übrigens nicht verletzt wird. Wenn aber z. B. von dem Blatte einer Dicotyledone mit starken Rippen und Nerven das ganze Mesophyll, welches an Masse nur den kleineren Theil ausmacht, z. B. durch Blattkäfer aufgefressen wird, welche die Blätter oft in dieser Weise förmlich skelettiren, dann functionirt das Blatt nicht mehr und wir sehen das stehengebliebene Rippen- und Nervengerüst bald vertrocknen, denn eine Regeneration des Mesophylls ist nicht möglich.

Nach Verwundungen jeder anderen Art, insbesondere nach Durchlöcherung, Zerreißen oder Abreißen einzelner Stücke, kann das Blatt fortleben. Ein Wiederausammenwachsen der zerrissenen Theile, eine Regeneration des verlorenen Stückes, ein Verwachsen eines Loches finden nicht statt, etwa mit Ausnahme der kleinsten Stichstellen, worüber Näheres bei der Wundenheilung. Alle diese Unterbrechungen, selbst diejenigen der Mittelrippe schaden nichts; die Nahrungszufuhr zu den einzelnen Theilen kann dann noch durch die zusammenhängende Parenchymmasse stattfinden. Noch weniger können schaden Stichwunden quer durch das Blatt, wie man sie mittelst Nadeln erzeugen kann oder wie sie manche Insekten, z. B. Rüsselkäfer, hervorbringen und mit denen die Blätter oft ganz bedeckt sind, ohne dadurch in ihrem Leben beeinträchtigt zu werden. Nur wird selbstverständlich die Function solcher Blätter, besonders was die assimilirende Thätigkeit anlangt, im Verhältniss zu der verloren gegangenen Mesophyllmasse Abbruch erleiden.

Etwas anders ist der Erfolg der eben genannten Verwundungen an jugendlichen, noch wachsenden Blättern. Das durch die Verletzung gestörte Gewebe des Wundrandes kann sich nicht an der Flächenausdehnung betheiligen, welche in den entfernteren umliegenden Partien in Folge des Wachstums eintritt. Die Folge ist, dass um die Wunde unregelmässige Faltungen eintreten oder das ganze Blatt in seiner normalen Formbildung mehr oder weniger behindert wird, also dass überhaupt Verkrüppelungen des Blattes eintreten.

Ausser den Blattwunden, welche quer durch die ganze Blattmasse hindurch gehen, kommen auch solche vor, bei denen nur einzelne Gewebe einer Blattstelle verletzt werden. Es handelt sich hier besonders um die Epidermis einerseits und das Mesophyll andererseits. Ich habe an Blättern von *Leucosium vernum* von der Unterseite Streifen der Epidermis ohne sonstige Verletzung abgezogen und keinen schädlichen Einfluss darnach bemerkt, sogar das entblösste Mesophyll der Wunde, deren Zellen dabei bekanntlich nicht verletzt werden, blieb unverändert grün und lebendig. Wo aber die Epidermis fester mit dem unterliegenden Mesophyll verwachsen ist, lässt sich erstere kaum ohne Verletzung der Zellen des letzteren entfernen, und dieses zeigt sich dann an der Wunde abgestorben und gebräunt. So wird oft die obere Blattseite von gewissen Insekten stellenweise angenagt oder abgeschabt, allerdings mehr oder minder unter Anfressen des Mesophylls selbst, und zeigt darnach entsprechende gebräunte und abgestorbene Stellen, die gewöhnlich quer durch das Blatt hindurch gehen. Die Minirraupen fressen das Mesophyll unter Stehenbleiben der beiderseitigen Epidermen

und höhlen auf diese Weise die Blätter bald auf grössere zusammenhängende Strecken beutelartig aus, bald nur zierlich gewundene Gänge in ihnen fressend. Solche Wunden sind, was ihre Folgen anlangt, selbstverständlich gleichbedeutend mit einer vollständigen Durchlöcherung und Aufzehrung der Blattmasse.

2. Verwundungen der Blüthen. Sind Blüthenknospen von Insekten total ausgefressen, so ist selbstverständlich ein Unterbleiben der Frucht- und Samenbildung die Folge. Oft wird aber die weitere Entwicklung der Blüthen schon dadurch unterdrückt, dass im Knospenzustande die zum äusseren Schutze der Blüthentheile dienenden festeren Umhüllungen, wie die Kelchblätter oder die Hüllblätter köpfchenförmiger Blütenstände, die Deckblätter mancher anderer Inflorescenzen durch Insektenfrass zerstört werden, wie z. B. beim Frasse des Glanzkäfers. Es giebt auch Insekten, welche aus den aufgeblühten Blüthen nur die inneren Theile herausfressen, z. B. nur die Blumenblätter und Staubgefässe. Solche Blüthen sind natürlich unfähig, diejenige Function auszuüben, welchen die verloren gegangenen Theile vorstehen; und so verstümmelte Blüthen bringen daher gewöhnlich keine Früchte.

3. Verwundungen der Früchte werden durch Hagelschlag, Frass der Vögel, Schnecken und vieler Insekten und auch durch das spontane Aufspringen des Parenchyms (s. oben pag. 337) verursacht. Geringere Verletzungen der Schale haben im Allgemeinen keinen nachtheiligen Einfluss auf die Ausbildung der Frucht, indem die Wundstelle leicht durch bräunliches Korkgewebe vernarbt, wie es an Pflaumen, Kirschen, Birnen, Äpfeln, Weinbeeren, Kürbissen etc. oft zu sehen ist. Auch eine tiefer in das Fleisch dringende Wunde heilt oft, bedingt aber dann meist eine ungleichmässige oder unvollständige Ausbildung des Fruchtfleisches und ein Missrathen der ganzen Form. Hierher gehört auch der Samenbruch, den man besonders an Weinbeeren in Folge verschiedener Verwundungen (vergl. das Kapitel Hagelschlag) beobachtet. An einzelnen Beeren ragen die Samenkerne frei über die Oberfläche der Beere hervor; die letztere bleibt gewöhnlich kleiner als die unverletzten, reift aber im übrigen gut aus. Die locale Verletzung der Epidermis und des darunterliegenden Parenchyms geschieht in einem frühen Stadium. Indem nun diese Gewebe absterben und dem sich vergrössernden Samen durch Dehnung nicht folgen können, zerreißen sie und lassen den Samen hervortreten, während die übrigen Stellen der Frucht sich normal entwickeln. Ähnliches sieht man an Kirschen, welche oft an einer Seite bis auf den Kern verwundet sind, so dass dieser sichtbar ist oder etwas hervorragte; um denselben hat sich das Fleisch und die Epidermis zusammengezogen, und durch Korkbildung, die sich bis an den Kern fortsetzt, ist der Abschluss hergestellt.

IX. Abnorme Secretionen als Begleiterscheinungen der Wunden.

Bei manchen Holzpflanzen tritt in Folge von Verwundungen eine abnorme Absonderung von Säften ein. Die chemische Natur dieser Secrete ist für die einzelnen Pflanzen charakteristisch: Terpenthinöl, beziehentlich Harz für die Coniferen, Gummi für die Amygdalaceen, Mimosaceen und einige andere, Tragant für die *Astragalus*-Arten, Manna für Eschen- und Tamarisken-Arten. Ueberall werden diese Stoffe in der Nähe der Wunden in solcher Menge erzeugt, dass sie als Ausflüsse an die Oberfläche treten. Ueber die Entstehung dieser Secrete und die Beziehung derselben zur Verwundung sind wir gegenwärtig theilweis noch zu mangelhaft unterrichtet, um entscheiden zu können, ob sie in dieser

Beziehung alle unter einen gemeinsamen Gesichtspunkt zu bringen sind. Es muss das, was über die einzelnen Secretionen bekannt ist, besonders betrachtet werden.

1. Abnorme Harzbildung, Resinosis.

Alle Verwundungen der holzigen Theile der Coniferen sind mit Ansammlung oder Ausfluss von Harz verbunden und die Gewinnung des Harzes und Terpenthins beruht denn auch, wie oben erwähnt, auf absichtlichen Verwundungen der Bäume. In der Pflanze entsteht das Secret in der Form von Terpenthinöl. An der Luft geht dasselbe durch Oxydation in Harz über. Diese Secrete sind daher so wie sie aus frischen Wunden ausfliessen, eine wechselnde Mischung von Terpenthinöl und Harz, welche Terpenthin heisst; der Ueberzug, den das Secret auf der Wunde bildet, erhärtet mit der Zeit immer mehr zu Harz.

Die Coniferen enthalten Terpenthin schon als normalen Bestandtheil in besonderen Interzellularkanälen, die zum Theil auf weite Erstreckung in den Geweben verlaufen. Der Terpenthin, welcher unmittelbar nach einer Verwundung ausfliesst, stammt aus solchen normalen Harzkanälen, wenn diese durch die Wunde geöffnet worden sind. Dies gilt zunächst von den in der primären Rinde schon des einjährigen Zweiges bei den meisten Nadelhölzern verlaufenden Harzkanälen. Bei der Weisstanne schwellen diese Kanäle an einzelnen Stellen zu grossen mit Harz erfüllten Blasen an, sogenannten Harzbeulen. Der von der Tanne kommende Strassburger Terpenthin wird bei diesem im Holze harzarmen Baume nur aus diesen Harzbeulen der Rinde gewonnen. Dieselben sollen erst an mittelwüchsigen Tannen sich bilden. Wie sie entstehen ist unbekannt; ebenso unentschieden ist es, ob sie durch irgend eine Verwundung veranlasst werden; nach RATZBURG's¹⁾ Bemerkung wenigstens sollen Tannen nie Terpenthin geben ohne krank zu sein. Normal kommen ferner horizontale Harzkanäle in der Mitte der breiten Markstrahlen im Baste vor, wo sie die unmittelbaren Fortsetzungen derer in den grossen Markstrahlen des Holzes sind, besonders bei Fichte, Lärche und Kiefer; sie sind die Ursache der schnellen Bedeckung der Schälwunden mit Harz. Sehr verbreitet sind endlich im Holze die vertical verlaufenden Harzkanäle; sie verursachen hauptsächlich den Harzausfluss an Querwunden des Holzes.

Ausser in besonderen Kanälen tritt aber Harz auch als Infiltration der Holzzellen auf, nämlich sowol die Zellmembranen durchdringend, als auch die Höhlungen der Zellen ausfüllend; dabei wird die Farbe des Holzes braun oder roth. Die Beschaffenheit, welche dadurch das Coniferenholz annimmt, ist unter dem Namen Kienholz bekannt. Dieser Zustand ist immer ein Zeichen des Absterbens des davon ergriffenen Holzes und muss daher schon als eine pathologische Erscheinung betrachtet werden. Die im Stammholze steckenden abgestorbenen Stumpfe alter Aeste sind regelmässig verkient und der etwaige Zwischenraum zwischen ihnen und dem Stammholze mit Harz erfüllt. Bei manchen Nadelbäumen, besonders bei der Lärche und bei der Kiefer und deren verwandten Arten, wird allgemein das Kernholz auch ohne Vorhandensein einer Verletzung kienig; allerdings findet in abgehauenen Stöcken die Harzinfiltration des Kernholzes in noch höherem Grade statt. Berücksichtigt man nur diese allenfalls noch als normal zu bezeichnende Verkienung des Kernholzes und die Harzinfiltration alter Aststumpfe, so darf man mit MOHL²⁾ diese Erscheinung in Zusammen-

¹⁾ Waldverderbniss, II. pag. 7.

²⁾ Ueber die Gewinnung des venetianischen Terpenthins. Bot. Zeitg. 1859, pag. 341.

hang bringen mit der vernichteten oder verminderten Lebensthätigkeit, nämlich mit der Verminderung der Saftführung, mit der mangelhaften Ernährung und besonders mit dem Trockenwerden solchen Holzes, wodurch der Eintritt von Harz in das Gewebe begünstigt wird. Die Herkunft dieses Harzes beruht nach MOHL's Vorstellung einfach auf einem Uebertritt desselben aus entfernteren Theilen des Baumes, besonders aus der Rinde und aus dem Splinte durch die horizontalen Harzkanäle der Markstrahlen. Nach dieser Vorstellung würde es sich also beim Verkien nur um eine Wanderung, nicht um Neubildung von Harz handeln.

Kienigwerden tritt nun aber auch als Folge von Verwundungen in Holzpartien ein, welche im normalen Zustande dieser Veränderung nicht unterliegen, so dass man also von einer Kienkrankheit sprechen kann. Die starke Verkienung abgehauener Stöcke wurde schon hervorgehoben. Bekannt ist, dass an den auf Harz benutzten Stämmen die den Einschnitten benachbarten Theile des Holzes verharzen, und das Holz geharzter Schwarzkiefern soll überhaupt kienig werden¹⁾. Nach RATZBURG²⁾ verkient auch nach Wildschäl das entblösste Holz, wenigstens im letzten Jahresringe oder auch noch tiefer, und auch die Rinde um die Wunden zeigt Harzinfiltration. Auch auf diese Verkienung der Wunden deht nun MOHL seine Ansicht über den Ursprung des Kienharzes aus, indem er hervorhebt, dass das Harzen eine Schwächung der Vegetation der lebenden Bäume zur Folge hat, die besonders auch in der Verminderung des Holzzuwachses auffallend sich ausspricht, und dass gerade oberhalb der ins Holz gemachten Einschnitte jeder direkte Zufluss des aufsteigenden Nahrungssaftes zum Holze abgeschnitten wird. Den Widerspruch, der in der Thatsache gefunden werden kann, dass nach Harzentziehung das Holz eines Baumes verkient, sucht MOHL durch die Bemerkung zu beseitigen, dass bei so äusserst harzreichen Bäumen durch die Operation nur ein Theil des Harzes entzogen werde, und der überschüssige andere Theil trotzdem die absterbenden Holzschichten infiltriren könne. Es giebt nun aber eine Reihe von Beobachtungen, welche die Annahme zu verbieten scheinen, dass die abnorme Produktion von Harz bei Verwundungen allein auf Rechnung einer Wanderung schon vorhandenen Harzes aus anderen Theilen des Baumes zu setzen ist. Hier sind zunächst die vielseitigen Beobachtungen RATZBURG's zu erwähnen, die zwar in anatomischer Hinsicht mangelhaft sind, aber wenigstens die Thatsache unzweifelhaft ergeben, dass an Schälwunden, so wie nach dem Frasse verschiedener Insekten, wie des Fichtenrindenwicklers, der Kiefernmotte etc. nicht nur in dem Holze der Ueberwallungen, die nach der Verwundung sich bilden, sondern auch in dem älteren, schon vorher vorhanden gewesenen Holze in Folge der Verwundung wirkliche Harzkanäle in vermehrter Anzahl entstehen³⁾, ferner dass auch nach Verlust dünnerer Zweige, wie nach dem Verbeissen durch Wild, nach Nonnen- und Forleulenfrass in den hiernach sich bildenden schwachen Holzringen ungewöhnlich viele Harzkanäle erscheinen, und sogar bei einseitiger Entästung der Harzreichthum in den an der entästeten Seite liegenden schmalen Jahresringen sich zeigt⁴⁾. Besonders bemerkenswerth ist,

¹⁾ MOHL, I. c. pag. 340.

²⁾ I. c. II. pag. 36. — Vergl. auch WIGAND, Desorganisation der Pflanzenzelle. PRINGSHEIM's Jahrb. f. wiss. Bot., III. pag. 165.

³⁾ I. c. I. pag. 197, 262; II. pag. 64, 69, 76.

⁴⁾ I. c. I. pag. 154, 234; II. pag. 66.

dass hiervon auch die sonst im Holze harzarme Tanne keine Ausnahme macht¹⁾. Das Auftreten von Harz in neuen Harzkanälen, mögen dieselben nun durch Trennung von Zellen oder durch Auflösung solcher entstehen, kann nun aber nach dem, was wir jetzt darüber wissen und was hier nicht näher berührt werden kann, nicht anders, denn als eine Neubildung dieses Stoffes aufgefasst werden. Man muss also bei der Resinosis einen doppelten Ursprung des Harzes als möglich annehmen: bei der Verkienung des Holzes eine Wanderung von Harz aus den normalen Harzkanälen entfernter liegender Theile des Stammes, bei der Entstehung abnormer Harzkanäle nach Verwundung etc. eine Neubildung von Harz an Ort und Stelle. Auch bei der Verkienung könnte eine Neubildung von Harz (aus anderen Pflanzenstoffen) betheiligt sein, worüber jedoch nichts entschieden ist.

Ziehen wir die RATZBURG'schen Angaben über die allgemein vermehrte Anzahl der Harzkanäle in den nach Verwundungen sich bildenden Holzringen in Betracht, so kommen wir nach dem Vorstehenden zu dem Schlusse, dass bei harzbildenden Bäumen die Verwundung eine pathologisch gesteigerte Harzproduktion in der Nähe der Wundstellen aus Quantitäten von Nahrungsstoffen zur Folge hat, welche im normalen Zustande an der betreffenden Stelle nicht auf diese Weise verloren gegangen sein würden. Berücksichtigt man, dass die Resinosis einestheils an den durch Wunden entblösten und dadurch in ihrer Lebensthätigkeit gestörten Geweben, insbesondere auch in solchen, die einem allmählichen natürlichen Absterben verfallen (Aststumpfe), andernteils in den unmittelbar nach Verwundungen sich bildenden Geweben eintritt, die alle mehr oder minder auch in ihrem geringerem Volumen (Enge der Holzringe nach Frass etc.) eine Depression der Lebensthätigkeit bekunden, so dürfen wir die Resinosis überhaupt als Symptom einer Schwächung der Vegetation betrachten. Es kann daher nicht Wunder nehmen, dass sie als Begleiterscheinung nicht bloss nach Verwundung, sondern auch bei anderen Krankheiten auftritt, z. B. bei manchen von denjenigen, die durch Parasiten verursacht werden (z. B. bei *Peridermium pini* und anderen). Man könnte einen Widerspruch darin finden, dass bei Schwächung der Lebensthätigkeit eine vermehrte Produktion eines Stoffes stattfindet, der wegen seines Kohlenstoffreichthums ein grosses Quantum assimilirten Materiales zu seiner Bildung beansprucht. Allein dieses Material wird in den leidenden Theilen nicht selbst erzeugt, sondern ihnen erst zugeführt, und die Vorstellung ist gerechtfertigt, dass in den kranken Organen das vorhandene und zuströmende plastische Material grösstentheils einer abnormen Stoffmetamorphose verfällt. Es könnte auch sein, dass die geschwächte Vegetation, die mangelhaftere Bildung der Gewebe selbst erst zum Theil in causaler Beziehung zur Harzentartung stehen. Allein dies sind noch offene Fragen. Es darf übrigens nicht vergessen werden, dass die vermehrte Harzsecretion an den Wunden für die Pflanze vorthellhaft ist, weil die Bedeckung mit Harz eines der vorzüglichsten Mittel zur Conservirung des entblösten Gewebes und zum Schutze desselben vor den Einwirkungen der Atmosphärien ist.

Der pathologische Charakter, den die Harzbildung annehmen kann, erhält einen weiteren Ausdruck darin, dass sie in einigen Fällen sogar durch eine abnorme Gewebekonstruktion eingeleitet wird. Schon in der ungewöhnlichen Vermehrung

¹⁾ I. c. II. pag. 18, 26, 33. — Eine Vermehrung von Harzkanälen im Wundholze hat auch DE VRIES (Ueber Wundholz. Flora 1876, pag. 121) bemerkt.

der Harzkanäle in einem Holzringe spricht sich eine veränderte Thätigkeit der Gewebebildung aus. Die Entstehung eines ganz abnormen Gewebes liegt aber der Bildung der sogenannten Harzdrusen oder Harzgallen zu Grunde, sehr grossen harzerfüllten Lücken, die beim Zerspalten des Holzes zum Vorschein kommen. Sie finden sich bis zur Grösse und Dicke eines Thalerstückes und wol auch noch grösser und liegen innerhalb eines einzigen Holzringes im Frühjahrsholze, wobei das Herbstholz desselben in jeder Beziehung eben so normal ist, wie dasjenige des nächstälteren angrenzenden Jahresringes, so dass die Harzdruse ringsum scharf abgegrenzt ist. Das was im Hohlraum nicht mit Harz erfüllt ist, wird von einem abnormen Holzparenchym eingenommen. Dieses ist besonders ringsum an den Rändern in Menge vorhanden; es besteht aus lauter ungefähr isodiametrischen, aber ganz unregelmässig gestalteten und völlig ordnungslos liegenden verholzten Parenchymzellen, von denen die am weitesten nach der Mitte der Harzgalle gelegenen alle Uebergänge der Desorganisation in Harz zeigen, d. h. sie sind mit solchem erfüllt und ihre Membranen mehr oder weniger in der Auflösung begriffen. Dies gilt vom Fichtenholz, wo ich diese Bildungen beobachtet habe; RATZBURG¹⁾ fand sie auch bei der Tanne und fügt Bemerkungen hinzu, die eine Uebereinstimmung mit dem eben Gesagten vermuthen lassen. Aehnliche Andeutungen finden sich bei DIPPEL²⁾ und KARSTEN³⁾. Es muss wol angenommen werden, dass die ganze Harzdruse durch Desorganisation eines vorher an ihrer Stelle vorhanden gewesenen abnormen Holzparenchyms entsteht. Ob das letztere ursprünglich von der Cambiumschicht in dieser Form gebildet wird oder sich erst später durch Theilung normaler Holzzellen entwickelt, ist unbekannt. Ob Harzdrusen in einer direkten oder indirekten Beziehung zu einer stattgehabten Verwundung stehen, darüber fehlt es ebenfalls an Erfahrungen. Ich fand sie sowol in verkientem Holze, als auch ringsum von normalen, nicht kienigen Holzschichten eingeschlossen. — Mit dieser Erscheinung nahe verwandt sind die sogenannten Auslösungen des Holzkörpers der Coniferen. Bisweilen löst sich an gespaltenem Holze und selbst an Schiffsmasten ein runder glatter Kern vollständig aus dem Holze aus. HALLIER⁴⁾ hat nachgewiesen, dass hier ein Jahresring ringsum in eine abnorme Bildung von Holzparenchym übergegangen und in letzterem Desorganisation in Harz eingetreten ist. Ich kann dies von einem Fichtenholz bestätigen. Der sechste Jahresring zeigte nur die ersten Schichten seines Frühjahrsholzes aus kurzzeitigem Holzparenchym gebildet, welches unter Harzbildung im Zerfall begriffen war. Der aus den fünf ältesten Jahresringen bestehende Kern löste sich als ein runder, auf der ganzen glatten Oberfläche mit Harz überzogener Cylinder heraus. Auch das Rohr hatte inwendig eine ziemlich glatte, etwas harzende Oberfläche. Der übrige Theil des Jahresringes bestand aus normalem Holz, ebenso war das Herbstholz des letzten Kernringes normal. Ueber die Ursache dieser Bildung verbreitet vielleicht der Umstand einiges Licht, dass der Kern einen Quirl von Aststumpfen trug, welche in dem darauf liegenden jüngeren Holze steckten und wie gewöhnlich verkient und von einer Harzschicht umhüllt waren. Es hatte also der letzte Jahresring der Aststumpfe dasselbe Alter wie derjenige des Kernes. Die Oberfläche des Kernes war also die direkte Fortsetzung derjenigen der Aststumpfe. Die Harzbildung hat also muthmasslich als

¹⁾ l. c. II. pag. 4.

²⁾ Zur Histologie der Coniferen. Bot. Zeitg. 1863. pag. 254.

³⁾ Ueber die Entstehung des Harzes etc. Bot. Zeitg. 1857. pag. 316.

⁴⁾ Phytopathologie, pag. 82.

die gewöhnliche Erscheinung am Quirl der abgestorbenen Aststumpfe begonnen, während die Bildung von Holzparenchym und die Verharzung desselben im Mutterstamme nachgefolgt zu sein und von der Basis der Stumpfe aus über diesen sich verbreitet zu haben scheint.

2. Gummifluss, Gummosis oder Gummikrankheit.

Was bei den Coniferen der Harzfluss, das ist bei den Amygdalaceen, besonders beim Steinobst, der Gummifluss. Zwischen beiden Erscheinungen ist fast in allen Punkten Analogie zu finden. Es ist keine Verwundung der holzigen Theile dieser Bäume, zumal der Kirschbäume denkbar, bei welcher nicht Gummifluss eintreten könnte und auch wirklich eintritt. Das Gummi sammelt sich als eine mehr oder minder braune, durchsichtige, bald zähflüssige, bald mehr erhärtete Masse an der Oberfläche an, gewöhnlich unmittelbar auf oder neben einer Wundstelle oft aber auch in einiger Entfernung von derselben, und dort hat es sich selbst einen Weg durch das Periderm gebrochen. Bisweilen sind der Stamm oder einzelne Aeste ganz bedeckt mit solchen Gummiflässen.

Nachdem schon einige Botaniker, wie KARSTEN¹⁾ und TRECUL²⁾, die Meinung ausgesprochen hatten, dass das Kirschgummi durch Umwandlung der Zellmembranen des Holzes und der in den Zellen enthaltenen Stärkekörner entstehe, wurde eine genauere Untersuchung dieses Vorganges von WIGAND³⁾ und von mir⁴⁾ geliefert. Aus dieser ergibt sich, dass sowol Theile des Holzes, als auch Rinde und Bast, schliesslich auch die Cambiumschicht unter Gummibildung aufgelöst werden können. Die mannigfaltigsten Veränderungen finden dabei im Holze statt.

1. Gummibildung im Holzkörper. Wenn Aeste oder Zweige Gummiflüsse zeigen, so findet man im Holze derselben meistens bis auf weitere, von den Wundstellen entfernte Strecken hin, dass eine mehr oder minder grosse Anzahl von Gefässen und Holzzellen mit einem homogenen, gelben bis braunen, ziemlich harten, knorpelartigen Gummi erfüllt sind. Das Holz, im gesunden Zustande von weisslicher Farbe, nimmt dadurch eine mehr röthlich-, oder bräunlich-graue Farbe an; denn nicht selten sind dann beinahe sämmtliche im Kirschholz sehr zahlreichen Gefässe mit Gummi gefüllt. Letzteres erweist sich deutlich als eine Umwandlung der sogenannten secundären Membran: diese dicke Schale der Zellhaut ist verschwunden und an ihre Stelle Gummi getreten, welches in den engen Holzfasern und Holzparenchymzellen oft das Lumen der Zelle fast ausfüllt. Wenn in Holzparenchymzellen und in den Markstrahlen Stärkekörnchen enthalten sind, so können dieselben bei dieser Gelegenheit ebenfalls in Gummi sich umwandeln, oft schon ehe die Desorganisation der Zellmembran beginnt: es liegen dann Körnchen von Gummi oft noch neben unveränderten oder halbumgewandelten Stärkekörnchen in den Zellen. In den Gefässen erscheint das Gummi am häufigsten einseitig nur einer kleinen Stelle der Gefässwand aufsitzend, wie ein flacher bis halbkugeliger Tropfen, oder auch in einer ringsum laufenden Schicht die

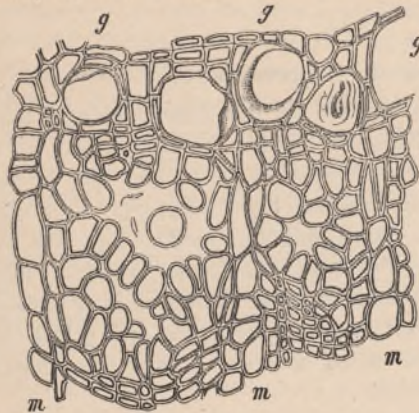
¹⁾ Bot. Zeitg. 1857, pag. 319.

²⁾ Sur la maladie de la gomme etc. Comptes rendus. 1860. pag. 621.

³⁾ Ueber die Desorganisation der Pflanzenzelle etc. Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot. III. pag. 115 ff.

⁴⁾ Ueber die anatom. Bedeutung und die Entstehung d. veget. Schleime. Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot. V. pag. 25 ff.

Wand bekleidend; in vielen Gefässen ist es so stark gequollen und vermehrt, dass es ganz oder fast ganz die Gefässhöhle ausfüllt (Fig. 9, g). PRILLIEUX¹⁾ behauptet, dass dieses Gummi nicht durch Desorganisation der Gefässmembran



(B. 97.)

Fig. 9.

Stück eines Durchschnitte durch das Holz eines Astes bei der Gummikrankheit des Kirschbaumes (*Prunus avium*). ggg Gefässe, die teilweise mit Gummi erfüllt sind. Zwischen den Markstrahlen mmm die Anfänge zweier Gummidrüsen aus einem Gewebe von abnormem Holzparenchym, in dessen Mitte bereits einige Zellen durch Umwandlung in Gummi verschwunden sind und eine gummiführende Höhle sich zu bilden beginnt. 200fach vergrössert.

die ältesten Holzringe ausdehnen; er kann den ganzen Holzkörper ergreifen, wenn der Zweig selbst stark an Gummosis leidet, oder nur einen Theil, z. B. wenn ein Ast, welcher leidlich gesund ist, einen gummikranken Zweig trägt; in seinem Holze zieht sich dann einseitig eine dunklere kranke Partie auf eine gewisse Erstreckung hin. Aber niemals kann das auf diese Weise entstehende Gummi zum Erguss nach aussen kommen, es bleibt stets in den Gefässen und Zellen des Holzes eingeschlossen und wird schliesslich hier nicht weiter vermehrt. Die Cambiumschicht wird dadurch in ihrer Thätigkeit nicht alterirt; sie kann fortfahren, normale Holzringe zu erzeugen, und diese können sogar gesund bleiben.

Häufig aber ist die Gummosis der Gefässe und Holzzellen der Vorbote tiefer eingreifender Veränderungen, welche in den nächstfolgenden Jahren in der Thätigkeit der Cambiumschicht eintreten. Es wird nämlich stellenweise kein normales Holz, sondern kleinere oder grössere lediglich aus abnormem Holzparenchym bestehende Gewebecomplexe gebildet, und aus diesen entstehen sehr bald, indem ihre Zellen sich in Gummi umwandeln (Fig. 9), mit Gummi erfüllte Kanäle (Gummidrüsen). Jede solche Gruppe von Holzparenchymzellen ist von rundem Querschnitt und wird beiderseits meist von Markstrahlen, nach vorn und hinten von normal zusammengesetztem Holzgewebe begrenzt; gewöhnlich liegen sie in einem Jahresring zu mehreren tangential nebeneinander (Fig. 9). Die centralen Zellen dieser Gruppen sind oft grösser als die übrigen. In Folge der vermehrten Zellbildung und des Zellwachstums ragt auch da, wo eben eine solche Gruppe

¹⁾ Comptes rendus. 1874, pag. 1190 ff.

gebildet wird, die Cambiumschicht bogenförmig in den Bast vor. Die Desorganisation in Gummi beginnt im Centrum der Holzparenchymgruppe und schreitet mehr oder weniger weit gegen die Peripherie fort. An der einzelnen Zelle geht aber hier die Gummibildung umgekehrt wie im vorigen Falle in centripetaler Richtung vor sich: zuerst wird die primäre Membran und zuletzt werden die inneren mit den Tüpfeln versehenen Schichten nach und nach von aussen nach innen aufgelöst. Man findet gleichzeitig Zellen in allen Stadien der Umwandlung neben einander. Im letzten Stadium sieht man die Zelle nur noch als dünne innerste Membranschicht mit der ursprünglichen Zellhöhle, eingebettet in der homogenen Gummimasse. Einige der schon im Gummi liegenden Holzparenchymzellen zeigen, solange sie selbst noch nicht angegriffen sind, ein Wachsthum und eine Vermehrung durch Quertheilung, wodurch sie zu kurzen, in die Gummimasse hineinragenden Zellreihen

auswachsen (Fig. 12), die jedoch früher oder später ebenfalls der Desorganisation anheimfallen. Oft entstehen auch in diesen abnormen Holzparenchymzellen Stärkekörner; diese werden dann ebenfalls mit in Gummi umgewandelt. Bisweilen liegen die Complexe von Holzparenchym so nahe nebeneinander, und ihre Gummificirung schreitet so weit fort, dass mehrere Gummidrüsen seitlich zusammenfliessen. Oder das abnorme Gewebe wird gleich in einem längeren Streifen eines Jahresringes angelegt (Fig. 12). In beiden Fällen werden grössere gummiführende Lücken im Holzringe gebildet. Dabei können aber die abnormen Gewebemassen immer noch von normal gebautem Holzgewebe umschlossen sein, d. h. die Cambiumschicht kann nach der Bildung derselben wieder normal Holzfasern und somit eine regelmässige Herbstholzschicht ablagern. Dann bleiben auch diese Gummidrüsen für immer im Holzkörper eingeschlossen und die Holzbildung kann dann im nächsten Jahre auch wieder normal anheben. Gewöhnlich aber kehrt dann die Abnormalität in den folgenden Jahren wieder und zwar in erhöhtem Grade. Die Cambiumschicht erzeugt dann oft bis zum Schlusse der Vegetationsperiode nichts weiter als solches Holzparenchym (Fig. 12), und da dieses nun ebenfalls desorganisirt wird, schreitet die Gummibildung bis in die Cambiumschicht fort. Da dann gewöhnlich schon eine Gummientartung des Bastgewebes besteht, so schliesst sich jene an diese an, und nun kann das in der grossen Gummidruse des Holzes erzeugte Gummi ebenfalls zum Ausfluss nach aussen kommen.

2. Gummibildung im Bast- und Rindengewebe. Der allergrösste Theil des aus den Stämmen hervorquellenden Gummi stammt aus den eben genannten

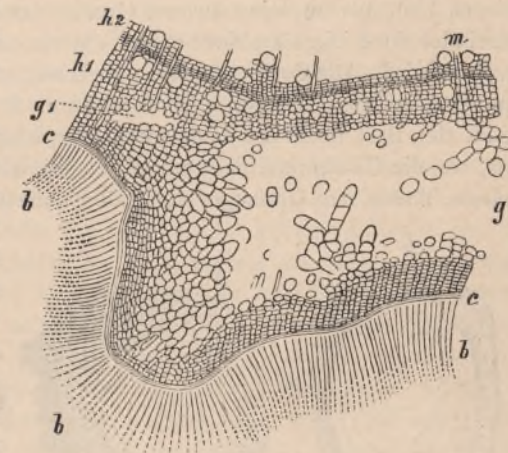


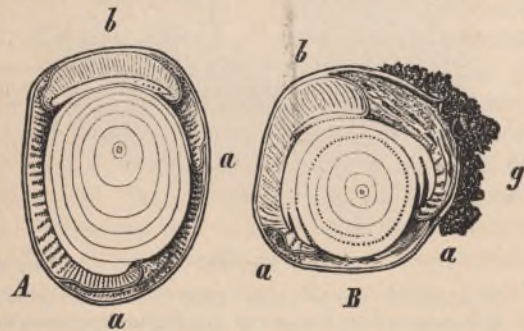
Fig. 12.

(B. 98.)

Durchschnitt durch einen Theil einer sehr grossen Gummidruse im Holze bei der Gummikrankheit des Kirschbaumes. h₁ der Jahresring des letzten Jahres, h₂ Grenze des vorigen Jahresringes. cc Cambiumschicht, nebst dem Holzkörper über der grossen Gummidruse g bogenförmig nach aussen vorstehend, die Desorganisation des Gewebes dort nahezu bis zur Cambiumschicht fortgeschritten. bbb Bast. g₁ eine kleinere Gummidruse im Holze. m Markstrahl.

Gewebe. Es werden hierbei nicht nur die dünnwandigen Zellen, sondern auch die dickwandigen Bastfasern aufgelöst, indem die Membranen allmählich in die allgemeine Gummimasse zerfliessen; nur das Korkgewebe des Periderms bleibt von der Gummosis verschont. Wo Gummiflüsse zum Ergüsse kommen, also besonders in der Nähe von Wunden, da ist immer Bast und Rinde in gewisser Ausdehnung in Gummientartung übergegangen. Aber die letztere kann sich von dort aus auch auf weite Strecken unter dem unversehrten Periderm hinziehen, ohne dass das Gummi daselbst nach aussen zum Durchbruche gelangt. — Ausserdem kommen auch in den äusseren Theilen der Rinde älterer Stämme, nämlich im Periderm oder in der Borke isolirte, scharf umschriebene kleinere Gummidruse von oft linsenförmiger Gestalt vor, welche nach einwärts durch eine Peridermschicht von der gesunden Rinde abgegrenzt werden und häufig nach aussen aufbrechen.

An allen Stellen, wo der Bast in Gummi umgewandelt ist, desgleichen da, wo das Holz bis an seine äussere Grenze derselben Umwandlung unterliegt, verschwindet auch die Cambiumschicht, da sie mit in diese Veränderungen hineingezogen wird. Die Folge davon ist dieselbe, als wenn die Cambiumschicht durch eine Verwundung verloren gegangen wäre: in dieser ganzen Ausdehnung erhält weder der Bast noch das Holz einen Zuwachs. Der Ast erzeugt dann nur noch dort, wo die Cambiumschicht am Leben geblieben ist, was bisweilen nur an einem kleinen Theile des Umfanges der Fall ist, neues Holz. Der Holzkörper erhält auf



(B. 99.)

Fig. 13.

Aeste des Kirschbaumes, die unter Gummosis absterben, im Querschnitte, schwach vergrössert. A noch lebend, B im letzten Stadium des Lebens, wo sich Gummi schon auswendig bei g angesammelt hat. aaaa die Stellen, wo die Cambiumschicht die toten Partien zu überwallen versuchte, jetzt auch getödtet. bb die einzigen Punkte, an denen die Cambiumschicht und Rinde noch nicht durch Gummosis getödtet sind und den letzten Ueberwallungsversuch gemacht haben. Der Holzkörper in B mit zahlreichen, als Punkte erscheinenden Gummidruse, die in Kreisen oder Bogenlinien angeordnet sind.

und Ueberwallung statt, der aber immer mehr zum Nachtheil der letzteren ausfällt und endlich mit der gänzlichen Vernichtung der Cambiumschicht und dem Erlöschen der Lebensthätigkeiten der Aststelle abschliesst. In Fig. 13 sind verschiedene Zustände von Aesten, die unter Gummosis absterben, dargestellt.

Hinsichtlich der Veranlassung der Gummikrankheit finden wir die auffallendste Analogie mit der abnormen Harzbildung, wir treffen sie als eine Begleiterscheinung bei Schwächung der Vegetation, d. h. bei mangelhafter Bildung normaler Organe und Stoffe, also beim allmählichen Erlöschen der Lebensthätigkeiten von Stamm-

theilen, Aesten und Zweigen. Darum sind in erster Linie allerlei Verwundungen Veranlassung zur Gummosis. In den Stumpfen abgebrochener Aeste, in den im Holzkörper des Zweiges steckenden Basaltheilen der Holzbündel abgefallener Blätter und abgestorbener Zweige sind Gefässe und Holzzellen in ungewöhnlicher Menge, oft sämmtlich, von Gummosis ergriffen. In Aesten, deren Zweige grösstentheils abgebrochen oder abgestorben sind, und die nur kümmerlich vegetiren, wird gewöhnlich auch Gummi in besonders reicher Menge gebildet. SORAUER¹⁾ sah an Kirschbäumen, von denen er im Frühjahr sämmtliche Augen entfernt hatte, Gummifluss eintreten. Allen Verletzungen der Rinde durch Quetschung, Reibung, Schälen, sowie den gröberen Verwundungen des Holzes durch Anhauen, Einschneiden, Einschlagen von Nägeln u. dergl., folgt fast unfehlbar Gummifluss an der Wunde; nicht minder häufig ist die Erscheinung an den Ueberwallungsrändern der Holzwunden und ebenso tritt sie oft nach dem Pfropfen ein. Wie bei der abnormen Harzbildung, so können aber auch hier ausser den Wunden noch andere schädliche Einflüsse, sofern sie eine Schwächung oder allmähliches Erlöschen der Lebensthätigkeit verursachen, Gummikrankheit herbeiführen; wie z. B. Beschädigung der Zweige durch Frost oder Kränkeln derselben in Folge von Wurzelkrankheiten wegen ungeeigneten Bodens u. s. w.

Wie die unmittelbare Beobachtung lehrt, entsteht bei der Gummikrankheit durch Umwandlung von Zellmembranen und Stärkekörnern Gummi. WIGAND (l. c.) hält nun dies für die einzige Quelle des Gummi und kommt daher zu der Behauptung, dass durch die Gummikrankheit dem Baume nur feste Membranen, aber keine Säfte entzogen werden, eine Meinung, die von keinem der früheren Schriftsteller getheilt wurde. Ist nun auch dieselbe, der Natur der Sache nach, nicht durch einen exakten Beweis mittelst Maass oder Gewicht zu entkräften, so lässt sich doch, wie ich anderwärts schon hervorgehoben habe²⁾, wenigstens durch Schätzung die gegentheilige Ueberzeugung gewinnen. Es steht nämlich die Masse der verloren gehenden Zellmembranen zurück hinter derjenigen des an ihre Stelle tretenden Gummi. Man braucht nur die an irgend einer Stelle eines Astes auswendig angehäuften oft sehr bedeutende Gummimasse zu vergleichen mit der Ausdehnung der im Innern verflüssigten Gewebecomplexe und zu berücksichtigen, dass der Raum, den die letzteren einnehmen, ebenfalls ganz mit Gummi erfüllt ist, um sofort überzeugt zu sein, dass die aufgelösten Zellmembranen nicht hinreichend waren, um das ganze entstandene Gummi zu erzeugen, besonders wenn man noch bedenkt, dass der Bast, der die Hauptmasse des Gummi liefert, vorwiegend dünne Zellmembranen hat, und dass das Gummi, sowol das an der Stelle der zerstörten Gewebe befindliche, als auch das auswendig hervorgedrungene in der Regel nur wenig weich und gequollen, vielmehr von einer Dichtigkeit sich erweist, welche derjenigen des Zellstoffes kaum nachstehen kann. Ist diese Annahme richtig, so gelangen wir zu dem Schlusse, dass wie beim Harzfluss, so auch bei der Gummikrankheit ausser dem Material an Zellmembranen, welches zur Bildung des Secretes dient, auch ein Quantum von Nahrungsstoffen zu diesem Zwecke verbraucht wird, welches unter normalen Verhältnissen eine andere Verwendung gefunden haben würde. Als übereinstimmend hiermit ist nun auch die Thatsache hervorzuheben, dass gerade in den an Gummikrankheit leidenden Theilen während der Vegetationsruhe sich auffallend

¹⁾ Handbuch der Pflanzenkrankheiten, pag. 192.²⁾ l. c. pag. 31.

wenig Stärkemehl in den Markstrahlen und den Holzparenchymzellen befindet, wo im normalen Zustande solches reichlich abgelagert wird. Es kommt hinzu, dass die Neubildungen, die sonst alljährlich von der Cambiumschicht ausgehen, hier vermindert oder ganz unterdrückt sind, sowie dass an allen mit Gummiflüssen bedeckten Aesten oder am ganzen Baume, wenn das Leiden über ihn verbreitet ist, eine schwächliche Entwicklung, mangelhafte Belaubung und Fruchtbildung, Ueberhandnahme von Zweigdürre unverkennbar ist. Der Vergleich mit dem Harzfluss trifft mithin auch darin zu, dass die abnorme Secretion Hand in Hand geht mit einer verminderten Produktion normaler Bestandtheile der Pflanze. Beide That-sachen stehen wahrscheinlich in innerem Zusammenhange, d. h. was die Gummibildung an neuem Material verzehrt, geht den leidenden Organen für normale Bildung verloren. Es scheint also die durch Verwundung (so wie durch andere schädliche Einflüsse) hervorgerufene Schwächung der Vegetation eine abnorme Verwendung der plastischen Nährstoffe mit sich zu bringen. Auch in der pathologischen Gewebekonstruktion, welche der abnormen Stoffmetamorphose im Holze vorausgeht, bietet die krankhafte Harzbildung Analogie. Der Unterschied liegt hauptsächlich nur darin, dass Gummisecretion an und für sich schon bei den genannten Prunusarten pathologisch ist, auch in beschränkterem Grade normal nicht vorkommt.

Da der Gummifluss nur das Symptom eines anderweiten Leidens ist, so kann ihm nur durch Verhütung des letzteren vorgebeugt werden, also besonders dadurch, dass der Baum sich in einem für seine Ernährung hinreichenden und für das Leben der Wurzeln zuträglichen Boden befindet, und dass er möglichst vor Verwundung behütet wird. Um den Gummifluss zu heilen, müssen die besonders stark leidenden Aeste bis auf das gesunde Holz zurückgeschnitten werden. Auch empfiehlt man das sogen. Schröpfen (Längseinschnitte durch den Rindenkörper). PRILLIEUX (l. c.) bestätigt den Erfolg dieser letzteren Methode; die kränkelnden Aeste raffen sich darnach zur Bildung neuer kräftiger Triebe auf; es scheint durch die Einschnitte auf die Nahrungsstoffe ein stärkerer Zug geübt und diese zu normaler Verwendung gebracht, also den Gummiherden entzogen zu werden. Wenn ungeeignete Bodenbeschaffenheiten die Veranlassung zur Schwächung des Baumes gegeben haben, kann Umsetzen in anderen Boden die Gummikrankheit beseitigen.

Gummi wird auch bisweilen an den Früchten gewisser Amygdalaceen, besonders an den Pflaumen erzeugt. Dasselbe entsteht zwischen dem Stein und dem Fruchtfleisch und zwar nach WIGAND¹⁾ ebenfalls unter Desorganisation von Zellgewebe, nämlich der Zellen des Fruchtfleisches, die hier ebenfalls in allen Stadien der Umwandlung angetroffen werden. Das Gummi tritt auch hier an die Oberfläche hervor. Die Ursachen sind hier vielleicht auch Verwundungen; doch scheint darüber noch nichts beobachtet worden zu sein.

Von den Gummikrankheiten anderer Pflanzen stimmt, soweit sie bis jetzt untersucht sind, wie ich gezeigt habe²⁾, mit derjenigen des Steinobstes die von *Elaeagnus canadensis* in jeder Beziehung überein, sowol hinsichtlich der Umwandlung von Gefäss- und Holzzellmembranen in Gummi und der Bildung eines gleichen in Gummi übergehenden abnormen Holzparenchyms, als auch hinsichtlich der Gummificirung des Bastes und des Ausflusses des Gummi nach aussen.

Der Gummifluss der *Acacia*-Arten, welcher das arabische Gummi und das Senegalgummi liefert, ist jedenfalls eine pathologische Erscheinung, die sich den vorher-

¹⁾ l. c. pag. 142.

²⁾ l. c. pag. 33.

gehenden wahrscheinlich innig anschliesst. Diese Gummiarten kommen als tropfenförmige Ausscheidungen auf den Stämmen von *Acacia vera*, *senegal* und zahlreichen anderen Arten vor. Dass sie kein normales Vorkommniß sind, geht aus den Berichten der Reisenden hervor¹⁾, nach denen diese Bäume in gewissen Gegenden gar kein Gummi liefern. An 4 Centim. dicken Stammstücken von *Acacia vera* kann ich keine Spur von Gummi finden. In der Handelswaare kommen nicht selten vollständige Rinde- und Borkestücken vor, welche auf ihrer Innenseite mit dicken Gummimassen besetzt sind, und auch in ihrem Innern in tangentialen Spalten zwischen Borkenschuppen Gummi enthalten, welches man stellenweis deutlich durch die Risse der Borke nach aussen dringen sieht. WIGAND²⁾, welcher solche Stücke untersuchte, hat bereits ermittelt, dass auch hier eine Gewebedesorganisation vorliegt, indem man darin noch das Gewebe der Bastfasern in den verschiedenen Stadien der Umwandlung in Gummi antrifft.

Auch die Entstehung des Traganthgummi, welches aus den etwa zolldicken Stämmen mehrerer orientalischer *Astragalus*-Arten ausgeschwitzt wird, muss wol hier angereicht werden. Nach der Untersuchung H. v. MOHL's³⁾ entsteht dasselbe durch Umwandlung der Zellen des Markes und der Markstrahlen. Diese Zellen bekommen, wenn sie ihre Umwandlung beginnen, dickere Membranen, welche deutlich geschichtet sind und bei Benetzung mit Wasser gallertartig erweichen. Weiter umgewandelte Zellen schwellen im Wasser noch mehr auf und trennen sich von einander los. Die quellende Membran nimmt dann durch Verschwinden der Schichtung ein homogenes Aussehen an, und dieser Prozess geht in jeder Zelle von aussen nach innen vor sich. Ueber die Veranlassung dieser Ausscheidung sind wir durchaus ungenügend unterrichtet. Das, was durch die Reisenden bekannt geworden ist, hat H. v. MOHL (l. c.) zusammengestellt. Daraus scheint hervorzugehen, dass dabei Verwundungen eine grosse Rolle spielen. Auf dem Berge Ida in Creta und in Griechenland wird Traganth von *Astragalus creticus*, LAM., und *A. aristatus*, L'HERIT., auf dem Libanon von *A. gummifer*, LABILL., in Persien von *A. verus*, OLIV., abgesondert; und zwar sollen sowol auf dem Ida wie in Persien die Verwundungen durch die Tritte des Viehs und der Schäfer Veranlassung zum Austreten des Gummi geben, und in der Gegend von Bitlis sei es Sitte, zu diesem Zwecke Einschnitte in die Pflanze zu machen. Nach den übereinstimmenden Berichten quillt der Traganth in der heissen Jahreszeit, im Juli, August und September, aus der Pflanze. Als begünstigender Umstand wird auch die Feuchtigkeit der Gegend und der Witterung genannt.

3. Mannafluss.

Die officinelle Manna, welche in Calabrien und Sicilien von der Mannaesche (*Fraxinus Ornus*) gewonnen wird, fliesst von selbst aus den Bäumen aus und muss nach dem, was darüber bekannt ist, ebenfalls als ein in Folge von Verwundung erzeugtes pathologisches Produkt betrachtet werden. Nach den von MEYER⁴⁾ zusammengestellten Angaben sind die Verwundungen, nach denen sie abgeschieden wird, theils absichtlich angebrachte Einschnitte, theils Insektenstiche, besonders der Mannacade. Man lässt die Bäumchen etwa 8 Jahr alt werden und schält dann einen 3 Centim. breiten und 60 Centim. langen Rindenstreifen ab, worauf ein rasch zu Manna erstarrender Saft ausfliesst. Derselbe Baum wird 10 bis 12 Jahre lang benutzt, indem man ihn jedes Jahr anschneidet. Darnach aber ist er erschöpft und wird gefällt. Bei uns zeigt die Mannaesche diese Secretion sehr selten. Ausserdem liefert auch die Tamariske des Sinaigebirges (*Tamarix gallica* var. *mannifera*) in Folge des Stiches einer Schildlaus Manna. Bei beiden Pflanzen ist über die Entstehung der Manna nichts bekannt.

¹⁾ Vergl. NEESS v. ESENBECK, Handbuch der medic.-pharm. Botanik. III. pag. 192.

²⁾ l. c. pag. 143.

³⁾ Botanische Zeitung 1857, pag. 33 ff.

⁴⁾ Pflanzenpathologie, pag. 226 ff.

B. Wundenheilung.

Es ist eine im Pflanzenreiche allgemein gültige Thatsache, dass die Wunden der Pflanzen von der Natur selbst geheilt werden oder dass dies wenigstens durch einen natürlichen Prozess versucht wird. Sehr oft wirken äussere Umstände, welche die im folgenden Kapitel zu besprechenden Zersetzungserscheinungen der Wunden herbeiführen, diesem Prozess entgegen oder vereiteln ihn vollständig. Von diesen ist hier zunächst abzusehen.

Das Wesen der Sache anlangend, ist hervorzuheben, dass die Heilung von zweierlei Art sein kann. Es findet entweder eine wirkliche Regeneration des Defectes, ein Wiederersatz statt, oder wenn dies nicht der Fall ist, eine blosse Vernarbung, d. h. ein Verschluss der Wunde mit einer je nach Fällen verschiedenen Neubildung, welche die darunterliegenden Theile auf die Dauer gegen schädliche äussere Einflüsse schützt und vor Absterben und Zerstörung bewahrt.

Dass eine verwundete Zelle sich wieder heilt, ist ein sehr seltenes Vorkommnis, denn in der Regel ist ein Durchschneiden der Zelle von rasch tödtlichem Einfluss auf das ganze Protoplasma derselben. Davon scheinen nur die grossen einzelligen Pflanzen eine Ausnahme zu machen, wie *Vaucheria*, über deren Heilung HANSTEIN¹⁾ Beobachtungen mitgetheilt hat. An der langen schlauchförmigen Zelle dieser Pflanze wird nur der an die Wundstelle (Einschnitt, Quetschung u. drgl.) unmittelbar angrenzende Theil des Protoplasmas getödtet, und das dahinter liegende unzerstörte Protoplasma zieht sich rasch zusammen und sucht seine Wundränder wieder an einander zu fügen, indem sie sich in einer nach aussen gewölbten Krümmung vereinigen, gleichsam hinter dem Schutz der Trümmer des getödteten Theiles. Hierauf wird die Heilung dadurch vollendet, dass sich ein neues Zellhautstück ausscheidet, welches seitlich an die alte Zellmembran angefügt wird. Daher rühren die Scheidewände, die man bisweilen in dem typisch einzelligen Schlauch der *Vaucheria* antrifft. Neben dieser Stelle kann nun der Schlauch auswachsen und sich verlängern. Die Chlorophyllkörner ziehen sich gleich nach der Verwundung von dort ebenfalls zurück und begeben sich erst nach der Heilung wieder in die normale Lage an der neuen Zellwand.

Bei Wunden vielzelliger Pflanzen sind in der Regel zahlreiche Zellen, nämlich alle der Wundfläche unmittelbar angrenzenden, verletzt. Doch kommt es auch vor, z. B. beim Abschälen der Rinde einer dicotylen Holzpflanze, besonders im Frühling, wo das Cambium leicht sich löst, dass oft die meisten Zellen unversehrt auseinanderweichen. Die Zellen, welche in diesen Fällen wirklich verletzt werden, sterben wol ausnahmslos ab, ihre zusammengefallenen, unansehnlich gewordenen Ueberreste haften auf der Wundfläche. Es giebt Pflanzentheile, bei denen an der Wunde keine weitere Veränderung, als die eben bezeichnete, eintritt; man sieht diejenigen Zellen, welche unmittelbar unter den in Folge der Verletzung abgestorbenen Zellen der Wundstelle liegen, unverändert sich am Leben erhalten. Dieses Verhältniss kommt vielleicht nur bei ganz einfach organisirten Pflanzen vor, besonders bei Thallophyten, auch wol an Farnprothallien, Moosblättern etc., wo man sehr oft Wundstellen findet, welche das Gesagte bestätigen. Nichts desto weniger kann bei diesen Pflanzen von den lebendig gebliebenen Zellen

¹⁾ Ueber die Lebensfähigkeit der *Vaucheria*-zelle etc. Niederrheinische Gesellsch. f. Natur- u. Heilkunde in Bonn. 4. Nov. 1872. Cit. in Bot. Zeitg. 1873, pag. 697.

aus in gewissem Grade ein Wiederersatz des Verlustes eintreten, wie aus den Beobachtungen K. MÜLLER's¹⁾ an Moosen, besonders an *Bryum Billardieri* hervorgeht. Die Blätter desselben waren in verschiedenartiger Weise, wahrscheinlich durch ein Thier verletzt worden, und wie sie auch zerrissen sein mochten, immer war wieder eine Ergänzung der Blattfläche eingetreten durch Zellen, welche von den normalen durch etwas grössere Weite und meist regelmässig sechsseitige Gestalt (die normalen sind rautenförmig-sechseckig) sich unterschieden. In diesem Vorgange würden wir entsprechend dem einfachen Zellenbau dieser Organe auch die einfachste Form einer Regeneration erkennen müssen, insofern die Zellen des verwundeten Organes direkt Zellen erzeugen, die ihnen ungefähr gleichartig sind.

Bei allen complicirter gebauten Pflanzen besteht die Heilung darin, dass an der Wundstelle ein eigenthümliches Zellgewebe gebildet wird, welches nicht mit den Zellen übereinstimmt, aus deren Vermehrung es hervorgeht. Diese Neubildung, welche ihren Sitz in den der Wundstelle zunächst gelegenen lebendig gebliebenen Zellen hat, kann zweierlei Art sein: sie besteht entweder in der Bildung einer Korkschicht, des sogen. Wundkorkes, oder in der Bildung von Callus. Beide Prozesse stimmen darin überein, dass in Zellen, die schon in Dauergewebe übergegangen waren, von neuem Zelltheilung eintritt, also ein Meristem gebildet wird. Bei der Wundkorkbildung verwandelt sich dieses unmittelbar in eine Schicht von Korkzellen, womit hier die Heilung ihr Ende erreicht. Unter Callus dagegen muss ganz im Allgemeinen jedes Zellgewebe verstanden werden, welches durch ein wirkliches Hervorwachsen der an die Wundfläche angrenzenden und in Meristem übergehenden Gewebepartien entsteht, daher oft wegen dieses eigenthümlichen Wachsthumes seiner Zellen morphologisch abweichend sich verhält und zunächst noch keinen bestimmten Gewebecharakter hat; erst weiterhin tritt in demselben ein solcher hervor, und zwar je nach den Fällen in verschiedener Weise: die Zellen des Callus können sich entweder unmittelbar in ein chemisch dem Kork gleiches Gewebe verwandeln, und darin liegt eine Annäherung an den Wundkork, oder aber es können aus ihm mehrere differente Gewebe ihren Ursprung nehmen, durch welche diejenigen Gewebe regenerirt werden, die bei der Verwundung verloren gegangen sind.

Ob die Heilung durch Wundkork oder durch Callus erfolgt, und welche weitere Ausbildung der letztere annimmt, das hängt nicht von dem morphologischen Charakter des verwundeten Pflanzentheiles ab, auch können sowohl Wundkork wie Callus von sehr verschiedenartigen Geweben erzeugt werden, und ein gleichnamiges Gewebe bildet in dem einen Pflanzentheile Kork, in dem anderen Callus. In allen diesen Beziehungen lassen sich keine allgemeinen Regeln geben, sondern muss auf die einzelnen Fälle verwiesen werden.

I. Die Heilung durch Wundkork.

Kork ist bekanntlich ein im normalen Aufbau der Pflanzen sehr häufig verwendetes Gewebe, welches immer die Rolle eines Hautgewebes spielt und wegen der chemischen und physikalischen Eigenschaften seiner (verkorkten) Zellmembranen die darunterliegenden Gewebe vor übermässiger Verdunstung und vor zersetzenden äusseren Einflüssen schützt. Der Verschluss einer Wundfläche durch eine Schicht von Kork hat daher für die verwundeten Gewebe den eben bezeichneten Erfolg und somit im vollsten Sinne des Wortes die Bedeutung einer Heilung.

¹⁾ Zur Kenntniss der Reorganisation im Pflanzenreiche. Bot. Zeitg. 1856, pag. 200.

Bildung von Wundkork ist die gewöhnlichste Heilung bei krautartigen und parenchymreichen Pflanzentheilen; also bei fleischigen Wurzeln und Knollen, bei den meisten Kräuterstengeln und Blattstielen, zum Theil wol auch an Blattflächen, wiewol an diesen häufig Callus gebildet wird; endlich heilen Succulenten wie die Cacteenstengel, die Blätter der Crassulaceen etc. gewöhnlich durch Kork. Der Vorgang besteht darin, dass während eine oberflächliche Schicht von Zellen der Wundfläche, die durch die Verletzung selbst getroffen und getödtet sind, vertrocknen, die diesen zunächst liegenden lebenden Zellen wiederholt durch Scheidewände sich theilen, welche sämmtlich der Wundfläche parallel orientirt sind. So bildet sich der Wundfläche folgend eine Schicht theilungsfähigen Zellgewebes, ein Meristem, dessen Zellen in der Richtung der Wundfläche ebenso breit wie ihre Mutterzellen, in radialer (zur Wunde rechtwinkliger Richtung) aber schmal, mehr oder weniger tafelförmig und in dieser Richtung reihenweis geordnet sind. Diese Zellen enthalten Protoplasma und haben sehr dünne Membranen. In allen diesen Beziehungen gleicht dieses Meristem jedem normalen Korkmeristem, und in der That geht auch aus ihm unmittelbar der Wundkork hervor. Die nach aussen gelegenen Zellen dieses Meristems verwandeln sich nämlich in echte Korkzellen, indem ihre Membranen verkorken, und der Zellinhalt allmählich mit Luft vertauscht wird, womit zugleich die Fähigkeit der Zelltheilung verloren geht. Dagegen behalten die innersten Zellen des Meristems ihre Beschaffenheit und Theilungsfähigkeit bei. Der Wundkork stellt nun eine Schicht von Korkgewebe dar, an dessen Innenseite ein thätiges Meristem sich befindet, welches für die stete Erneuerung des Korkes von Innen her sorgt. Die Wunde ist nun mit Kork bedeckt, wodurch sie eine graue oder bräunliche, sich trocken anfühlende Beschaffenheit erhält. Die beschriebenen Veränderungen finden auf der ganzen Ausdehnung der Wundfläche statt, und das Wichtigste ist, dass sie sich ringsum an das Hautgewebe des nicht verletzten Theiles ansetzen, wodurch der Pflanzentheil sein Hautgewebe wieder vervollständigt. Ist das alte Hautgewebe eine Korkschicht, so setzt sich der Wundkork am Rande an diese an, derart dass das Meristem dieses in dasjenige der Korkschicht sich fortsetzt; ist die Haut des Pflanzentheiles eine Epidermis oder eine durch Sclerenchym verstärkte Epidermis, so setzt sich der Wundkork unmittelbar an diese Gewebe an. Es ist begreiflich, wie unter solchen Umständen jede Wundfläche, und sei sie noch so gross, durch Wundkork verheilen kann. Kartoffelknollen, die mitten durchgeschnitten sind, können, wenn sie vor zu raschem Austrocknen geschützt sind, auf ihrer ganzen Schnittfläche wieder eine Korkschale bilden. Jedoch ist immer die Bildung von Wundkork an gewisse Bedingungen geknüpft. Starke Trockenheit kann sie verhindern, nämlich wenn die Wundfläche im Verhältniss zum Volumen des Pflanzentheiles gross ist, weil dann der letztere zu leicht vertrocknet. Andererseits ist auch übermässige Feuchtigkeit der Wundkorkbildung hinderlich, weil sie tief eingreifende Zersetzungserscheinungen (s. unten) bedingt, und zwar auch schon an den kleinsten Wunden, weshalb doch im Allgemeinen trockene Luft der Wundheilung durch Kork viel günstiger ist, als grössere Feuchtigkeit.

II. Die Heilung durch Callus.

Callus bedeutet ursprünglich in der Gärtnersprache den Wulst, mit dem sich die Schnittfläche der Stecklinge überzieht. Der hierbei stattfindende Zellenbildungsprozess stimmt aber im Wesentlichen überein mit demjenigen bei der

Heilung von Wunden an vielen anderen Pflanzentheilen, so dass wir alle diese Heilungsprozesse hier zusammenfassen und die Bezeichnung Callus auf sie alle ausdehnen müssen. Das Wesen der Callusbildung besteht allgemein darin, dass die zunächst unter der Wunde gelegenen lebendigen Zellen gegen die Wundfläche vorwachsen, indem die nach dieser Seite gekehrten Zellwände sich in dieser Richtung vorwölben und zu Papillen oder kurzen Schläuchen auswachsen, meistens unter Zelltheilungen, doch auch ohne solche.

Der Callusbildung fähig sind sowol alle Arten Meristemzellen als auch die schon in Dauergewebe übergegangenen Parenchymzellen, wie Mark-, Rinde- und Mesophyllzellen, unfähig nur Holz-, Sclerenchym-, Korkzellen u. drgl. Es wird daher im günstigsten Falle, d. h. wenn kein der Callusbildung unfähiges Gewebe an der Wunde liegt, die letztere auf ihrer ganzen Fläche mit einem neuen bildungsfähigen Gewebe bedeckt. Dieser Callus bildet sich entweder nur zu einem neuen Hautgewebe aus oder wird zur Bildungsstätte neuer differenten Gewebe, welche den Verlust wieder vollständig ersetzen. Wo aber eine einigermaßen grössere Fläche der Wunde aus einem der Callusbildung unfähigen Gewebe, z. B. aus dem nackten Holzkörper besteht, da tritt der unten näher zu besprechende Prozess der Ueberwallung ein.

1. **Verkorkender Callus als Wundendecke.** Die einfachste Form der Heilung durch Vermittlung von Callus ist diejenige, wo der auf der Wundfläche gebildete Callus bald zu

wachsen aufhört und seine Zellmembranen eine chemische Veränderung erleiden, in Folge deren sie sich wie eine Cuticula oder wie Kork verhalten. Ein solcher Callus stellt sich dann anatomisch wie functionell als ein neugebildetes Hautgewebe dar, welches an den Wundrändern an das ursprüngliche (gewöhnlich Epidermis) sich anschliessend, die entblössten inneren Theile wieder vollständig bedeckt.

Dieser Heilungsprozess stellt sich besonders an den Wunden dünnerer Blätter ein. Je nach dem anatomischen Bau des Blattes und je nach der Art der Wunde mögen

hierin wieder mancherlei Modificationen auftreten. Ich habe sie vergleichend untersucht an Blättern von typischem Monokotyledonenbau und an solchen von dem gewöhnlichen Bau der dicotyledonen Landpflanzen. Bei jenen handelte es sich um die Heilung von Stich- und Schnittwunden an Blättern, zu denen ich die Blätter von *Leucojum vernum* benutzte. Den Erfolg

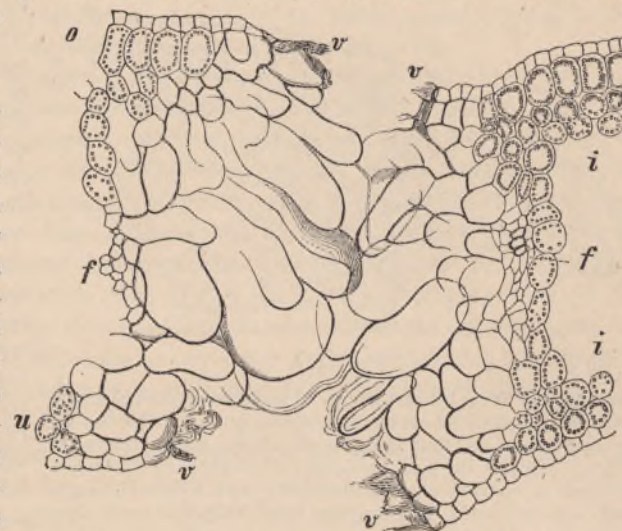
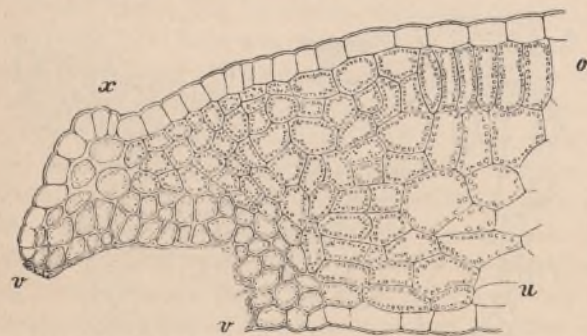


Fig. 14.

(B. 100.)

Heilung einer Schnittwunde im Blatte von *Leucojum vernum* durch Callus. Querschnitt des Blattes. vvvv die Wundstellen mit abgestorbenen Geweberesten. Die Wunde war durch den zwischen den beiden Gewebelamellen ff liegenden Luftraum gegangen. Dieser ganz mit verkorkten, chlorophyllosen Calluszellen ausgefüllt. ii der angrenzende unversehrte Luftraum, der an seinen Rändern die Zellen unverändert zeigt, die in dem durchgeschnittenen Mesophyll und Luftraum zu Calluszellen geworden sind. o Ober-, u Unterseite des Blattes. 100fach vergr.

zeigt Fig. 14. Die Wunden gehen hier immer durch die Lufträume hindurch. Man sieht bei v und v die Wunde in der Epidermis und dem Mesophyll mit den an den Wundrändern haftenden Resten der abgestorbenen verletzten Zellen. Der anfänglich hohle Luftraum zwischen f und f ist jetzt ausgefüllt mit Callus, welcher entstanden ist durch schlauchförmiges Auswachsen und ungemessene Vergrößerung nicht bloß der unmittelbar hinter den verletzten Stellen des Mesophylls (hinter v) gelegenen Zellen, sondern auch sämtlicher Zellen, welche die beiden Gewebelamellen an den dem geöffneten Luftraum angrenzenden Seiten bekleiden, und gerade dieser vorwiegend, wiewol diese Lamellen direkt gar nicht verletzt waren, ein Zeichen wie weit sich die Reaction der Wunde im Gewebe fortpflanzen kann. Von beiden Seiten sind die schlauchförmigen Calluszellen bis zur Berührung gegen einander gewachsen; eine Zelltheilung ist nicht oder vielleicht nur sehr unbedeutend in ihnen eingetreten. Da sämtliche an den Luftraum angrenzenden Zellen zu Callus auswachsen und die Schläuche zum Theil an ihren Enden noch weiter anschwellen, so begreift sich, dass der ganze Luftraum, den die Wunde geöffnet hatte, verstopft, nämlich ganz ausgefüllt ist, und die Callusschläuche sich gegeneinanderpressen und theilweis regellos verschieben; es verwachsen sogar die aufeinander treffenden Calluszellen miteinander, wie aus der Figur und besonders daraus hervorgeht, dass die beiden Hälften der durch diese Stelle geführten dünnen Schnitte nicht auseinanderfallen. Die zu Callus gewordenen Zellen haben ihren Inhalt verloren, sie führen nur wässerigen Saft oder Luft; auch ihre Membranen haben ein verändertes Aussehen angenommen, welches an Kork erinnert; in der That bleibt bei Zusatz von concentrirter Schwefelsäure, in welcher sich das ganze normale Gewebe bis auf die höchst dünne Cuticula auflöst, der ganze Callus ungelöst. — Von Dicotyledonen untersuchte ich die Heilung der Wundränder der durch Insektenfrass durchlöchernten Blatt-



(B. 101.)

Fig. 15.

Heilung der Wundränder durch Insektenfrass durchlöcherter Blätter von *Cornus sanguinea*. Querschnitt des Blattes. vv der quer durch das Blatt gehende Wundrand mit Resten tochter Zellen. Dahinter der neu gebildete Calluswulst, der besonders zwischen x und v unter Betheiligung der Epidermis stark entwickelt und unter Theilung der Mesophyllzellen nach allen Richtungen entstanden ist. Am rechten Rande zeigt das Mesophyll seine normale Gewebeform; o die Ober-, u die Unterseite des Blattes. 200fach vergrößert.

flächen. An dergleichen Blättern von *Cornus sanguinea* bemerkte man besonders an der Oberseite an allen Löchern am Wundrande ringsum eine Vernarbung durch ein neugebildetes Gewebe, welches durch seine nicht grüne Farbe, höchstens leichte Röthung, von der angrenzenden, alten grünen Blattmasse ziemlich deutlich sich unterschied und durch welches die Weite des Loches etwas verkleinert, sehr kleine Löcher fast verschlossen wurden. Hier und bei vielen andern Pflanzen bildet sich hinter dem Vernarbungsrande ein gerötheter Saum, indem die Zellsäfte der angrenzenden Zellen, Epidermis und z. Th. Mesophyll, sich in der gewöhnlichen Weise durch einen rothen Farbstoff färben. Fig. 15 zeigt die stattgehabten Veränderungen an einem Durchschnitte des Randes der Wunde, welche hier mitten durch Mesophyll ohne Berührung eines Blattnerven gegangen war. Die Strecke von v bis v ist die Wundfläche, bedeckt mit einigen Ueberresten des organisirter Zellen. In dem Theile von x an erkennt man die nach der Verwundung gebildete Calluswulst, und es ist sofort deutlich, dass hier auch die Epidermis sich daran theiligt hat; das zwischen x und v liegende Stück Epidermis ist neugebildet, und zwar augenscheinlich dadurch, dass die der Wunde angrenzenden unverletzten Epidermiszellen wie gewöhnlich durch Wände rechtwinklig zur Oberfläche sich getheilt haben. Auch an der Unterseite ist es deutlich, dass die hinter v liegenden Epidermiszellen etwas, wiewol weniger lebhaft, durch radiale Wände getheilt worden sind. In demselben Maasse ist auch das zwischen den beiden

Epidermen liegende Mesophyll an der Callusbildung theiligt. Es hat also auch hier ein Vorwachsen der Mesophyllzellen rechtwinklig zur Wundfläche stattgefunden, jedoch zugleich unter lebhafter Zelltheilung in verschiedenen Richtungen, so dass der Callus hier in einer erheblich anderen Form, nämlich als kleinzelliges parenchymatöses Gewebe erscheint. Dasselbe ist wiederum in der ganzen Wundfläche durch etwas dickere Membranen und durch einen verminderten farblosen Zelleninhalt ausgezeichnet. Auch hier zeigte es die Reaction des Korkes. Es fällt auf, dass noch weit von der Wundfläche aus rückwärts im Mesophyll die Folge der Verwundung in regeiler Zelltheilung ihren Ausdruck gefunden hat, wodurch der normale Bau des Mesophylls, wie er bei o und u hervortritt, ganz verwischt ist. — Ein abermals anderer Typus in der Bildung verkorkenden Callus, noch mehr an eigentlichen Kork erinnernd, wird von WALDENBURG¹⁾ beschrieben, bei dessen Versuchen es sich um Stichwunden in Stengeln krautartiger Pflanzen handelte. An Kartoffelstengeln hatten die unter einer dünnen Schicht zerstörten Gewebes zunächst an die Wunde angrenzenden Parenchymzellen sich bedeutend nach der Wundfläche hin verlängert, ihre Membranen stärker verdickt und durch eine grössere Anzahl paralleler dünnerer Scheidewände rechtwinklig zu jener Ausdehnungsrichtung sich getheilt, so dass das Ganze das Bild eines Korkgewebes zeigte. Bei Gurken und Kürbissen, scheint der Erfolg mehr dem oben an den Blättern von *Cornus sanguinea* erzielten entsprochen zu haben, indem die gegen die Wundfläche hin wuchernden Calluszellen durch Theilung nach verschiedenen Richtungen hin ein kleinzelliges unregelmässiges Gewebe gebildet hatten. An ebenso verwundeten Bohnenstengeln blieb Rinde- und Markparenchym unthätig, und der Callus bildete sich nur aus dem Cambium. Quetschwunden, mittelst einer Pincette an der Peripherie derselben Pflanzenstengel hervorgebracht, heilten nach WALDENBURG unter starker Wucherung von Callus aus den lebendig gebliebenen Parenchymzellen unter den durch den Druck getödteten Zellen, so dass sich eine aus festem Gewebe bestehende Anschwellung am Stengel bildete.

2. Callus an Stecklingen. Die Heilung der Schnittfläche der Stecklinge durch Callus findet besonders bei den Holzpflanzen statt. Derselbe kann nach KRÜGER's²⁾ und den noch genaueren und ausgedehnteren Untersuchungen STOLL's³⁾ durch verschiedene Gewebe der Schnittfläche erzeugt werden, und es sind von dieser Fähigkeit nur die eigentlichen Holzzellen, die Bastfasern und die Epidermiszellen ausgenommen, und überall ist es das Cambium, welches dieses Wachstum hauptsächlich zeigt und zuerst damit beginnt; bisweilen geht auch diese Thätigkeit vom Cambium allein aus. Jedes der zur Callusbildung beitragenden verschiedenen Gewebe zeigt dieselbe Veränderung: Die Querscheidewände der der Schnittfläche zunächst liegenden unversehrten Zellen wölben sich vor, strecken sich weiter in die Länge und theilen sich wiederholt durch Querwände. In den durchschnittenen Gefässen bilden sich die unter dem Namen Thyllen bekannten zelligen Ausfüllungen; diese Zellen können durch ihr Wachsthum aus den angeschnittenen Gefässen herausquellen und ebenfalls an der Callusbildung Theil nehmen. In Folge der später auch in anderen Richtungen eintretenden Zelltheilungen dehnt sich der Callus weiter über die Schnittfläche aus. Nun tritt in ihm eine Gewebedifferenzirung ein, die in den meisten Fällen und in der Hauptsache beschränkt ist auf die Herstellung eines korkbildenden Meristems etwa 2—3 Zellschichten unterhalb der Oberfläche, wodurch ein Verschluss durch Kork geschaffen wird. Eine ganz ähnliche Callusbildung fand MAGNUS⁴⁾ an Blattstecklingen von *Hyacinthus orientalis*. In einem Falle, bei *Hibiscus reginae*, beobachtete STOLL eine später eintretende noch weiter gehende Differenzirung

¹⁾ Krankheiten des Pflanzengewebes in Folge von Reizungen etc. Archiv. f. pathol. Anat. XXVII. pag. 145. Taf. V.

²⁾ Ueber die Bildung des Callus bei Stecklingen. Bot. Zeitg. 1874 Nr. 46 ff.

³⁾ Bot. Zeitg. 1860. pag. 369.

⁴⁾ Bot. Ver. der Prov. Brandenburg, 30. Mai 1873.

im Callus: es bildet sich ein Meristem, welches von der Cambiumschicht der Schnittfläche aus unter dem Holz und dem Mark sich hinzieht; dasselbe stellt eine neue Cambiumschicht dar, welche nach Jahresfrist nach oben Holzelemente mit Markstrahlen, nach unten Bastelemente absondert, so dass an der Schnittfläche eine Kappe entsteht, deren einzelne Gewebe mit den gleichnamigen des Stecklinges zusammenhängen. Die Nebenwurzeln, die der Steckling treibt, entspringen nie in, sondern dicht über dem Callus.

3. Regeneration des Vegetationspunktes aus Callus. An den Wurzeln der Angiospermen tritt nach PRANTL¹⁾ wenn die Wurzelspitze dicht hinter dem Scheitel abgeschnitten worden ist, eine vollständige Regeneration des Vegetationspunktes ein, durch den die Wurzel wieder weiter zu wachsen fähig wird. Es bildet sich zunächst aus allen Zellen der Schnittfläche in der gewöhnlichen Weise ein Callus, der die Form einer Kugelschale hat, weil das Wachsthum der Zellen von der Epidermis nach dem centralen Fibrovasalkörper hin zunimmt. In diesem Callus differenzirt sich eine neue Epidermis, indem von aussen beginnend in jeder Zellreihe eine Zelle in der für die Epidermis charakteristischen Weise sich ausbildet und von nun an durch radiale Wände sich theilt. Die neue Epidermis stammt sonach aus allen einzelnen Geweben des alten Wurzelkörpers. Der ausserhalb der neuen Epidermis liegende Theil des Callus fungirt als Wurzelhaube. Die Regeneration des Vegetationspunktes erreicht nun ihre Vollständigkeit dadurch, dass die unter der neuen Epidermis liegenden Zellen durch Theilungen sich vermehren, so dass nun Rinde und Fibrovasalkörper aus ihren gleichnamigen Geweben ebenfalls regenerirt werden.

Wenn die Wurzelspitze etwas weiter hinter dem Scheitel abgeschnitten wird, so wächst nur aus dem Procambium des Fibrovasalkörpers ein fortbildungsfähiger Callus hervor, in welchem sich dann der neue Vegetationspunkt constituirt; das übrige Gewebe der Schnittfläche bildet nur unbedeutend Callus. Durch dieselben Prozesse findet auch bei längsgespaltene Wurzeln Heilung statt, indem beide Längshälften zu je einer neuen vollständigen Wurzelspitze werden. Wenn endlich der Querschnitt noch weiter hinter dem Scheitel geführt ist, so entsteht nur aus der Rinde ein Callus, der die Wunde überzieht und in Dauergewebe übergeht, und es tritt überhaupt keine Regeneration ein.

An einem jungen Köpfchen von *Helianthus annuus*, dessen breite Achse am Scheitel verletzt worden war und dort aufgehört hatte, weiter zu wachsen, fand SACHS²⁾, dass sich in einer Zone unterhalb dieser Stelle gleichsam ein ringförmiger Vegetationspunkt constituirt hatte, an welchem neue Deckblätter und Blüten angelegt wurden, die nun aber an dem darüberliegenden Scheitel in der Richtung von oben nach unten entstanden, so dass die Deckblätter nun auch in entgegengesetzter Weise oberhalb ihrer zugehörigen Blüten standen.

4. Regeneration von Cambium, Rinde, Bast und Holz aus Callus auf der Wundfläche. Wenn Stämme oder Wurzeln an ihren weiter ausgebildeten Theilen Wunden bekommen, welche bis in das System der Fibrovasalbündel gehen, so tritt zunächst wieder die gewöhnliche Bildung eines Callus ein; in letzterem aber constituirt sich nun ein neues Cambium, durch welches die verlorengegangenen Theile des Fibrovasalbündelsystems regenerirt werden. An

¹⁾ Untersuchungen über die Regeneration des Vegetationspunktes an Angiospermenwurzeln in SACHS Arbeiten des bot. Inst. Würzburg. Heft IV.

²⁾ Lehrbuch d. Botanik. 4. Aufl. pag. 174, Fig. 126.

unter der Spitze gespaltenen Stengeln krautartiger und holziger Pflanzen sah KNY¹⁾ die Schnittflächen sich mit Callus bedecken. In einer mehrere Zellschichten unter der Oberfläche desselben liegenden Zone wurden die Theilungen besonders lebhaft; es constituirte sich ein Cambium, welches sich beiderseits dem Cambium der alten Fibrovasalstränge anfügte und nun ebenfalls Bast- und Holzelemente erzeugte, so dass der Kreis der Fibrovasalstränge in jeder Hälfte sich wieder schloss. Die freie Seite der Calluswülste hatte eine Korkschicht gebildet. Dieselbe Regeneration beobachtete MAGNUS²⁾ an der Schälwunde einer Möhrenwurzel.

Ganz ähnlich geschieht die Regeneration der Rinde auf dem entrindeten Holze bei Schälwunden der Holzpflanzen. Bedingung derselben ist, dass die Zellen der Cambiumschicht lebendig auf dem Holze erhalten bleiben. Geschieht das Abschälen ohne besondere Vorsichtsmaassregeln, so werden dieselben zerstört und es tritt auf der entblösten Fläche des Holzes keinerlei Regeneration ein, die Heilung geschieht von den Wundrändern aus durch Ueberwallung (s. unten). Besonders leicht gelingt der Versuch zur Frühjahrszeit, weil dann die Cambiumzellen sich leichter unversehrt trennen. Jeder mechanische Eingriff, schon ein Abwischen oder Berühren mit dem Finger kann die entblösten Cambiumzellen tödten, ebenso zu starke Austrocknung. Durch Bedecken mit Glas, Bleifolie u. dgl. kann letzteres verhütet werden, und schon ältere Physiologen wussten, dass man dadurch die Regeneration der Rinde erzielen kann³⁾. Der Erfolg besteht darin, dass auf der Wundblösse Granulationen sich bilden, welche aus Callus bestehen, nach und nach zusammenfliessen und endlich zu neuer Rinde und neuem Cambium werden. Während man früher glaubte, dass diese Neubildungen nur von den Endigungen der Markstrahlen ausgehen⁴⁾, hat zuerst TRECUL⁵⁾ gezeigt, und nach ihm Andere, wie C. KOCH⁶⁾, SORAUER⁷⁾ und STOLL⁸⁾ bestätigt, dass die Regeneration von dem gesammten Cambium ausgeht. Es entsteht durch Quertheilung der stehengebliebenen Cambiumzellen ein parenchymatisches Gewebe (Fig. 16). Dieses nimmt an Dicke nicht unbedeutend zu; es wachsen nämlich alle äusseren Zellen desselben in radialer Richtung schlauchartig vor und theilen sich dabei durch tangential stehende Längsscheidewände. Die Anordnung der Zellen des Callus stellt daher ziemlich regelmässige radiale Zellenreihen vor, welche die Fortsetzungen derjenigen der Elementarorgane des alten Holzes sind. Darin liegt der Grund, dass das aus dem Callus neu sich bildende Holz hinsichtlich der Anordnung der Holzzellen und der Markstrahlen mit dem alten Holze, dem es sich auflagert, correspondirt. Aus TRECUL's Darstellung scheint hervorzugehen, dass entweder die innersten, dem alten Holze unmittelbar angrenzenden Zellen des Callus oder eine weiter nach aussen liegende Zellschicht desselben die Beschaffenheit eines Cambiums

¹⁾ Sitzungsber. d. Gesellsch. naturf. Freunde zu Berlin, 19. Juni 1877.

²⁾ Sitzungsber. des bot. Ver. d. Prov. Brandenburg, 28. März 1879.

³⁾ Vergl. DUHAMEL, Physique des arbres, II. pag. 42. und TREVIRANUS, Physiol. d. Gew., II. pag. 222.

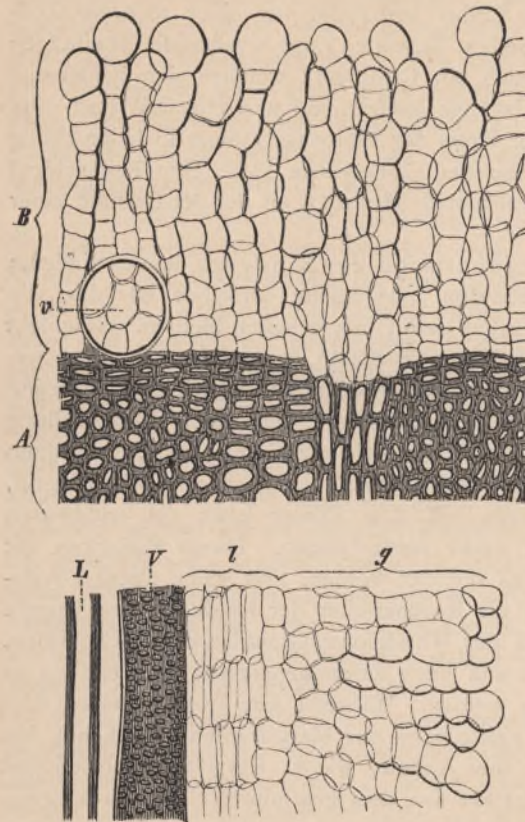
⁴⁾ Vergl. MEYER, Pflanzenpathologie, pag. 15 ff.; TH. HARTIG, Bot. Zeitg. 1863. pag. 286.

⁵⁾ Reproduction du bois et de l'écorce. Annal. des. sc. natur. 3. sér. T. XIX. 1853. pag. 157 ff.

⁶⁾ Wochenschr. f. Gärtnerei u. Pflanzenkunde. 1872. No. 31.

⁷⁾ Handbuch d. Pflanzenkrankheiten, pag. 160.

⁸⁾ Bot. Zeitg. 1874, pag. 796.



(B. 102.)

Fig. 16.

Regeneration der Rinde an einer Schälwunde des Holzkörpers von Robinia, im ersten Stadium nach der Verwundung, die Bildung von Callus aus Cambium zeigend. A Querschnitt durch die jüngste Holzschicht, aus Holzzellen und einem Markstrahl bestehend. B die in radialen Reihen liegenden neugebildeten Calluszellen, die sowohl aus den vor den Holzzellen, wie aus den vor dem Markstrahl stehenden Cambiumzellen hervorgegangen sind. v ein vor der Verwundung gebildetes und stehen gebliebenes grosses Gefäss. Darunter der radiale Längsschnitt durch eine solche Stelle. L Holz-
zellen, V ein Gefäss, I Cambiumzellen durch Quertheilung zu Parenchymzellen geworden; g die aus diesen hervorgegangenen eigentlichen Calluszellen. Nach TRECU.

sie ebenfalls auf ihrer Innenseite Holz und Rinde reproduciren, was nach TRECU's Untersuchungen wiederum durch die an der Innenseite stehen gebliebenen Cambiumzellen veranlasst wird.

III. Die Heilung der Holzwunden durch Ueberwallung.

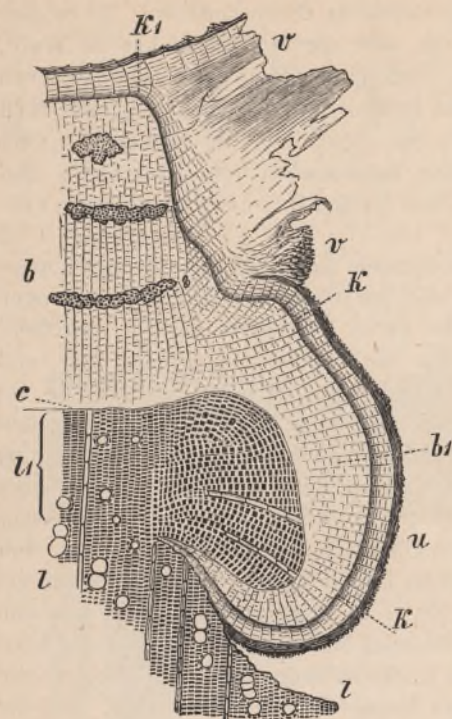
Ueberall, wo der Holzkörper selbst verwundet ist oder wo nach Abschälen oder Abnagen der Rinde die Cambiumschicht zerstört ist, findet auf dem entblössten Holzkörper keinerlei Neubildung statt. Auch hier geht die zur Heilung führende Reproduction nur von der lebendigen Cambiumschicht aus; diese befindet sich hier rings um den Rand der Wunde, weil jede bis aufs Holz gehende

annimmt, d. h. in der Theilung durch tangential Längswände andauernd fortfährt, während die von dieser Schicht aus einwärts liegenden Zellen wenigstens theilweis den Charakter von Holzzellen, Gefässzellen und Markstrahlen, die nach auswärts liegenden die Eigenschaften des Bastgewebes annehmen. Zugleich constituirt sich nahe der Oberfläche des Callus ein Korkmeristem, welches die Korkschicht der neuen Rinde erzeugt. Wiewol sämtliche Cambiumzellen der Erzeugung von Callus fähig sind, so zeigen doch TRECU's Untersuchungen, dass in manchen Fällen den an den Enden der Markstrahlen stehenden Zellen hierbei der grösste Antheil zukommt, was auch nicht Wunder nehmen kann, da die Markstrahlen jedenfalls vorwiegend die zur Bildung des Callus bestimmten Nährstoffe zuführen. Man sieht oft die von den Markstrahlen ausgehenden Zellen des Callus reichlich vermehrt, förmliche Büschel von Schläuchen oder Zellreihen darstellen, die sich nach den Seiten hin weiter ausbreiten; daraus erklärt sich die Meinung älterer Beobachter, dass die Regeneration von den Markstrahlen allein ausgehe.

Wenn Rindelappen vom Stamme abgelöst, aber an einer Seite noch mit der unversehrten Rinde zusammenhängen, so können

Verletzung nothwendig Rinde, Bast und Cambium durchschneidet. Es wächst nun allmählich von den Wundrändern aus über die Holzblösse hin ein Wulst, welcher nach aussen aus Rinde und Bast, innerlich aus Holz besteht und zwischen beiden Theilen eine neue Cambiumschicht besitzt, durch deren Bildungsthätigkeit die Wülste sich immer mehr ausbreiten bis sie endlich die Wundfläche ganz verdeckt haben. Diese Erscheinung, die ausnahmslos bei allen Laub- und Nadelhölzern stattfinden kann, ist unter dem Namen Ueberwallung oder Verwallung bekannt.

Die erste Veränderung, welche am Wundrande die Bildung des Ueberwallungswulstes einleitet, ist nichts anderes als die gewöhnliche Heilung der Wunden parenchymatischer und cambialer Gewebe durch Verschluss mittelst Wundkork und Callus. Am Rande jeder Holzblösse sind nothwendig Rinde, Bast und Cambium verletzt, und diese schmalen Wundstellen verheilen zuerst. Die am Wundrande liegenden Cambiumzellen und innersten jüngsten Weichbastzellen theilen sich durch Quer- und Längswände und bilden so einen aus isodiametrischen Zellen bestehenden Callus. Im ganzen übrigen Bast- und Rindengewebe aber differenzirt sich nahe der Wunde ein korkbildendes Meristem, welches sich einerseits an das normale Korkmeristem unter der Oberfläche des Stammes ansetzt, von da parallel der Rindenwunde hinzieht und bis in den von der Cambiumschicht gebildeten Callus sich erstreckt (Fig. 17, kk₁). In letzterem differenzirt sich nun ebenfalls nahe der Oberfläche ein korkbildendes Meristem, als unmittelbare Fortsetzung jenes. Die oberflächliche, normale Korkschicht des Baumes, das sogenannte Periderm, wendet sich also hier in einem Bogen nach der Holzblösse. An der Aussenseite desselben haften die den anfänglichen Wundrand bildenden Gewebepartien der Rinde und des Periderms, welche durch die neue Korkschicht abgeschnitten sind und vertrocknen (Fig. 17, vv). Die innersten Zellen des Callus, welche mit den ursprünglichen Cambiumzellen in Berührung stehen, nehmen nun ebenfalls den Charakter eines Cambiums an. Die Theilungswände desselben orientiren sich so, dass sie der neugebildeten Korkschicht ungefähr parallel stehen. Es lenkt also auch die Cambiumschicht nach der Wunde hin um. Aus dieser Orientirung des Korkmeristems und des Cambiums am Wundrande folgt nothwendig, dass die von nun an aus diesen Meristemen erzeugten Zellgewebsmassen als ein Wulst über die Holzblösse hinwuchern. Derjenige Theil des anfänglich gebildeten Callus, welcher zwischen dessen Korkmeristem und dessen Cambium übrig bleibt, nimmt die Beschaffenheit von Rinde an, die nun durch die anhebende Thätigkeit des Calluscambiums weiter erstarkt. Ebenso bildet nun auch das Calluscambium Holz. Da die Theilungswände desselben zur Oberfläche des Ueberwallungswulstes tangential stehen, so liegen auch die hier gebildeten Holzzellen in radialen Reihen (vergl. Fig. 17). An Querschnitten, sowohl an den oberen wie an den unteren, stehen diese Zellreihen des Ueberwallungsholzes zur Stammachse radial, in ungefähr gleicher Richtung wie die über oder unter ihnen stehenden des alten Holzes. An Längswundrändern dagegen divergiren sie, denn hier bilden sich die der Wunde benachbarten radial zur Stammoberfläche fort, während die nach der Holzblösse plötzlich umgelenkte neue Cambiumschicht die Holz Zellreihen in Richtungen ablegt, die zu ihr nahezu rechtwinkelig stehen, so dass dieselben hier in ungefähr einem Viertelkreisbogen divergiren (vergl. Fig. 17). — Die Zusammensetzung jedes zuerst aus dem Callus hervorgehenden Holzgewebes ist, wie zuerst von TRECU, später auch von DE VRIES beobachtet wurde, eine abnorme; dieses Wundholz ist von dem vor der Verwundung vor-



(B. 103.)

Fig. 17.

Anfang der Ueberwallung einer Flachwunde eines mehrjährigen Astes von *Acer campestre*. Querschnitt durch den Ast. 11 das alte Holz am Wundrande (rechts die Holzblösse). 1, das nach der Verwundung gebildete Holz. u der während dieser Zeit entstandene Anfang des Ueberwallungswulstes. c die Cambiumschicht, die sich in den Ueberwallungswulst fortsetzt. b Bast. b₁ Bast der Ueberwallung. kk das Korkmeristem der Ueberwallung, welches bis an dasjenige des Astes sich fortsetzt, und dieses bei k₁ erreicht. vv Wundstelle und abgestorbene Gewebtheile des Bastes ausserhalb der neuen Korkschicht. 60fach vergrössert.

die von ihnen abstammenden Holzzellen in gleichem Maasse länger werden. Nach einiger Zeit ist das Ueberwallungsholz normal, und auch die Jahresringe, die hier bogenförmig, der Oberfläche des Wulstes parallel laufen, sind deutlich ausgeprägt.

Ausser im Ueberwallungswulste findet aber bei Querwunden, nicht bei Längswunden, auch bis in eine gewisse Entfernung von denselben Bildung von Wundholz statt. Es beruht dies darauf, dass die Quertheilung der Cambiumzellen, die als nächste Folge der Verwundung eintritt, vom Wundrande aus rückwärts sich weiter erstreckt, was an ähnliche Erscheinungen bei der Bildung des Callus bei anderen Pflanzentheilen erinnert. So hat DE VRIES z. B. am oberen Wundrande einer Ringelwunde von *Caragana arborescens* bis in eine Entfernung von 2 Centim. über der Wunde, in Spuren sogar noch bis 7 Centim. die Abweichung im Baue des im ersten Jahre nach der Verwundung erzeugten Holzes gefunden. Unmittelbar über dem Wundrande wird kurzzelliges paren-

handenen normalen Holz scharf abgegrenzt; die dann folgenden Holzschichten werden dem normalen Holze um so ähnlicher, je später nach der Verwundung sie entstehen, bis zuletzt wieder normales Holz gebildet wird. Dieser Satz gilt zunächst für alles aus Callus hervorgehende Ueberwallungsholz sowol an Quer-, wie an Längswunden. Da der Callus durch Quertheilungen der Cambiumzellen entsteht, und seine Zellen daher isodiametrisch sind, so haben auch die ersten daraus hervorgehenden Holzzellen ungefähr diese Gestalt. Ausserdem treten aber auch schon anfänglich in diesem Wundholze ähnlich wie im normalen Holze Gefässe in Gruppen stehend auf; es sind das aber nur enge, nicht normal weite Gefässe, und sie bestehen aus ebenfalls kurzen Gefässzellen. Aber bald folgen Holzzellen, die etwas länger sind und anfangen sich zuzuspitzen, während andere ihre rundliche polyëdrische Form behalten und zu den Anfängen der Markstrahlen werden. So folgt auf die faserfreie Periode bald eine durch Holzfasern ausgezeichnete. Die Zahl der letzteren wird dann immer grösser, so dass die Gefässzellen, das Holzparenchym und die Markstrahlen auf das normale Verhältniss zurückgedrängt werden. Zugleich nehmen die Zellen der neuen Cambiumschicht durch wirkliches Längenwachsthum allmählich wieder grössere Länge an, so dass mithin auch

chymatisches Wundholz mit eng- und kurzzelligen Gefässsträngen gebildet, ganz gleich demjenigen, welches aus dem Callus entsteht, und in welches dieses unmittelbar übergeht. Mit zunehmender Entfernung von der Wunde vermindert sich die Quertheilung der Cambiumzellen, so dass endlich nur zwei- und einmal getheilte gefunden werden, und im Einklange damit nimmt die Abnormität des Holzes stufenweis mit der Entfernung von der Wunde ab. Auch hier kehrt mit der Zeit die Holzbildung zur Norm zurück. Bei Längswunden, die der Achse parallel sind, tritt dagegen seitlich der Wunde keine Quertheilung der Cambiumzellen und kein abnormer Bau des Holzes auf. Schiefe Wunden, zu denen auch die Spiralwunden gehören, verhalten sich nach DE VRIES in dieser Beziehung wie Querwunden: stets erstreckt sich das Wundholz soweit wie die Projection der Wunde auf demselben Querschnitt, was besonders bei kurzen schiefstehenden Wunden hervortritt, indem hier seitlich derselben kein Wundholz gebildet wird.

Der Ueberwallungswulst breitet sich in Folge seines jährlichen Wachstums allmählich über die Wundfläche aus, immer mit convexen Rändern, die meistens wegen des an jedem Punkte unabhängig von der Nachbarschaft stattfindenden Wachstumes keine regelmässige Grenzlinie bilden, sondern oft mehr oder weniger wellenförmig oder gekerbt sind. Die Ueberwallungen bieten daher ganz das Bild einer zähflüssigen Masse, welche sich langsam über eine Fläche hin ergossen hat. Wenn die Verwallungswülste ungestört sich fortentwickeln, so überziehen sie endlich die Wundblösse ganz, indem sie an irgend einem Punkte derselben zusammentreffen. Sie vereinigen sich dann wirklich mit einander, indem ihre Cambiumschichten sich an einander schliessen, so dass der Stamm von diesem Zeitpunkte an wieder eine complete, ringsum gehendes Cambium besitzt. Eine Verwachsung des Holzes der Wundfläche mit der Ueberwallung findet aber nicht statt, letztere liegt demselben nur mechanisch an, und man findet beim Durchsägen des Holzes zu jeder späteren Zeit die Grenze zwischen beiden scharf markirt.

Die Ueberwallung zeigt je nach den Orten, an denen sie stattfindet, und je nach Form und Grösse der Wundfläche mancherlei Verschiedenheiten. Ein einfacher, bis ins Holz gehender Einschnitt, wie er bei dem im Obstbau üblichen Schröpfen gemacht wird, füllt sich nach DE VRIES (l. c.) mit Callus aus, in welchem die oben beschriebene Regeneration von Rinde stattfindet; wenn aber die Schnittländer vertrocknen, so schliesst sich die Wunde durch Ueberwallungen von beiden Seiten aus. Die in Form von Zeichen und Inschriften gemachten Einschnitte werden ebenfalls durch die Ueberwallung eingeschlossen, wobei sich diese in die Vertiefungen des Einschnittes einsenkt und auf ihrer Innenseite die Figur des Einschnittes in erhabener Form annimmt¹⁾. Ebenso werden auch fremde Körper, welche zufällig in das Bereich der Holzlagen gerathen, in den Stämmen durch Ueberwallung eingeschlossen. Als solche hat man gefunden²⁾: Früchte (Eicheln, Haselnüsse), Steine, Münzen, Hörner, Knochen, Kreuze, Kettenglieder, Theile von Gartenzäunen etc.

Die Aststumpfe haben, sobald sie abgestorben sind, für den Stamm die Bedeutung von Wunden, weil die lebendige Cambiumschicht des Stammes sich nicht mehr auf den Ast fortsetzt, sondern hier unterbrochen ist. Es bildet sich eine Ueberwallung, welche den Aststumpf endlich einzuschliessen sucht. Ein organischer Zusammenhang der Ueberwallung mit den toten Aststumpfen tritt ebenfalls nicht ein, daher fallen die letzteren beim Zersägen als sogenannte tode oder ausfallende Aeste heraus und lassen die bekannten Astlöcher zurück. Wenn

¹⁾ Vergl. GÖPPERT, Ueber Inschriften und Zeichen in lebenden Bäumen. Breslau 1869, und Ueber die Folgen äusserer Verletzungen der Bäume. Breslau 1873, pag. 1—3.

²⁾ GÖPPERT, Folgen äusserer Verletzungen, pag. 3. und MOQUIN-TANDON, Pflanzen-Teratologie, pag. 273.

dagegen, wie es nach R. HARTIG¹⁾ häufig vorkommt, die Basis eines abgestorbenen Astes lebendig bleibt, so gehen, da sich die thätige Cambiumschicht auf die Astbasis fortsetzt, auch die neuen Holzlagen auf diese über und verdicken ihn ebenfalls. Hier ist also das Einwachsen des Aststumpfes eine organische Verwachsung. Der Baum schützt auf diese Weise gleichsam sein Inneres vor toten Aesten. Am raschesten erfolgt die Ueberwallung, wenn der Ast hart am Stamme abgesägt worden ist. Die Ueberwallungswülste dringen von den seitlichen Rändern der Wunde her am raschesten vor und treffen endlich in der Mitte zusammen. Dieses mag seinen Grund wol darin haben, dass an den beiden seitlichen Rändern der Wunde wegen des Fehlens der Rinde der Druck auf das Cambium vermindert ist, während am oberen und unteren Wundrande der Rindendruck fortbesteht, weil hier die Rinde noch als ein ununterbrochenes Band um den Stamm sich herumzieht. Auch übt wol die anfangs noch dünne Rinde des Ueberwallungswulstes ebenfalls einen geringeren Druck als die alte, starke Borke. Wie schon erwähnt bleibt im Holze jede einmalige Wundblösse auch nach Bedeckung mit Ueberwallung dauernd an einer Linie bemerkbar, die auf dem Querschnitte zum Vorschein kommt. Ebenso bleiben die convexen Linien der Jahresringe der Ueberwallungen im Holzkörper unverändert kenntlich. Dies gilt besonders von den Schälwunden, deren Jahr und Grösse man darnach auf dem Querschnitte genau ermitteln kann. Ueberwallung kann bedeckt von alter Rinde, eintreten, wo das Cambium an einer Stelle abgestorben ist, ohne dass die darüber liegende Rinde zerstört ist, wie bei Borkenkäferfrass (Fig. 8) und bei der Gummikrankheit (Fig. 11). — Am schwersten heilen die in radialer Richtung in den Holzkörper eindringenden Spaltwunden, weil so tiefe Spalten durch Ueberwallungsmasse nicht ausgefüllt werden können. Hierher gehören die Frostspalten (s. unter Temperatur), bei denen der Heilungsprozess noch dadurch erschwert wird, dass dieselben bei Frost immer wieder aufspringen. Die Ueberwallungen der beiden Wundränder berühren sich nur als nach aussen convexe Wülste, und da sich nach dem Aufspringen die nächste Jahresschicht wieder mit nach aussen gerichteter Convexität über die frühere legt, u. s. f., so bilden sich, so lange der Verschluss nicht gelingt, leistenartige Hervorragungen, sogenannte Frostleisten, die in der Mitte von der Spalte durchgezogen sind. Bei Spaltwunden, die von grosser Breite sind, z. B. an ausgefaulten Stellen, haben die von den Rändern entspringenden Ueberwallungen genügend Raum, um sich als völlig halbrunde Wülste auszubilden. Da diese nun allseitig berindet sind, so ist es auch die Holzdecke, zu der sie endlich über der Höhlung zusammenschliessen. Und diese kann nun auch durch ihre innere Cambiumschicht jahrelang nach einwärts fortwachsen, so dass sich traubenförmige Holzwülste bilden, welche den Hohlraum theilweis ausfüllen. Ähnliches zeigt sich bei den hohlen Bäumen. Wenn die Höhle eines solchen Stammes sich nach aussen geöffnet hat, der Stamm der Länge nach sich spaltet oder vom Sturm in mehrere Theile zerrissen wird, so kann jedes Stück, dafern es noch gesundes Holz hat und mit Wurzeln in Verbindung steht, fortleben, und es bildet sich an den Rändern eine Ueberwallung, durch welche nach und nach auch die Innenseite des hohlen Baumes, wenigstens stellenweis sich berindet und die einzelnen Theile gleichsam wie besondere Stämme sich ringsum verdicken. An alten hohlen Linden ist diese Bildung bisweilen zu finden. An solchen Ueberwallungen können sich Adventivknospen oder Adventivwurzeln bilden. Der Baum treibt in solchem Falle Aeste und Wurzeln in die Höhlung seines eigenen Stammes. Die Bildung derartiger Luftwurzeln ist in hohlen Weiden nicht selten; ferner ist sie beobachtet worden an Linden, Birken, Ebereschen, Rosskastanien.

Von den Querswundrändern zeigt sich gewöhnlich der obere entweder allein oder stärker als der untere überwallt. Am bekanntesten ist dieser Erfolg beim Ringelschnitt. Auch bei spiraligen Wunden spricht sich dasselbe Verhältniss aus; solche Stämme bekommen einen spiralig verlaufenden Holzwulst, der vom oberen Wundrande ausgeht. Wenn zwischen zwei Baumstämmen Bänke oder ähnliche Gegenstände angebracht sind, die bis ins Holz eingesetzt sind, so breiten sich die Ueberwallungen auf der oberen Fläche dieser Körper aus.

Verwachsung von Stämmen, Zweigen und Wurzeln mit einander. Ebenso wie fremde leblose Körper in das Bereich des Dickenwachstums eines Stammes kommen, dadurch denselben verwunden und dann von diesem über-

¹⁾ Zersetzungserscheinungen des Holzes. Berlin 1878, pag. 68, 133, Taf. XIX. Fig. 2.

wallt werden können, ist dies auch zwischen Baumstämmen, Zweigen und Wurzeln, die durch ihre Nähe zusammengerathen, möglich, und die endliche Folge ist eine feste Verwachsung dieser Theile. Sie findet je nach der Stellung des letzteren bald der Länge nach, bald in schiefer Richtung, bald rechtwinkelig statt, wenn beide Theile sich kreuzen. So lange die Organe von ihrer Rinde bedeckt sind, drücken sie sich wol in einander ein; aber eine organische Verwachsung findet erst statt, wenn in Folge der gegenseitigen Reibung und des Druckes die Rinde sich soweit vermindert hat, dass die beiderseitigen Cambiumschichten zur Vereinigung kommen. Da die Berührung meist nicht an allen Punkten gleichmässig erfolgt, so bleiben an der Contactfläche auch noch Rindentheile vertrocknet stehen und werden eingeschlossen. Auch kann die Cambiumschicht an denjenigen Stellen, wo die beiderseitigen Holzkörper einander gerade gegenüberstehen, wegen Raummangel sich nicht weiter entwickeln und stirbt dasselbst ab. Daher ist die Grenze zwischen den beiden Holzkörpern später gewöhnlich an einigen Resten alten Gewebes noch zu erkennen. Eine fortbildungsfähige Verwachsung findet aber da statt, wo an den Rändern der Contactfläche die beiden Cambiumschichten aufeinandertreffen. Hier vereinigen sie sich zu einer Schicht, welche nun die beiden Holzkörper zusammen umgiebt. Von nun an legt sich jährlich um beide ein gemeinsamer Holzring, der wegen des Winkels, den beide Stämme an der Seite ihrer Contactfläche bilden, daselbst eine Einbuchtung macht, die aber von Jahr zu Jahr sich mehr ausgleicht. Nach langer Zeit ist aus beiden ein Stamm mit kreisförmigen, einfachen äusseren Jahresringen geworden; auf dem Durchschnitte zeigt er seinen Ursprung aus zweien an den beiden eingeschachtelten Holzkörpern mit je besonderen Markcentren und Jahresringen. Es ist hiernach erklärlich warum Stämme mit starker Borkebildung weniger leicht verwachsen als glattrindige. Bemerkenswerth ist der Einfluss der natürlichen Verwandtschaft. Nach GÖPPERT's¹⁾ bestimmter Behauptung gegenüber den mancherlei gegentheiligen Angaben²⁾, die er als Täuschungen bezeichnet, findet zwischen Stämmen verschiedener Pflanzenfamilien keine Verwachsung statt und eben so wenig zwischen Stämmen zweier verschiedener Arten, mit alleiniger Ausnahme der Fichte und Tanne. Gelegenheit zu Verwachsungen von Stämmen und Aesten ist besonders in dichten Hecken und Lauben gegeben; ferner verwachsen junge Baumstämmen, welche dicht beisammen stehen, im Laufe der Zeit nicht selten miteinander; zwischen Baumwurzeln im Boden finden die häufigsten Verwachsungen und zwar in allen möglichen Richtungen statt.

Auch die Verwachsung zwischen dem Auge oder dem Pfropfreis und dem Wildling ist ein Heilungsprozess, bei welchem die Cambiumschichten der beiden Theile mit einander in Berührung gebracht werden und sich darnach in organische Continuität setzen, was dann weiter zur nothwendigen Folge hat, dass auch die dann sich bildenden Holz- und Bast-schichten beider Theile im Zusammenhange stehen, somit der Impfling wie ein Zweig des Wildlings sich verhält.

Die hierbei stattfindenden Vorgänge sind von GÖPPERT³⁾ und von SORAUER⁴⁾ untersucht worden. Beim Oculiren und Pfropfen in die Rinde wird auf dem entblösten Holzkörper

¹⁾ Ueber innere Vorgänge bei dem Veredeln. Cassel 1874, pag. 15.

²⁾ Vergl. auch die Aufzählungen bei MOQUIN-TANDON, Pflanzen-Teratologie, pag. 268—279.

³⁾ l. c. pag. 2 ff., sowie bereits in der Schrift über das Ueberwallen der Tannenstöcke. Bonn 1841, pag. 21.

⁴⁾ Bot. Ztg. 1875, pag. 202.

derselbe Vorgang eingeleitet, wie bei der Neuberindung von Schälwunden, vorausgesetzt, dass bei der Operation nicht die Cambiumschicht zerstört worden ist. Es entwickelt sich aus dieser ein parenchymatisches Gewebe. Dasselbe geschieht auch in den Winkeln der abgehobenen Rindelappen und auf der Innenseite dieser. Dieses Gewebe verholzt und besteht dann aus dickwandigen, getüpfelten, unregelmässig polyëdrischen Zellen, etwa von der Grösse der Markstrahlzellen und gleich diesen mit Stärkemehl versehen. Dieses intermediäre Gewebe GÖPPERT's, oder Kittgewebe SORAUER's füllt die Zwischenräume zwischen den abgehobenen Rindenlappen und zwischen dem Holze des Wildlings und des Edelreises aus und stellt die dauernde Verbindungsschicht zwischen beiden dar. Das Cambium des Edelreises bildet an den Rändern seiner Schnittfläche normale Ueberwallungserscheinungen, und Rinde, Cambium und Holz der Ueberwallung setzen sich nun mit den gleichnamigen Geweben des Rindelappens in Verbindung. Denn der letztere enthält eine thätig gebliebene cambiale Schicht als Fortsetzung des Cambiumringes von dem unverletzten Theile des Wildlings; dieselbe erzeugt nach der Bildung des intermediären Gewebes wieder normal gebautes Holz. Auf diese Weise wird wieder ein geschlossener Cambiumring um den ganzen Stamm sammt Edelreis hergestellt. Ueber der Veredelungsstelle schneidet man den Wildling ab. Diese Schnittfläche verheilt durch Ueberwallung, die sowohl vom Wildling wie vom erstarkenden Edelreis ausgeht. Bei der Copulation erfolgt die Heilung der sich genau deckenden beiderseitigen Wundflächen durch Ueberwallungen, die mit einander verschmelzen. Das Gleiche gilt vom Pfropfen in den Spalt. In diesen beiden Fällen drängt sich die Ueberwallung, anfänglich in Form von intermediärem Gewebe in den Spalt der Wundflächen ein, ohne jedoch mit diesen zu verwachsen; dasselbe vertrocknet später und ist noch in den ältesten Stämmen in Gestalt einer schwarzen Linie wahrzunehmen. An der Vereinigungsstelle von Edelreis und Wildling erleiden die Cambiumschichten bei allen Veredelungsarten eine leichte Biegung, die sich den nächstfolgenden Holzlagen mittheilt und sich durch den ganzen Stamm fortsetzt. In älteren Stämmen erscheinen auch Pfropfreis und Wildling durch eine ungleiche Färbung geschieden. Dieser inneren Demarkationslinie entspricht auch eine äussere, welche genau in der Richtung jener auf der Aussenseite der vereinigten Stämme sich befindet und durch abweichende Rindebildung, sowie auch wol durch verschiedene Stärke der beiden Stämme sich kenntlich macht; denn die letzteren behalten mit ihren übrigen Eigenthümlichkeiten auch die verschiedene, ihnen eigene Wachstumsintensität bei.

Maserbildung. Jedes Holz, dessen Fasern nicht den gewöhnlichen geradlinigen und parallelen, sondern einen unregelmässig gebogenen oder verschlungenen Verlauf haben, ist in der Holzindustrie unter dem Namen Maser, Wimmer oder Flader bekannt und geschätzt. Diese Bildung ist jedenfalls eine abnorme Erscheinung und somit Gegenstand der Pathologie. Abgesehen von einzelnen Fällen, in denen Parasiten die Ursache solcher Bildungen zu sein scheinen, lässt sich bei der Mehrzahl derselben kein parasitischer Einfluss nachweisen; sie stehen vielmehr in einer nahen Beziehung zu den nach Verwundungen eintretenden Ueberwallungen.

Die neueren Schriftsteller sind ziemlich einstimmig der Ansicht, dass die Maserbildung an und für sich nichts weiter als die unmittelbare Folge der Anwesenheit zahlreicher Adventivknospen ist. Mit aller Bestimmtheit hat dies zuerst MEYEN¹⁾ ausgesprochen; die gleiche Ansicht vertritt GÖPPERT²⁾, und SCHACHT³⁾ sieht wenigstens vorzugsweise in der Bildung vieler Nebenknospen die Veranlassung. Thatsache ist, dass Maserholz vorzüglich dort entsteht, wo Adventivknospen in Menge sich gebildet haben. Letztere treten, wie oben schon erwähnt, besonders bei Laubbäumen nach Verwundungen auf, wie bei der Bildung der Stockausschläge, bei der Zucht der Kopfhölzer, nach dem Kappen grosser Aeste, nach dem

¹⁾ Pflanzenpathologie, pag. 86 ff.

²⁾ Ueber die Folgen äusserer Verletzungen der Bäume, pag. 11, und über Maserbildung. Breslau 1870.

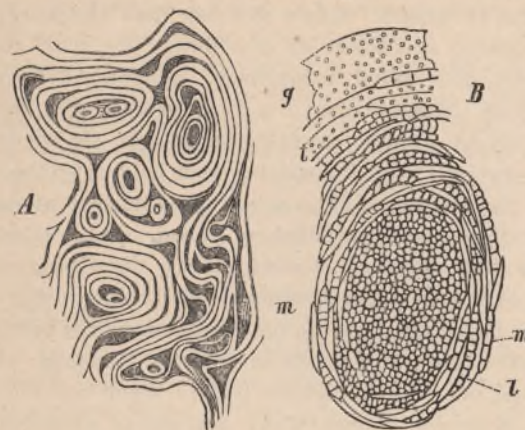
³⁾ Lehrbuch d. Anatomie u. Physiol. der Gewächse II. pag. 67, und der Baum, pag. 219.

Pfropfen, sowie nach Verletzung der Rinde, besonders nach Ringelung und oft in grosser Menge an kräftigen Ueberwallungswülsten. Die Adventivknospen entstehen in der Cambiumschicht; ihre Holzbündel setzen sich mit dem Holzkörper in Verbindung, und wenn die Knospe auswächst, so durchbricht sie Bast und Rinde, ihre Basis aber bleibt mit dem Splint verwachsen. Solche Adventivknospen haben in der Regel kein langes Leben, und je grösser die Zahl ist, in der sie an einer Stelle gebildet werden, desto früher pflegen sie wieder abzusterben; einzelne treiben ein kurzes Zweiglein, welches aber bald zu wachsen aufhört und wieder vertrocknet, die meisten sterben schon als Knospen wieder ab. Die Ueberreste bleiben als kleine holzige Stiftchen stehen. Jeder bildet also eine im Durchschnitte runde oder elliptische Unterbrechung der Cambiumschicht ebenso wie im grösseren Massstabe jeder Aststumpf. Die Folge ist daher hier ebenfalls die, dass die neuen Holzfasern, welche die Cambiumschicht bildet, dem Hinderniss ausweichen müssen, sich beiderseits in schiefer Richtung um den kleinen Holzkörper der Knospe oder des Zweigleins legen. Wenn nun dicht nebeneinander fortwährend neue Knospen unregelmässig angeordnet entstehen, so wird dadurch allerdings auch der Verlauf der Holzfasern immer unregelmässiger. Es kommt vor, dass Maserung allein durch dieses Verhältniss veranlasst wird, und diese ist dann daran zu erkennen, dass in den Maschen der Masern die Holzkörperchen der Knospen oder Zweige stecken. Angaben, welche noch andere anatomische Gründe für die Entstehung des Maserholzes vermuthen lassen, sind mir nur wenige bekannt geworden. Dahin gehört zunächst eine kurze Bemerkung bei SCHACHT¹⁾, welcher das Auftreten von Maserholz ohne Adventivknospen zu bestätigen scheint; derselbe erwähnt, dass an mehrhundertjährigen Tannen und Kastanienbäumen »am glatten Stamme« die letzten Holzbildungen wunderschöne Masern zeigten. Ferner hat R. HARTIG²⁾ gefunden, dass auch gewisse andere Ueberreste früherer Gewebe, wenn sie sich auf der zu überwallenden Holzfläche befinden, der Ueberwallung locale Hindernisse bieten können, welchen dieselben ausweichen und die sie wie Inseln umfassen muss, wodurch maseriger Verlauf der Holzfaserung erzeugt wird. Das war da der Fall, wo der Holzkörper noch mit alter Rinde bedeckt und durch Markstrahlen und Ueberreste von Bastgewebe mit dieser verbunden war; diesen Ueberresten muss die Ueberwallung ausweichen. Den gleichen Erfolg haben auch die Unebenheiten, welche die splitterigen Wundflächen des Holzes darbieten. Die feinere Maserung aber, welche meistens mit jener durch mechanische Hindernisse erzeugten zugleich, vielfach auch ohne diese und namentlich bei den ausgezeichnetsten Maserbildungen, den Maserkröpfen und den Maserknollen in der schönsten Bildung sich zeigt, finden wir auch bei R. HARTIG nicht aufgeklärt. Diese beruht auf einer abnormen Vergrösserung und Formveränderung der Markstrahlen. Während im normalen Holze die sogenannten grossen Markstrahlen in der Tangentialfläche betrachtet eine sehr schmal elliptische oder linealische Form haben, werden sie im Maserholz so kurz und so breit, dass viele im Tangentialschnitte ziemlich kreisrund oder oblong erscheinen. Die Breite beträgt dabei das Mehrfache der normalen. Diese Markstrahlcylinder sind die Kerne der Maseraschen. Um sie herum laufen die aus Gefässen, Holzzellen und gewöhnlichen kleinen Markstrahlen bestehenden Holzstränge, entweder in Form einer Ellipse, indem sie über und unter dem Markstrahl wieder

¹⁾ Lehrbuch der Anatomie und Physiologie etc., II. pag. 67.

²⁾ Zersetzungserscheinungen des Holzes, pag. 136, Taf. XIX. Fig. 5—8.

an einander treten und eine Strecke weit parallel fortlaufen, oder in einem vollständig geschlossenen Kreise ringsum, eine wirkliche Schlinge bildend (Fig. 18). Im



(B. 104.)

Fig. 18.

Maserholz der Eiche. A Stück eines Maserkropfes von der Splintfläche gesehen, den Verlauf der Holzstränge zeigend. Wenig vergrößert. B Tangentialer Durchschnitt durch eine Masche des Maserholzes, im Centrum bei m ein grosser Markstrahlcylinder aus lauter lebenden, oft stärkeführenden Zellen bestehend. Ringsum ein kreisförmig geschlossener Holzstrang, dessen Zusammensetzung nur am oberen Rande weiter ausgeführt ist: l Holzfasern, m' kleine Markstrahlen, t Tracheiden, g Gefäss. 90fach vergr.

Zum vollen Verständniss des Baues des Maserholzes muss bemerkt werden, dass die beschriebene Structur sich nur darbietet bei Betrachtung von der Oberfläche oder im tangentialen Längsschnitt. Es setzt sich nämlich an jeder Stelle die Anordnung der Holzgewebe auch in den successiven Schichten des Holzes in gleicher Form wenigstens eine Strecke weit fort: wenn man in einiger Entfernung von einem Punkte des Splintes wieder tangential einschneidet, so hat man dasselbe oder ein ähnliches Bild der Maserung. Die eigenthümliche Vertheilung von Markstrahlgewebe und Holzsträngen wird also durch die Cambiumschicht continuirlich fortgebildet, und darum zeigt auch der darüber liegende Bast dieselbe Maserung wie das Holz, weil die grossen Markstrahlmassen sich in derselben Zahl, Form und Grösse auch in den Bast fortsetzen. Bei der grossen Veränderung, die der Bau des Holzes in tangentialer Richtung erlitten hat, ist es um so bemerkenswerther, dass er in radialer Richtung nichts von seinen sonstigen Eigenthümlichkeiten eingebüsst hat. Auf dem Querschnitt, z. B. durch Eichenmaserholz, unterscheidet man deutlich die Jahresringe, welche in ununterbrochenem Verlaufe und parallel untereinander und mit der Oberfläche des Holzes gelagert sind, auch überall in ihrem Frühjahrsholze durch die weiten nadelstichförmigen Gefässe ausgezeichnet. Die Holzstränge sind (bei der Eiche) an der bräunlichen, die Markstrahlmassen an der weisslichen Farbe zu erkennen und man sieht auf das deutlichste beide überall in radialer Anordnung; nur sind wegen des tangential in allen möglichen Richtungen schiefen Verlaufes beide Gewebe auch in den verschiedensten Richtungen durchschnitten: hier erscheint der Markstrahl nur als eine feine, weisse Linie, dort ist er gerade in der Richtung seiner Längsachse getroffen und stellt einen breiten, weissen Streifen dar. Dasselbe zeigen die Holz-

letzteren Falle läuft um diesen Holzstrang oft ebenfalls kreisförmig ein breiter Markstrahl, und so können concentrisch mehrere mit parallelen Markstrahlen abwechselnde Holzstränge um einen centralen Markstrahlcylinder geordnet sein. Das sind die sogen. Augen der Maser. In nächster Nachbarschaft steht wieder ein solches Auge, und oft sind mehrere wieder von einem in unregelmässig geschlungenem Verlaufe in sich geschlossenen Ringe eines Systems von Holzsträngen und Markstrahlgewebe umzogen, oder zwischen ihnen schlängeln sich auf weitere Strecken hin andere Holz- und Markstrahlstränge, die nicht in sich zurücklaufen (Fig. A). Auf diese Weise erhält das Maserholz seine charakteristische Structur.

stränge, und die weiten Gefässe sind dem entsprechend in allen Richtungen durchschnitten: hier quer, dort schief, wieder an anderer Stelle ziemlich in ihrer Längsachse, so dass sie wie eine feine Furche auf der Schnittfläche erscheinen. Die grossen Markstrahlcylinder erweisen sich deutlich als lebendiges, mit den angrenzenden Holzsträngen in organischer Verbindung stehendes Markstrahlgewebe, dessen Zellen sämmtlich während des Winters reich mit Stärkemehl erfüllt sind. Oft ist in solchem Holze nirgends eine Spur von Adventivknospen oder alten Zweigen zu finden. Eine scharfe Grenze zwischen normalem und maserigem Holze kann es hiernach nicht geben, und man kann vielfach die Uebergänge verfolgen; es scheint, dass vornehmlich an solchen Stellen, wo es der wachsenden Holzschicht in tangentialer Richtung an Raum gebricht und die Holzfasern sich einander drängen, die beschriebene maserige Structur sich anbahnt.

Diejenigen Stellen holziger Pflanzentheile, an welchen das Holz maserig geworden ist, haben die Neigung stärker als die übrigen Stellen sich zu verdicken, zu Anschwellungen heranzuwachsen, welche unter dem Namen Maserkröpfe oder Kropfmaser bekannt sind. Schon der Anfang der Maserbildung, so weit er auf eine Ueberwallungswulst am oberen Rande einer Verwundung zurückzuführen ist, stellt sich als eine Anschwellung den übrigen Theilen gegenüber dar. Ebenso wirkt schon die Anwesenheit vieler Knospen in gewissem Grade stauend auf die abwärts wandernden Nährstoffe und giebt zu einer stärkeren Verdickung des Holzes an dieser Stelle Veranlassung. Sobald nun einmal eine solche Bildung zu einer gewissen Selbständigkeit sich hervorgearbeitet hat, wirkt sie wie ein Nahrung anziehendes Organ und muss als eine locale Hypertrophie betrachtet werden. Der Umstand, dass die geräumigen Markstrahlen des Maserholzes im Winter strotzend mit Stärkemehl erfüllt sind, dass die Jahresschichten desselben eine ansehnliche Breite haben, dass auch die Rinde der Maserkröpfe von ungewöhnlicher Dicke ist und dass bisweilen eine ausserordentlich grosse Anzahl von Adventivknospen auf diesen Auswüchsen sich entwickelt, steht mit dieser Bezeichnung im Einklange. So lange die Maserkröpfe sich vergrössern, bilden sie immerfort wimmeriges Holz und sind mit einer grindartig unregelmässig zerrissenen, kleinschuppigen Borke bedeckt, die sich aus der ebenfalls maserigen Structur des Bastes hinreichend erklärt. Ihr Wachsthum geschieht nach allen Richtungen hin, so dass sie im Allgemeinen ihre beulen- oder kropfförmige Gestalt beibehalten, doch dürfte immer das Wachsthum an der Basis das stärkste sein, indem der abwärts gehende Strom der Nährstoffe sich immer noch geltend macht. Mit zunehmendem Alter werden diese Auswüchse immer grösser und erreichen nicht selten ungeheure Dimensionen, so dass ihr Umfang selbst den des Stammes, an welchem sie sitzen, übertreffen kann. Grosse Maserkröpfe bedeuten für die übrigen Theile eines Baumes eine Entziehung von Nahrung, da diese Auswüchse selbst gewöhnlich nicht belaubt sind und ihr Nahrungsmaterial aus dem Stamme beziehen. In der That zeigen auch Bäume, welche sehr grosse Maserkröpfe ernähren, in den übrigen Theilen eine minder kräftige Vegetation, was jedoch dem Baume nicht geradezu tödtlich ist, denn er kann auch mit einem ungewöhnlich grossen Maserkropf sehr alt werden. Doch berichtet MEYER¹⁾ von einer 55jährigen Esche, die in Folge einer seit 50—52 Jahren bestandenen Maserbildung abgestorben war, weil diese den ganzen Stamm umzog und eine Unterbrechung der absteigenden Nahrung bedingte, gradeso wie

¹⁾ l. c. pag. 91.

ein Ringelschnitt. Bei Kopfhölzern (Weiden und Pappeln) bilden sich die Masergeschwülste um die Stumpfe der alljährlich verschnittenen Lohden und tragen hauptsächlich zur Bildung der kopfförmigen Verdickungen des oberen Endes solcher Stämme bei.

Von den Maserkröpfen sind die sogenannten Maserknollen oder Knollenmasern durch ihre geringe Grösse und häufig fast vollkommen kugelförmige Gestalt unterschieden. Sie sind vielleicht bei den meisten Laubhölzern zu finden; bei Kiefern, Fichten und Tannen giebt sie GÖPPERT¹⁾, bei Lärchen an Ueberwallungen RATZBURG²⁾ an. Am häufigsten trifft man sie in Flintenkugel- bis Taubeneigrösse. Sie stecken anfangs im Baste des Stammes und sind ringsum von eigener Rinde umgeben, welche ansehnliche Dicke hat und an der Oberfläche eine ziemlich grobrissige, in kleine dicke Schuppen oder Bröckel sich zertheilende Borke bildet oder bei glattrindigen Bäumen, wie Weissbuchen, glatte Oberfläche hat. Die Holzkörper, die sie einschliessen, stellen glatte Holzkugeln dar, die man leicht herauschält. Diese Kugeln sind massiv und stets ausgeprägt maserig. Es kommen auch traubig zusammengesetzte Maserknollen vor, die einander aufsitzen. Wenn man Maserknollen aus dem Baste des Stammes ausbricht, so zeigen sie stets an ihrer hinteren Seite, welche am tiefsten im Baste gesessen hatte, eine frische Bruchstelle: Bast und Rinde der Knolle sind hier unterbrochen, eine Stelle der Holzkugel meist sichtbar. An diesem Punkte steht also die Maserknolle mit dem darunterliegenden Gewebe des Stammes in organischer Verbindung und erhält von dort aus die Nahrung aus dem Baste des Stammes zugeführt. Sehr häufig, aber nicht immer hat die Holzkugel an dieser Stelle einen, seltener mehrere kegelförmige spitze Fortsätze, welche am tiefsten in die Gewebe des Stammes eindringen. Die Holzschichten der Kugel setzen sich auch, und zwar ebenfalls unter maseriger Zeichnung auf diese Zapfen fort. GÖPPERT³⁾ lässt die Knollen mit den Holzlagen des Stammes verbunden sein und durch Abbrechen einzelner aus Adventivknospen hervorsprossenden Aestchen und Umlagerung des Cambiums in dieser Form entstehen. Aber genauer untersucht hat man sie noch nicht, und mir scheinen GÖPPERT's Angaben wenigstens nicht allgemein zuzutreffen. Das jüngste Entwicklungsstadium, welches ich mir an einem Laubholz verschaffen konnte, war eine senfkorngrösse Holzkugel, die von einer fast ebenso dicken Rinde umgeben war, welche an der gegen die Oberfläche des Stammes gekehrten Seite bereits äusserlich borkig zu werden anfangt. Die Knolle ruhte mit dem hinteren Ende im lebendigen Baste des Stammes, und dieses Ende war noch 5 Millim. von der Cambiumschicht entfernt, zwischen ihm und der letzteren befand sich nur regelmässiges Bastgewebe, keine Spur einer Verbindung mit der Cambium- oder Splintschicht. Eine Bestätigung dieses Factums giebt RATZBURG's⁴⁾ ausdrückliche Bemerkung, dass seine Lärchen-Maserknollen mit ihrem kleinen Holzstiel nicht bis ins Holz reichen, und letzteres an diesen Bildungen unbetheiligt sei. Auch an älteren Knollen konnte ich noch constatiren, dass ihr Holzzäpfchen nicht bis in den Splint reicht. Es macht den Eindruck, als wenn dasselbe von der Knolle aus erst allmählich gegen den Splint hinwachse. Vielleicht steht damit auch der Umstand im Zusammenhange, dass manche Knollen mehrere nebeneinanderstehende solche Fortsätze haben; so zähle ich an einem 2 Centim. dicken Maserknollen 15 sehr spitze Fortsätze, von denen einige erst in der Nähe ihrer Spitzen wieder in mehrere sich theilen. Bestreiten will ich nicht, dass solche Maserknollen auch nach der GÖPPERT'schen Vorstellung vom Splint aus ihre Entstehung nehmen können. Wenn nachgewiesen werden könnte, dass sie wirklich der Anlage einer Adventivknospe ihren Ursprung verdanken, so würde dabei wol auch die Frage zu beantworten sein, wie es kommt, dass sie der Cambiumschicht entrückt sein können. Ueber die Ursache ihrer Entstehung wissen wir nichts.

Bei den eigentlichen Maserkröpfen erfolgt im Gegensatz zu den eben beschriebenen Knollenmasern die Bildung des Maserholzkörpers vom Stammholz aus. Wenigstens gilt das

¹⁾ l. c. pag. 4.

²⁾ l. c. II. pag. 74, Taf. 41.

³⁾ l. c. pag. 4.

⁴⁾ l. c. II. pag. 74.

von denen der Esche, deren Entstehung ich verfolgt habe. Die ersten Veranlassungen derselben dürften immer kleine Verwundungen des Periderms sein, die mir einige Male Rissstellen über eine Lenticelle zu sein schienen. Es schiebt sich dann sehr bald zwischen den vertrockneten Rändern der zerrissenen äusseren Rindenschicht ein kleiner hellbrauner Wulst als eine lebendige Neubildung hervor. Die Form desselben richtet sich ganz nach derjenigen der Wunde: entweder ist er ein gerundetes Knöllchen oder eine längliche Schwiele; nicht selten brechen auch gleich mehrere traubenartig um einander gehäufte Knöllchen aus der Tiefe der Wunde hervor¹⁾. Wenn dieselben nur erst etwa 1 Millim. weit über die Wunde hervorgetreten sind, bestehen sie nur aus Rinde und Bast, nicht aus Holz; sie sind eine Hypertrophie der Rinde. Äusserlich sind sie von einem jungen Periderm umzogen. Sie entspringen in der Bastschicht. Die Zellen der letzteren haben sich hier, nachdem das neue Periderm unter der Wunde constituirt war, unter demselben so stark durch tangential gerichtete Theilungen vermehrt, dass ein von dem neuen Periderm umgebener Gewebewulst gebildet worden ist, in welchem die Parenchymzellen in radialen Reihen liegen. Im Grunde des Wulstes und in dessen Nähe im Baste des Stammes liegen harte, fast isodiametrische Stein- oder Sclerenchymzellen von ungewöhnlicher Grösse mit fast zum Verschwinden des Lumens verdickten Membranen mit Tüpfelkanälen. Die nächste Veränderung ist die, dass auch der Holzkörper genau an derselben Stelle mit in die Hypertrophie hineingezogen wird, indem ganz dieselbe Vermehrung der Zellen auch in der Cambiumschicht Platz greift. Der Holzkörper springt unter dem Rindenwulst bogenförmig vor und dringt immer mehr und mehr in denselben ein, was, wenigstens in den Anfangsstadien, nur einfach darauf beruht, dass die Zahl der abgelagerten Holzzellen an dieser Stelle vermehrt ist. Von Adventivknospen ist also hier bestimmt nichts zu finden. Da bis jetzt die Entstehung der Maserknollen und Maserkröpfe anatomisch und entwicklungsgeschichtlich, soviel ich weiss, noch in keinem Falle untersucht worden ist, so mögen die vorstehenden Bemerkungen die ersten Anfänge dazu bieten. Sie zeigen schon, dass die bisherigen Vorstellungen nicht allgemein zutreffende waren. Aber es wäre auch ungerechtfertigt, aus diesen Ergebnissen allgemeinere Schlüsse auf alle Maserbildungen zu ziehen; dieselben müssen an einer grösseren Anzahl von Pflanzen untersucht werden.

C. Zersetzungserscheinungen als Folgen von Verwundungen.

Wenn die Wunden der Pflanzen nicht durch den natürlichen Heilungsprozess bald verschlossen werden, stirbt das Gewebe von der Wundfläche aus unter verschiedenartigen Zersetzungserscheinungen ab. Die oberflächlichen Zellen der Wundfläche sind meistens durch die Verwundung selbst getödtet. Aber auch für die ihnen zunächst liegenden nicht verletzten Zellen ergeben sich unmittelbar aus der Verwundung selbst tödtliche Einflüsse. Als solche dürften zu betrachten sein der fehlende, für solche Gewebe unentbehrliche Schutz eines Hautgewebes, und zweitens vielleicht auch die blossen Nachbarschaft abgestorbener Zellen, die denselben Erfolg haben könnten wie die Trennung der Zellen aus dem organischen Verbands mit ihren lebendigen Nachbarn. Es kommt aber häufig noch ein zweiter Prozess hinzu: die Zersetzungserscheinungen, welchen die Bestandtheile der abgestorbenen Zellen anheimfallen bei einem gewissen Wärmegrade unter der Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffes und nicht selten auch saprophyter Pilze, die sich an solchen in Fäulniss übergehenden Wunden ansiedeln. Als allgemeinste Bezeichnung für diese Zersetzungserscheinungen möchte sich der Ausdruck Wundfäule empfehlen.

Die Fäulnisserscheinungen der getödteten Zellen befördern aber auch das

¹⁾ Vielleicht sind diese Bildungen identisch mit den von RATZBURG Rindenrosen genannten Wundstellen an Eschen, von denen er eine Abbildung (l. c. II. pag. 275) giebt, ohne jedoch sonst etwas Genaueres über sie mitzutheilen.

Fortschreiten des Absterbens des angrenzenden lebendigen Gewebes bedeutend. Die Schuld daran haben jedenfalls nicht unmittelbar jene fäulnisbewohnenden Organismen, denn wir sehen sie nicht in das noch lebendige Gewebe übergreifen, sondern immer auf die schon abgestorbenen Theile beschränkt, in denen sie zugleich mit deren Fäulnis erscheinen. Aber die in Wasser löslichen Zersetzungsprodukte der abgestorbenen Theile verbreiten sich in den Geweben weiter und ihr Zusammentreffen mit den lebendigen Zellen scheint dem Leben derselben nachtheilig zu sein. Selbstverständlich wird durch diese Vorgänge die natürliche Heilung vereitelt, weil dadurch diejenigen Gewebe, von welchen die letztere ausgehen müsste, eben auch mit zerstört werden.

Die Intensität dieser Zersetzungserscheinungen hängt auffallend von den äusseren Verhältnissen ab. In sehr feuchtigkeitsreicher Luft, in welcher die Wundfläche statt zu trocknen sich feucht erhält, werden die äusseren abgestorbenen Zellen durch die Feuchtigkeit in Fäulnis übergeführt, welche durch Fortdauer dieser Verhältnisse weitere Fortschritte macht. In der feuchten Luft der Glashäuser ist daher Wundfäule eine häufige Erscheinung, während wenn dieselben Pflanzen im Freien stehen, ihre Wunden weit geringere Zersetzungserscheinungen erleiden oder normal verheilen. Die starke Wundfäule, welche sich an den mit dem feuchten Erdboden in Verbindung stehenden Pflanzentheilen, an Wurzeln, Stöcken und unteren Stammtheilen der Bäume zeigt, die Ausbreitung der Zersetzungserscheinungen vorzugsweise von horizontalen Schnittflächen der Stämme und Aeste aus, auf denen das Wasser sich sammelt, das Ausfaulen hohler Bäume von innen her, endlich die auffallende Häufigkeit von Wundfäule an Bäumen geschlossener, feuchter Waldbestände, vorzugsweise in den Auegegenden, gegenüber freien, luftigen Standorten, sind Thatfachen, welche das eben Gesagte in helles Licht stellen.

Nach der Beschaffenheit der Pflanzentheile sind diese Zersetzungserscheinungen verschieden. An krautartigen Theilen, an saftig-fleischigen und voluminösen Organen, an den Holzgewächsen und hier wieder an den verschiedenen Theilen derselben zeigt sich die Wundfäule in anderen Symptomen. Nicht minder ist der Verlauf des ganzen Processes hiervon in hohem Grade abhängig: kleine Organe können durch Wundfäule in kurzer Frist vollständig zerstört werden; an grossen Pflanzentheilen, wie an Baumstämmen kann das Uebel einen langsam fortschreitenden chronischen Verlauf nehmen, der erst nach vielen Jahren zu einer Katastrophe führt.

Es mag nicht überflüssig sein, darauf hinzuweisen, dass diese Zersetzungserscheinungen keine eigenthümlichen Krankheiten, sondern nur der Ausgangszustand einer schon bestehenden Störung sind, daher sie auch an Pflanzentheilen, die durch andere Ursachen, als Verwundungen, z. B. durch Frost, durch Erstickung wegen Luftmangel, durch Parasiten etc. getödtet worden sind, auftreten können, sobald die äusseren Umstände für solche Zersetzungsprozesse günstig sind.

I. Zersetzungserscheinungen der Wunden nicht holziger Pflanzentheile.

Die Bedingungen jeder Wundfäule sind sauerstoffhaltige Luft, ein gewisser Wärmegrad und Feuchtigkeit. Da nun unter diesen die letztere der wechselndste Faktor ist, so hängt es von ihr vorzugsweise ab, ob eine Wundfäule eintritt und welche Grade sie erreicht. Es kommt daher einestheils bei der Verschiedenartigkeit nichtholziger Pflanzentheile viel auf die Natur derselben an, d. h. darauf, ob dieselben saftarm oder wasserreich sind, anderentheils auf die Beschaffenheit

des Mediums, d. h. darauf, ob dieses der feuchte Erdboden oder ein Raum mit wasserdampfreicher Luft oder eine trockene Luft ist. Wunden dünner, saftarmer Blätter zeigen, zumal wenn die Pflanzen im Freien an der Luft sich befinden, keine tiefgehenden Zersetzungserscheinungen; gewöhnlich findet unter diesen Bedingungen Heilung statt, oder das Absterben, dem ein blosses Vertrocknen nachfolgt, schreitet in der Umgebung der Wunde fort. An voluminöseren und saftreicheren Pflanzentheilen tritt dagegen, besonders wenn sie einigermaassen grösserer Feuchtigkeit ausgesetzt sind, leicht Fäulnis in den abgestorbenen Zellen der Wunde ein, und die Lösung von Zersetzungsprodukten, als mehr oder minder braune, jauchige Substanz, verbreitet sich im Gewebe weiter und wirkt auf die lebendigen Zellen tödtlich, worauf diese ebenfalls in Fäulnis übergehen. So kann bei Rüben, Rettigen, Kartoffeln u. dergl. nach starker Verletzung, besonders in feuchtem Boden, das Gewebe in der Umgebung der Wundstelle in eine weiche breiige, faule Masse sich umwandeln. Und in der feuchten Luft der Glashäuser, wo zugleich eine gewisse höhere Temperatur den Prozess befördert, gehen die meisten Wunden der Succulenten, die hier dieselben durch Stoss, Quetschung etc. oft genug erleiden, in mehr oder minder starke Fäulnis über. Diese bekommen dadurch rings um die Wunden faule Stellen, die missfarbig sind, sich weich anfühlen und beim Druck eine bräunliche oder trübe Jauche austreten lassen. Die Wundfäule verbreitet sich in einem solchen Theile immer weiter. Sie dringt z. B. an den mehrere Centimeter dicken Blättern der *Agave mexicana* von der einen Seite eines Blattes bald durch die ganze Dicke desselben hindurch, so dass mit der verwundeten und faulen Stelle der einen Seite ein Faulfleck der entgegengesetzten correspondirt, und der Durchschnitt durch eine solche Stelle lässt erkennen, dass die Bräunung und jauchige Zersetzung des Gewebes durch den ganzen Querschnitt des Blattes hindurchgeht. In derartigen Fällen ist immer der Ausgang der, dass man endlich solche Blätter ganz wegschneiden muss. Wie sehr an einem solchen Verlaufe die grosse Feuchtigkeit der Glashäuser Schuld ist, geht daraus hervor, dass z. B. *Agave mexicana* wenn sie im Freien steht, selbst grosse Wunden leicht und gut durch Wundkork heilt.

Als eine Wundfäule muss auch derjenige Zustand der Kartoffelknollen betrachtet werden, welcher unter dem Namen Schorf, Grind, Räude oder Krätze bekannt ist. Nach SCHACHT¹⁾ nimmt diese Krankheit ihren Anfang von den Lenticellen der Kartoffelknolle. In feuchter Umgebung wachsen dieselben oft als schneeweisse Wäzchen aus der Schale hervor, was auch an vielen anderen Pflanzen, wenn die Theile in Wasser oder sonst sehr feucht stehen, eine häufige und an sich nicht pathologische Erscheinung ist.²⁾ Aber an diesen Stellen ist, wie SCHACHT hervorhebt, das darunter liegende Gewebe schlechter als durch die gesunde Schale gegen eindringendes Wasser geschützt, und die Folge sei, dass dieses Gewebe einen Zersetzungsprozess erleidet, durch den an diesen Stellen die Korkbildung endlich aufgehoben und das Gewebe in eine schwarzbraune humöse Masse verwandelt werde. Grosse Nässe scheint daher nach SCHACHT's Ausspruch sowol die erste Veranlassung zur Bildung der Korkwarzen, als auch die Beförderung des weiteren Verlaufes des Uebels zu gewähren. Ich finde ebenfalls die ersten Anfänge als kleine locale Korkwucherungen, über welchen sehr bald die Schale zunächst in einem oder wenigen sehr feinen, strahlig gerichteten Rissen berstet. Dies ist wol theils in dem geringeren Widerstand begründet, den die durch das wachsende Parenchym bedingte Gewebespannung an diesen Punkten findet, theils auch die Folge des leichteren und reichlicheren Eindringens von Wasser durch

¹⁾ Bericht etc. über die Kartoffelpflanze und deren Krankheiten. Berlin 1856. pag. 24.

²⁾ SCHACHT nennt diese Korkwarzen Pocken, ein Wort, mit dem wir jedoch gegenwärtig eine durch parasitische Pilze verursachte Krankheit der Kartoffelknollen bezeichnen.

die Korkwucherungen, wodurch der Turgor des Parenchyms und somit die Gewebespannung an diesen Punkten erhöht wird, und daher zu einem zunächst ganz lokalen und geringfügigen Aufspringen führt, welches ganz dasselbe ist, wie das, welches wir in stärkerem Grade als Folgen grösserer Wunden oben (pag. 337) kennen gelernt haben. Der wesentliche Unterschied ist nun aber der, dass, bei anhaltend feuchtem, warmem Wetter, keine genügende Wundkorkbildung, sondern statt dessen Zersetzungserscheinungen eintreten. Sobald einmal die ersten Risse in der Schale entstanden sind, schreitet in Folge weiter eindringender Feuchtigkeit nicht bloss das Aufspringen im Umfang und in der Tiefe weiter fort, sondern auch der Zersetzungsprozess: diese Stellen werden schwarzbraun, mürbe; in den Zellen derselben verschwindet das Stärkemehl, dafür liegen gelb- oder braungefärbte Ballen desorganisierter Substanz, die nach SCHACHT oft von Pilzfäden durchwuchert sind, in den Zellen. Die Knolle bedeckt sich also mit solchen faulen, grindartig rauhen Stellen, die man Schorf nennt, in mehr oder minder grosser Anzahl und von verschiedenen grossem Umfange und kann dadurch endlich ganz unansehnlich und verdorben werden, womit selbstverständlich eine entsprechende Verminderung des Stärkegehaltes verbunden ist. Zwischen jenem Aufspringen mit normaler Heilung durch Kork und der hier beschriebenen Zersetzungserscheinung besteht auch keine scharfe Grenze. Es kommen vielfach Schorfstellen vor, wo Korkheilung und Zersetzung mit einander kämpfen: man sieht oft am Rande des Schorfes einen Wall von jungem, mit gesundem Kork überzogenem Gewebe oder auf der Fläche des Schorfes derartige kleine Zapfen oder Buckel, die aber auch früher oder später mit in die Zersetzung hineingezogen werden. Die grindartige Rauigkeit des Schorfes rührt hauptsächlich mit von diesem Umstande her.

II. Zersetzungserscheinungen des Holzes.

Bei den Holzpflanzen treten in Folge von Verwundungen Zersetzungserscheinungen des Holzes auf, besonders an denjenigen grösseren Wunden, welche durch den Heilungsprozess nicht schnell genug vernarben können, also vornehmlich an Aststumpfen, an Schnittflächen der Aeste, an den Schälwunden u. dergl. Es muss gleich im Voraus bemerkt werden, dass derartige Zersetzungserscheinungen nicht bloss in Folge von Verwundungen eintreten, sondern auch nach anderen Einflüssen, wenn diese für das Holz tödtlich gewesen sind, also z. B. nach Frostbeschädigung, und namentlich als Folgen der Einwirkung gewisser parasitischer Pilze. Wir haben daher diese Erscheinungen auch in späteren Abschnitten wieder zu berühren; da sie aber vornehmlich als Folgen von Verwundungen auftreten, so sollen sie hier eingehend behandelt werden.

Als allgemeine Bezeichnung für den vollständig abgestorbenen und der Zersetzung anheimgefallenen Zustand der holzigen Theile bei den Bäumen gilt seit langer Zeit der Ausdruck Brand oder Nekrose, wegen gewisser Aehnlichkeiten mit dem gleichnamigen Zustande thierischer Gewebstheile. Zu einer wissenschaftlichen Bezeichnung des Gegenstandes möchte sich derselbe weniger empfehlen, nicht bloss wegen der Unbestimmtheit, mit der er hier angewendet wird, sondern vorzüglich weil er schon zur Bezeichnung einer hiervon sehr verschiedenen Krankheit des Getreides etc. dient. Vielmehr können wir auch für diese Zersetzungserscheinungen in allen ihren verschiedenen Formen und Graden den allgemeinen Namen Wundfäule anwenden.

Ueber die Vorgänge bei diesen Zersetzungen sind wir neuerdings durch R. HARTIG¹⁾ genauer unterrichtet worden. Wir theilen hier die wichtigsten Resultate desselben mit und stellen dasjenige voran, was sich auf die Wundfäule im Allgemeinen bezieht. Die nächste Folge der Entblössung des Holzkörpers eines Baumes ist, dass wegen der gesteigerten Verdunstung die Wund-

fläche bis zu einer gewissen Tiefe vertrocknet. Dieses Vertrocknen ist nicht nur für die davon betroffenen Zellen der Rinde und des Bastes am Wundrande, sondern auch für die mit lebendigem Zellinhalte versehenen Zellen des Holzes, also für die parenchymatischen (Holzparenchym und Markstrahlen) tödtlich. Der Inhalt dieser Zellen unterliegt nun als todte organische Substanz unter der Einwirkung des Sauerstoffes dem chemischen Zersetzungsprozess. Dazu ist selbstverständlich die Gegenwart von Wasser nothwendig. Dieses gelangt, theils in beschränkter Menge aus dem Innern des Baumes, theils und vorzüglich von aussen als atmosphärisches Wasser an die Wunde. Jedes Holz, in welchem diese Zersetzungsprozesse eingetreten sind, zeigt eine Bräunung. Der Grund derselben liegt in dem Vorhandensein einer im trockenen Zustande amorphen, rissigen, gelben oder bräunlichen Substanz, welche als eine Kruste auf der inneren Wandung die Holzzelle sich ablagert und bisweilen fast das ganze Innere der Zellen ausfüllt. Je reichlicher dieselbe vorhanden ist, desto dunkler braun ist das faule Holz gefärbt. Diese Substanz stellt die löslichen Zersetzungsprodukte der Inhaltsbestandtheile der Zellen dar, welche im Wasser gelöst als eine braune Flüssigkeit, Humuslösung, das Holz durchdringt. Mit dem Wasser, welches von aussen in die Wunde gelangt, wird diese Humuslösung weiter im Holze verbreitet, indem dasselbe theils herabsinkt, theils emporsteigt. Für lebendige Zellen ist aber die Berührung mit solchen flüssigen Zersetzungsstoffen ebenfalls tödtlich. Es wird also auch durch letztere das Absterben und die Fäule des Holzes weiter verbreitet. Jede Wundfläche des Holzes hat eine solche Bräunung, wenn auch nur bis in geringe Tiefe zur Folge.

Ob die Wundfäule des Holzes zum Stillstand kommt, oder in höhere Zersetzungsgrade, deren es verschiedene giebt, übergeht, hängt von den gegebenen äusseren Verhältnissen ab. Bei geringem Zutritt atmosphärischen Wassers oder bei baldigem völligen Abschluss der Wunde durch Ueberwallung oder durch Bedeckung mit Theerüberzug u. dergl. zeigt das wundfaule Holz eine mehr hellbraune Farbe und hat an Consistenz nicht viel verloren. Bei reichlichem Wasserzutritt aber, also besonders bei allen Wunden, die mit dem Erdboden in Berührung stehen, desgleichen bei solchen Astwunden, auf denen Regen- und Schneewasser sich sammeln, schreitet der Zersetzungsprozess weiter fort, indem das Holz unter verschiedenartigen Färbungen an Consistenz immer mehr verliert, allmählich mürber wird. Wenn dabei das Holz eine röthliche, bräunliche oder schwärzliche Farbe annimmt, so spricht man von Rothfäule oder nasser Fäule. Dieselbe Sache bezeichnen auch die Ausdrücke Wurzelfäule, Stockfäule, Astfäule, Kernfäule oder Stammfäule und Splintfäule, indem sie nur den Ort des Auftretens dieser Zersetzung andeuten. Weissfäule, Trockenfäule oder Vermoderung nennt man den Prozess, wenn das Holz dabei hell, nämlich sehr blass bräunlich oder weiss und völlig zerreiblich wird; Bedingung dieser Zersetzungsform ist ungehinderter Zutritt von Luft und geringe Feuchtigkeit, daher sie vorzüglich an offenen Holzwunden sich zeigt. Sie kommt vielleicht nur bei Laubbölzern vor, z. B. häufig an Linden, Weiden, Pappeln etc., wo jedoch überall auch bei grösserer Feuchtigkeit und geringerem Luftzutritte Rothfäule eintritt. Die Grünfäule ist die am seltensten vorkommende Zersetzungsart, die sich bisweilen an Birken-, Buchen- und Eichenholz zeigt, welches lange Zeit am Boden gestanden hat, besonders an alten faulen Stöcken, und durch intensiv spangrüne Farbe ausgezeichnet ist. Der Farbstoff haftet in den Zellwandungen des Holzes, und ist auch den Mycelfäden der etwa vorhandenen

¹⁾ Zersetzungserscheinungen des Holzes. Berlin 1878.

Fäulnisspilze eigen. Die grüne Farbe durchdringt das Holz nicht gleichmässig; stellenweis ist dieses farblos, dem weissfaulen Holze gleich, hier tiefer, dort blasser grün gefärbt. Die Erscheinung ist wissenschaftlich nach keiner Richtung hin genauer untersucht.

Fauls Holz, besonders rothfaules, zerbröckelt und zerfällt endlich von selbst in eine schwarzbraune erdige Masse, sogenannte Baumerde oder Moder. Dieser Prozess besteht in einer vollständigen Humificirung des Holzes, bei welcher auch die Zellmembranen an der Umwandlung in Humuskörper theilnehmen.

Die chemische Veränderung, welche das rothfaule Holz erleidet, ist aus den von R. HARTIG mitgetheilten chemischen Analysen zu erkennen. Während gesundes Eichenkernholz, auf aschefreie Substanz berechnet, zusammengesetzt ist aus

49,24 C. 5,47 H. 45,29 O.,

ergab die Analyse von hellbraunem faulen Eichenholze

53,6 C. 5,2 H. 41,2 O.,

von dunkelbraunem faulen Eichenholze

56,2 C. 4,9 H. 38,9 O.,

und von brauner Baumerde aus einem hohlen Baume

58,0 C. 4,9 H. 37,1 O.

Es erhellt daraus, dass bei der Rothfäule kohlenstoffreichere Substanzen, Humuskörper, zurückbleiben. Der ganze Vorgang ist ein Oxydationsprozess, bei welchem Kohlensäure und Wasser auf Kosten der organischen Substanz des Holzes gebildet werden, letztere also sich absolut vermindert. Dieses geht aus der Vergleichung des Aschengehaltes gesunden und faulen Holzes hervor.

Gesundes Fichtenholz enthält

48,63 C. 5,80 H. 45,18 O. 0,39 Asche.

Stark zersetztes Fichtenholz dagegen

48,14 C. 4,96 H. 40,24 O. 6,66 Asche.

Dieser grosse Aschengehalt erklärt sich aus dem Zersetzungsstande, durch den nur die organische Substanz, nicht die Aschenbestandtheile betroffen werden. — Bei der Weissfäule ist der chemische Vorgang ein anderer. Weissfaules Eichenholz ergab an organischer Substanz

48,2 C. 6,3 H. 45,5 O.

Weissfaules Holz ist also ärmer an Kohlenstoff und etwas reicher an Sauerstoff als gewöhnliches Holz. Die Oxydation erzeugt hier also ausser Kohlensäure und Wasser noch andere Oxydationsprodukte. Bei unserer mangelhaften Kenntniss der chemischen Verbindungen, die im gewöhnlichen Holz vorhanden sind, vermögen wir gegenwärtig nichts darüber zu sagen, in welcher Weise bei diesen Veränderungen die einzelnen chemischen Bestandtheile des Holzes sich verhalten.

Bei den einzelnen Verwundungsarten zeigt die Wundfäule manche besonderen Erscheinungen. Bezüglich dieser können hier nur die wichtigsten Gesichtspunkte angedeutet werden; Ausführlicheres ist in meinem demnächst erscheinenden Buche: »Krankheiten der Pflanzen« zu finden.

Bei den Astwunden, d. h. den durch Abbrechen, Abschneiden oder Absägen von Zweigen oder Aesten entstehenden Verletzungen nimmt im Allgemeinen mit der Grösse der Wundfläche die Ausdehnung und der Grad der Wundfäule zu. Die gefährlichsten dieser Wunden sind die Aststumpfe, weil sie die vom Stamme oder der lebend bleibenden Astbasis ausgehende Ueberwallung verhindern sich zu schliessen, und atmosphärischem Wasser und saprophyten Pilzen die günstigsten Bedingungen des Eintritts gewähren. Der Holzkörper des Aststumpfes zeigt Wundfäule bis in den Stamm hinein, wodurch ausgefaulte Asthöhlen entstehen, die oft erst spät überwält werden. Dagegen wird bei den Astschnitt-

flächen, wenn dieselben glatt an der Stammoberfläche gemacht sind, die Bildung der Asthöhlen vermieden; es tritt nur eine Bräunung des Holzkörpers auf, die bei Aestung der Eichen im Winter nach R. HARTIG nur bis auf 1,5 Centim., bei Grünästung (März bis September) bis auf 1,5—2,5 Centim. Tiefe eindringt und selbstredend mit der Grösse der Wundfläche (wegen der desto späteren Bedeckung mit Ueberwallung) sich noch steigern kann. Dagegen kommt bei den Nadelhölzern wegen der Bekleidung mit dem ausfliessenden Harz, welches conservirend wirkt, eigentliche Wundfäule bei diesen Wunden nicht vor. Ausgangspunkte von Wundfäule können bei Grünästungen die Rindeverletzungen werden, die eintreten, wenn beim Absägen des Astes am unteren Rande nicht vorher eingeschnitten worden ist, indem dort die Rinde ein Stück vom Stamme losgelöst wird. Von dort aus läuft dann ein brauner Streifen im Holze von der Wunde aus abwärts, der nach R. HARTIG bei Eichen zuweilen endlich 3—4 Meter weit sich erstrecken kann und auch durch die Verharzung der Wundfläche bei den Nadelhölzern nicht verhütet wird. Erst die erfolgte Ueberwallung setzt seiner Ausbreitung ein Ziel.

Gipfelbruch, Verlust starker Aeste, Zucht der Kopfhölzer führen, da es sich hier meist um ungefähr horizontale Wundflächen handelt, bei denen das Eindringen des atmosphärischen Wassers und die Verbreitung der Zersetzungsprodukte nach innen begünstigt wird, leicht zum Ausfaulen des Stammes, zur Entstehung hohler Bäume. Auch von den unteren Theilen des Stammes, und vorzüglich von den Verwundungen der Wurzeln kann, befördert durch die Feuchtigkeit des Bodens, eine hochgradige Wundfäule bis in den Stamm sich fortsetzen.

Schälwunden haben nach RATZBURG und R. HARTIG bei Fichten nur eine Bräunung zur Folge, welche sich mehr oder weniger nach innen und nach oben und unten, selbst bis in eine Entfernung von einigen Metern erstreckt, aber nur den Kern betrifft, während alles später gebildete Holz frei von Bräunung ist. Bei Kiefern tritt wegen des Harzreichtums nur eine geringe Bräunung des Schälkernes ein. Der technische Werth des Holzes soll dadurch nicht merklich vermindert werden. Die stärkere Verderbniss, welche das Harzen zur Folge hat, wurde oben angedeutet. Ueber die Wundfäule, welche die Frostspalten zur Folge haben, ist das Kapitel von den Frostwirkungen zu vergleichen.

Mit den Zersetzungserscheinungen der Wunden nahe verwandt ist der unter dem Namen Krebs bekannte eigenthümliche Krankheitszustand der Zweige und Stämme verschiedener Laubbäume, vorzüglich der Kernobstbäume, dessen hauptsächlichste Charaktere einmal darin bestehen, dass es Wundstellen sind, bei denen der natürliche Heilungsprozess fortwährend durch Verwundungen der Ueberwallungsrän der wieder gestört wird und die daher statt zu heilen immer grösser werden, und zweitens darin, dass dabei die Cambiumschicht eine krankhafte Thätigkeit äussert, indem sie statt normales Holz ein Parenchym in abnormer Menge erzeugt. Es ist gewiss, dass der Krebs durch den Stich der Blutlaus als ein den Gallenbildungen verwandtes Produkt erzeugt wird, worüber am betreffenden Orte Näheres zu sagen ist. Aber es scheint nach dem einstimmigen Urtheil der Pomologen ebenso unzweifelhaft zu sein, dass Krebs, nämlich eine unter den obigen Begriff fallende Wunden- und Zersetzungserscheinung, auch durch andere Ursachen, nämlich durch mechanische Verletzungen, wenn diese sich an der nämlichen Stelle immer in derselben Weise wiederholen, hervorgerufen werden kann. Als solche in Krebs übergehende Wunden werden namentlich kleine Frostrisse, die an gewissen Stellen der Zweige oder des Stammes auftreten, bezeichnet, so von SORAUER¹⁾, von GÖTTE²⁾. Andere, wie LUCAS³⁾,

¹⁾ Tageblatt d. Naturf.-Versamml. zu Hamburg 1876.

²⁾ Mittheilungen über den Krebs der Apfelbäume. Leipzig 1877.

³⁾ Pomologische Monatshefte, 1876, pag. 365.

betonen die Nothwendigkeit, dass man auch noch andere Veranlassungen annehmen müsse, um die Thatsache erklärlich erscheinen zu lassen, die man beobachtet haben will, dass Bäume, die mit krebssigen Reisern veredelt wurden, selbst krebssig werden (Blutlaus?). Und überdies ist kaum irgend eine Veranlassung denkbar, die in der pomologischen Literatur nicht schon als Ursache des Krebses hingestellt worden wäre. Wieweit in solchen Fällen etwa die Blutlaus betheiligt gewesen ist, lässt sich natürlich nicht mehr feststellen, und da die Krebsbildungen in der Regel erst im vorgeschrittenen Stadium bemerkt werden, so ist über ihre Veranlassung nichts Sicheres mehr zu ermitteln; selbstverständlich verbleiben diese Bildungen, wenn etwa die vorhandenen Blutläuse aus irgend einem Grunde umgekommen sind oder sich entfernt haben. SORAUER¹⁾ unterscheidet zwei Formen von Krebsgeschwülsten an den Apfelbäumen, die beide von Frostbeschädigungen herrühren sollen. Die »rosenartig offene« Krebsgeschwulst hat in der Regel eine bedeutende geschwärzte todte Holzmasse im Centrum liegen und diese von mehreren sehr dicken, zusammenhängenden, oft faltigen und zerklüfteten, in jedem Jahre terrassenförmig zurückspringenden Wundrändern umgeben, so dass das Ganze ein rosenähnliches Aussehen hat. Die Wundränder bestehen aus den sehr starken Ueberwallungswülsten, deren sich jedes Jahr ein neuer am äusseren Rande der inzwischen wieder abgestorbenen vorjährigen bildet. In denselben ist der Holzkörper stark verdickt unter abnormer Wucherung von Holzparenchym, und diese Beschaffenheit des Holzes wird als die Ursache der leichten Verletzbarkeit durch Frost betrachtet, indem bei Frosteintritt die vorwiegend tangential Zusammenziehung der Gewebe an denjenigen Stellen am wenigsten Widerstand findet und Frostrisse veranlasst, wo das Holz aus solchem Holzparenchym besteht. Es darf übrigens bemerkt werden, dass der von der Blutlaus herrührende Krebs sehr ähnliche Symptome hat. Die andere Form ist die »geschlossene Krebsgeschwulst«; diese stellt bei vollkommener Ausbildung eine in Folge der stetig wiederholten Ueberwallungen eine annähernd kugelige, berindete Holzwucherung dar, welche ähnlich wie Maserkröpfe den Zweigdurchmesser bisweilen um das Drei- bis Vierfache übertreffen und an ihrer abgeflachten Gipfelfläche ebenfalls im Centrum trichterförmig vertieft sind. Der Unterschied dieser zweiten Form besteht also hauptsächlich darin, dass die Wundränder durch ihre Ueberwallung dicht gegen einander gewachsen sind. SORAUER beschreibt die ersten Anfänge dieser Bildungen als eine sanfte mit eigener Rinde versehene Auftreibung, über welcher die alte Rinde gesprengt ist und welche lippenförmig gespalten erscheint; denn sie stellt zwei Ueberwallungsränder eines Spaltes dar, welcher bis auf das junge Holz gedrungen war und dort eine braune todte Partie erkennen lässt. Um die Knospen und um die Basis der Zweige tritt diese Beschädigung vorzugsweise ein, wovon SORAUER den Grund in der an diesen Stellen grössten Menge parenchymatischen Gewebes im normalen Holzringe sieht, der deshalb auch hier am leichtesten durch den Frost verwundet werden könne. Daher steht häufig in der Mitte einer offenen Krebswunde ein Zweigstumpf als kurzer brauner Zapfen. Die rosenartig offenen Krebswunden können, indem sie sich vergrössern, endlich den ganzen Stamm oder Zweig umklammern, worauf dieser oberhalb des Krebses abstirbt und vom Sturm gebrochen wird. Auch nach R. HARTIG²⁾ kommen an der Rothbuche durch Frostbeschädigung krebssartige Krankheiten zur Entwicklung, die freilich mit denen der Apfelbäume nicht ganz identisch zu sein scheinen. Es werden dadurch Zweige getödtet, und das Absterben pflanzt sich von der Basis derselben aus weiter fort, wodurch Krebsstellen rings um dieselbe entstehen. Am Rande der Krebsstelle bildet sich ein Ueberwallungswulst, und wegen des anfänglich dünnen Periderms desselben tödtet ein scharfer Frost, wenn die Cambialthätigkeit bereits erwacht ist, das wenig geschützte Cambium des Krebsrandes; daher vergrössert sich die Krebsstelle im ganzen Umfange. Ausserdem nimmt R. HARTIG an den Buchen als Ursache des Krebses ebenfalls Pflanzenläuse und in einem sogleich zu erwähnendem Falle auch Schmarotzerpilze an.

An den abgestorbenen Rindetheilen der Krebsstellen der Obstbäume siedelt sich oft ein Kernpilz, *Nectria*, an, dessen purpurrothe, stecknadelkopfgrosse oder grössere Conidienstromata früher mit dem Gattungsnamen *Tubercularia* bezeichnet, besonders zur Winterszeit aus den ge-

¹⁾ Handbuch der Pflanzenkrankheiten, pag. 199, und Tagebl. der Naturf.-Versammlung zu Hamburg 1876.

²⁾ Tagebl. d. Naturf.-Versamml. zu München 1877, pag. 207.

nannten Theilen hervorbrechen. Wenn man das sonstige Vorkommen dieser gemeinen Pilze, die sich immer nur an schon abgestorbenen Zweigen oder Stammtheilen zeigen, hiermit vergleicht, so muss man SORAUER's Ansicht, der sie auch beim Krebs nur als secundäre Erscheinung, als Fäulnissbewohner, betrachtet, für sehr wahrscheinlich halten. R. HARTIG (l. c.) hingegen, welcher auch beim Buchenkrebs solche Pilze (*Nectria ditissima* TUL.) beobachtete, hält diese für wahre Parasiten und in den Fällen, wo sie vorkommen, für die Ursache des Krebses. Bei diesem Stande der Sache halte ich die Krebsfrage, soweit andere Ursachen als Pflanzenläuse genannt werden, gegenwärtig noch keineswegs für abgeschlossen.

Pilze als Begleiter der Wundfäule. In den wundfaulen Geweben siedeln sich nicht selten saprophyte Pilze an, je nach Pflanzentheilen verschiedene Arten. In den Faulstellen der Rüben und ähnlicher Theile sind es gewöhnlich Bakterien und hefeartige Zellen. Sehr verbreitet sind in oberirdischen Pflanzentheilen, besonders in voluminösen Organen, wie bei den Succulenten und namentlich im Holze der Bäume, eigentliche, aus Hyphen bestehende Pilzmycelien, welche meist mit Leichtigkeit die Zellmembranen durchbohren und quer durch die Zellen hindurchwachsen, auch ihre mannigfaltigen Fructificationsorgane meist an der Oberfläche oder in Lücken der wundfaulen Gewebe entwickeln. Diese Organismen finden sich immer nur in den schon in Fäulniss übergegangenen Gewebepartien, nicht in den angrenzenden lebenden, und erweisen sich dadurch als wahre Saprophyten; sie dürfen nicht mit Parasiten verwechselt werden, von denen auch manche an Wundstellen ihren Einzug halten, besonders bei Holzpflanzen, wo sie dann aber durch ihr anderes Verhalten und durch eigenthümliche Krankheiten, die sie im Gefolge haben, sich unterscheiden. Die Zahl der an den verschiedenen Pflanzen vorkommenden saprophyten Pilzformen ist eine so grosse, dass hier von einer Nennung derselben Abstand genommen werden muss, zumal da sie nicht mehr rein pathologisches Interesse haben. In meinem demnächst erscheinenden Buche: »Krankheiten der Pflanzen« ist eine Aufzählung der wichtigsten und häufigeren Formen gegeben.

II. Abschnitt.

Krankheiten, welche durch Einflüsse der anorganischen Natur hervorgebracht werden.

Kapitel 1.

Von den Wirkungen des Lichtes.

Mehrere Lebensprozesse der Pflanze sind vom Lichte abhängig. Bei dauernder Dunkelheit unterbleiben sie oder werden geschwächt, und auch schon bei einer geringen Helligkeit erfolgen sie nicht mit normaler Lebhaftigkeit, so dass unter solchen Umständen krankhafte Zustände sich ergeben. Da diese Erscheinungen zugleich auf rein pflanzenphysiologischem Gebiete liegen, so mag bezüglich derselben auf den betreffenden Theil der Encyclopädie verwiesen werden und hier nur eine ganz kurze Erwähnung genügen. Bei chlorophyllhaltigen Pflanzen leiden durch Lichtmangel: 1. die Bildung des Chlorophylls, 2. die Erzeugung der für die vollständige Ausbildung der Zellen und für das normale Wachsthum erforderlichen Cellulose und 3. die Assimilation in den chlorophyllführenden Zellen.

I. Chlorophyllbildung. Wenn im Finstern Samen keimen, Knollen, Zwiebeln und Rhizome austreiben, Knospen sich entfalten, so bleiben alle neugebildeten Theile gelb oder ganz bleich. Man bezeichnet diese Krankheit, bei welcher übrigens meist auch die unten zu erwähnenden Abnormitäten des Wachstums eintreten, als Vergeilen, Verschnaken, Verspillern, Etioliren (*etiolement*). Der Grund liegt in einem Unterbleiben der Bildung der Chlorophyllkörner, zu welcher das Licht nothwendig ist. Dabei sind jedoch die aus protoplasmatischer Substanz gebildeten Chlorophyllkörner im Protoplasma der Zellen in farblosem Zustande vorhanden; es fehlt ihnen nur der durch Alkohol ausziehbare eigentliche Farbstoff, das Chlorophyll. An's Licht gebracht ergrünen etiolirte Pflanzentheile in kurzer Zeit. Die Wirkung ist in der Pflanze lokal, jeder beliebige Theil einer im übrigen am Lichte befindlichen Pflanze etiolirt, wenn man ihn vor den Lichtstrahlen schützt. Chlorophyllbildung geschieht noch bei äusserst schwacher Beleuchtung; erst völlige Dunkelheit verhindert sie. Die minder brechbaren (rothen, orangen, gelben und grünen) Strahlen des Spectrums sind wirksamer als die stark brechbaren (blauen und violetten). Eine Ausnahme machen die Keimlinge der Coniferen und die Farnwedel, welche auch in tiefer Finsterniss ergrünen.

Für bereits ergrünte Pflanzentheile hat dauernde Dunkelheit eine Zerstörung des Chlorophylls und zwar nicht bloss des Farbstoffes, sondern auch des Chlorophyllkorns zur Folge. Solche Blätter werden gelbfleckig und endlich ganz gelb. Die einzelnen Pflanzenarten zeigen in dieser Beziehung sehr verschiedene Empfindlichkeit. Bei den meisten phanerogamen Landpflanzen tritt der Einfluss schon bei kurzer Verdunkelung oder bei ungünstiger Beleuchtung auf. Viele die an schattigen Standorten wachsen, desgleichen Wasserpflanzen können mehrmonatliche Dunkelheit ohne Schaden für ihr Chlorophyll ertragen.

Umgekehrt wird durch sehr intensives Licht das Chlorophyll beschädigt. BATALIN¹⁾ hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass in direktem Sonnenlichte die Chlorophyllkörner blassgrün oder sogar gelb werden, und BÖHM²⁾ sah Bohnenblätter in sehr intensivem Lichte erst gebleicht, dann gebräunt werden und absterben. Die schädliche Wirkung intensiven Sonnenlichtes auf die untere Blattseite war übrigens schon BONNET³⁾ bekannt.

Von der Unabhängigkeit der Blütenfarben vom Lichte machen manche purpurrothe und violette Blumenkronen eine Ausnahme, welche im Dunkeln blasser oder ganz farblos bleiben⁴⁾.

II. Assimilation. Die Abhängigkeit der Assimilation vom Lichte kommt für die Pathologie insofern in Betracht, als Pflanzen, welche nicht assimiliren, keine neue vegetabilische Substanz produciren. Wenn Samen der Chlorophyllpflanzen im Dunkeln keimen, so entwickelt sich eine Anzahl Wurzeln, Stengelinternodien und Blätter; aber die Produktion steht still, sobald alle Reservenährstoffe, welche der Samen enthielt, verbraucht sind. Wägungen zeigen, dass die Trockensubstanz solcher Kümmerlinge geringer ist als die der Samen vor der Keimung, weil die Pflanze nicht nur keine neue organische Substanz bilden konnte, sondern auch durch Athmung einen Theil derselben verlor. Werden sie aber vorher

¹⁾ Bot. Zeitg. 1874, Nr. 28. Vergl. auch ASKENASY, Bot. Zeitg. 1875, Nr. 28.

²⁾ Landwirthsch. Versuchs-Stationen 1877, pag. 463.

³⁾ Nutzen der Blätter bei den Pflanzen. Uebersetzung v. ARNOLD. Nürnberg 1762, pag. 52.

⁴⁾ Vergl. ASKENASY, Bot. Zeitg. 1876, Nr. 1 und 2.

wieder an's Licht gebracht, so können sie ergrünen, assimiliren und die Vegetation von Neuem fortsetzen. Die geringe Helligkeit, welche zur Bildung des Chlorophylls hinreicht, genügt zur Assimilation nicht. Letztere ist im Allgemeinen schon im diffusen Tageslicht eines Zimmers ausserordentlich gering, und man kann die schädliche Wirkung auch hinsichtlich der Stoffproduktion deutlich in ihrer Abstufung nach den Helligkeitsgraden verfolgen; sie scheint der Lichtintensität nahezu proportional zu sein. Auch in dieser Beziehung sind die einzelnen Pflanzenarten in ihrer Lichtbedürftigkeit verschieden. Für die meisten unserer Culturpflanzen ist die Helligkeit eines Zimmers schon auffallend nachtheilig, während Pflanzen schattiger Standorte bei einer noch geringeren Helligkeit genügend assimiliren, wie ihre normale Entwicklung unter solchen Verhältnissen beweist. Selbst nahe verwandte Arten sind hierin ungleich empfindlich; so trägt die Fichte die Beschattung durch Hochwald leicht, die Kiefer nicht. Weisses Licht wirkt auf die Assimilation kräftiger, als die farbigen Strahlen. Von letzteren haben die gelben die stärkste, die violetten die allerschwächste, die ultravioletten chemischen Strahlen gar keine Wirkung.

Eine Reihe bekannter Vorkommnisse bei den Pflanzenculturen sind als die im Vorstehenden angeführten schädlichen Folgen ungenügenden Lichtes anzusehen. Man bezeichnet sie als Unterdrückung, Verdämmung oder Erstickung. Junge Pflanzen ersticken im Unkraute, z. B. Rübenpflanzen, wenn sie unter wuchernden grossblättrigen oder dichtstehenden, also beschattend wirkenden Unkräutern wachsen; ebenso der Klee unter einer Deckfrucht, wenn diese dicht steht, gross- und reichblättrig ist. Die Pflanzen kümmern und gehen bald ein ohne ihre volle Entwicklung erreicht zu haben. In schwächerem Grade zeigt sich die Erscheinung z. B. in der kümmerlichen Entwicklung lichtbedürftiger Pflanzen, wenn sie als Topfgewächse in Zimmern gezogen werden, sowie der Gemüsepflanzen in Gärten, die unter dichtbelaubten Bäumen oder im Schatten hoher Wände gebaut werden. In den Forsten ist das Verdämmen des niedrigen Holzes durch höheres eine bekannte Sache. Die Stämme gehen wohl mit den anderen Individuen eine Zeit lang in die Höhe und wachsen auch gerade, aber sie bleiben dünner, neigen sich leicht um, haben nur schwache Zweigansätze und können im stark beschattenden Hochwald endlich als schwächliche Stämmchen unter überhandnehmender Zweigdürre zu Grunde gehen. Manche verlieren dadurch öfters schon früh den Wipfel und werden, indem untere Zweige sich vordrängen, zu Strauchformen, wie es z. B. die Lärche thut, wenn sie von ihresgleichen verdämmt wird. Auch die Holzbildung unterdrückter Bäume ist untersucht worden. Nach R. HARTIG¹⁾ bilden sie im ersten Stadium der Unterdrückung relativ breite Herbstholzschichten, also schweres Holz. Der Jahresring nimmt aber absolut an Breite ab und sinkt nach unten auf eine Minimalbreite herab, während in den höheren Theilen die Ringbreite grösser ist als unten. Nach lange anhaltender Unterdrückung tritt dagegen das Herbstholz im unteren Stammtheile gegen das lockere Frühjahrsholz auffallend zurück und verschwindet fast gänzlich, während in den oberen Theilen das Holz relativ schwer ist.

III. Wachstum der grünen Theile. Im Dunkeln zeigt sich ausser dem Unterbleiben der Chlorophyllbildung auch eine krankhafte Veränderung im Wachstume und in der Formbildung der etiolirten Theile. Diese tritt in geringerem Grade aber auch schon bei schwacher Beleuchtung im diffusen Tageslichte, also auch wenn das Chlorophyll sich noch ausbildet, hervor. Die Veränderungen sind folgende: Internodien, welche im normalen Zustande sich strecken, erreichen eine noch viel grössere Länge als sonst, bleiben aber dünner, weicher und schlaffer, so dass der Stengel leicht umsinkt. Blattstiele und die vorwiegend langgestreckten Monokotyledonenblätter zeigen dasselbe. Die breiteren Blattflächen der Dikotyledonen aber bleiben nahezu auf dem Knospenzustande stehen und

¹⁾ Bot. Zeitg. 1870, Nr. 32—33, und 1874, pag. 391.

behalten mehr oder weniger die Faltungen oder Rollungen der Knospenlage. In den Geweben treten dabei auffallende Veränderungen ein, die ebenfalls als ein Stehenbleiben auf dem Jugendzustande sich charakterisiren; im Stengel werden Mark-, Holz- und Rinde-Elemente in geringerer Anzahl gebildet, die Holzbündel verharren als schwache isolirte Stränge, die Zellen des Holzes, Bastes, des Collenchyms und der Epidermis bleiben bei der halben Verdickung ihrer Membranen stehen. Die Ueerverlängerung des Stengels hängt damit zusammen, dass die Zellen desselben 3—5 Mal länger werden als gewöhnlich. In den Blattflächen haben die Zellen dieselbe Grösse wie in den normalen Blättern, sind daher in viel geringerer Anzahl vorhanden, auch haben alle Gewebe geringere, dem Jugendzustande entsprechende Ausbildung. Diese Veränderungen sprechen dafür, dass es dabei den Stengeln und Blättern an dem Stoffe gebricht, aus welchem die Zellmembranen bestehen (Cellulose). Da dies auch bei Vorhandensein von Reservennährstoffen stattfindet, so stellt sich die Krankheit dar als eine durch Lichtmangel bedingte Schwächung der Kraft, aus den Reservennährstoffen Cellulose zu bilden¹⁾. Die Ueerverlängerung erklärt sich wohl aus der grösseren Dehnbarkeit der minder verdickten peripherischen Gewebe dem Ausdehnungsstreben des Markes gegenüber.

Gelbes Licht wirkt auf das Wachsthum, wie Finsterniss: die Pflanzen zeigen hier alle Symptome des Etiolement mit Ausnahme der bleichen Farbe; denn das Chlorophyll bildet sich in solchem Lichte normal. Es sind also vorwiegend die stark brechbaren (blauen und violetten) Strahlen, welche das normale Wachsthum der Pflanzen bedingen²⁾.

Wirkungen ungenügender Beleuchtung auf das Wachsthum der Pflanzen zeigen sich nicht bloss bei Zimmerkulturen, sondern auch im Freien, wenn lichtbedürftige Pflanzen an schattigen Orten oder in zu dichtem Stande wachsen. Auf derselben Ursache beruht auch das Lagern der Feldfrüchte, welches besonders am Getreide, jedoch auch an anderen lang- und dünnstengelig Pflanzen, wie Wicken u. dergl. vorkommt. Die nächste Veranlassung sind oft Wind und Regen, welche sie niederwerfen; in der späteren Entwicklungsperiode der Pflanze trägt auch das grössere Gewicht der reifenden Aehre bei. Das Lagern ist nachtheilig, weil es den Erntearbeiten Schwierigkeiten bereitet, auch weil mitunter ein Verderben und Faulen der dem Lichte entzogenen unteren Theile damit verbunden ist. Halme, die ein gewisses Alter noch nicht überschritten haben, kehren, wenn sie aus der Verticale abgelenkt worden sind, durch geotropische Krümmungen ihrer Knoten von selbst wieder in lothrechte Richtung zurück. Daher ist zeitig eintretendes Lagern gewöhnlich vorübergehend: das Getreide steht nach einigen Tagen wieder auf. In der der Reife unmittelbar vorangehenden Periode aber, in welcher die Lebensthätigkeiten im Halme allmählich erlöschen, verlieren auch die Knoten von unten nach oben fortschreitend eine nach dem Andern ihre geotropische Krümmungsfähigkeit. Tritt das Lagern in dieser Periode ein, so erheben die Halme nur ihre obersten Glieder nothdürftig; noch später wird es gar nicht mehr ausgeglichen. Die geringe Festigkeit des Halmes, welche der Grund des leichten Umsinkens ist, hielt man lange Zeit für die Folge eines zu geringen Gehaltes an Kieselsäure. Allein abgesehen davon, dass die letztere zum grössten Theile in den Blättern, nur in geringer Menge in den Internodien, in geringster Menge in den Knoten ihren Sitz hat, haben Analysen nachgewiesen, dass gelagertes Getreide an Kieselsäure nicht ärmer als anderes ist³⁾, und Culturversuche haben gezeigt, dass auch bei Ausschluss der Kieselsäure normale, feste Getreidehalme erzogen werden⁴⁾. Vielmehr stellt sich die Weichheit und Schlaffheit der unteren Halmglieder

¹⁾ KRAUS in PRINGSHEIM's Jahrb. f. wiss. Bot. VII. — BATALIN, Bot. Zeitg. 1871. pag. 670.

²⁾ Vergl. SACHS, Wirkungen farbigen Lichtes auf Pflanzen. Bot. Zeitg. 1865.

³⁾ PIERRE, Compt. rend. LXIII.

⁴⁾ SACHS, Experimentalphysiologie, pag. 150.

als die gewöhnliche Erscheinung des Etiolement dar. Denn man kann künstlich durch Beschattung der unteren Theile der Halme das Lagern hervorbringen¹⁾, und die unteren Halmglieder gelagerten Getreides zeigen in der That grössere Länge, längere und in den Membranen schwächer verdickte Zellen, so wie es im etiolirten Zustande zu sein pflegt²⁾. Im Einklange damit steht die Erfahrung, dass das Lagern häufiger ist bei dichter Saat, wo die Pflanzen gegenseitig sich stark beschatten, als bei Drillcultur und weitläufiger Saat, bei freiwachsenden Halmen aber gar nicht vorkommt, ferner dass das Getreide besonders bei üppiger Entwicklung zum Lagern disponirt ist, weil die zahlreicheren und grösseren Blätter und die dickeren Halme beschattend wirken, daher auch der kräftigere Weizen öfter als andere Getreidearten lagert, und auch guter Boden und reichliche organische Düngung das Uebel befördern, ferner dass die Gefahr des Lagerns durch Eggen, Walzen, sowie durch Abweiden (das sogenannte Schröpfen) verhütet wird, weil dies die zu üppige Entwicklung hemmt, endlich dass man das Lagern auf Feldern, die zwischen hohen Bäumen, Wald oder grossen Gebäuden eingeschlossen sind, häufiger antrifft als in offenen Lagen, desgleichen in gebirgigen Gegenden auf der Thalsohle und an den Hängen häufiger als auf den freien Höhen. Aus dem eben Gesagten ergibt sich von selbst, was man zu thun und zu vermeiden hat, um das Lagern des Getreides möglichst zu verhüten.

Kapitel 2.

Von den Wirkungen der Temperatur.

Der Gesundheitszustand der Pflanze kann gestört werden durch Einwirkungen der Temperatur. Dieser Fall tritt ein: 1. wenn das die Pflanze umgebende Medium bis zu denjenigen Temperaturgraden sich erwärmt oder abkühlt, welche das Leben überhaupt vernichten, 2. wenn innerhalb der Grenzen der für das Pflanzenleben geeigneten Temperatur die letztere beträchtlich von demjenigen Grade entfernt ist, welcher für den normalen Verlauf des Lebensprozesses der günstigste ist. Auch hier beschränken wir uns bei denjenigen Punkten, die mehr auf physiologischem Gebiete liegen, auf kurze Andeutungen.

A. Tödtung durch Hitze.

Befinden sich in Vegetation begriffene Pflanzen ganz in einem zu stark erwärmten Raume, so ist ihr Tod die Folge. Die Todessymptome treten dann schneller oder langsamer, spätestens in wenigen Tagen hervor, auch wenn die Pflanze inzwischen wieder in normale Temperatur gebracht worden ist.

Diese Symptome zeigen sich am auffallendsten an saftreichen Theilen. Gewöhnlich bemerkt man sie zuerst an eben erwachsenen Blättern, während die jüngeren noch unentwickelten Blätter länger, alte Blätter, Blattstiele und Internodien noch länger widerstehen. Die Zellwandungen verlieren ihren Turgor, sie lassen Zellsaft in die Intercellulargänge austreten und schützen ihn auch nicht mehr gegen Verdunstung; das Protoplasma verliert seine Bewegung und Organisation, es nimmt, wenn die Zelle farbigen Saft enthält, den Farbstoff auf und lässt ihn aus dem Pflanzentheile, sobald dieser in Wasser gelegt wird, austreten. Aus diesen Veränderungen der Zellen resultirt die bekannte Beschaffenheit aller durch Hitze getödteten saftreichen Pflanzentheile: die Schlaffheit, die Weichheit, das leichte Austreten des Saftes durch Druck aus solchen Theilen, besonders voluminösen, wie Succulenten, Zwiebeln u. dergl., die durchscheinende Beschaffenheit (in Folge der Erfüllung der Intercellulargänge mit Saft), das rasche Welkwerden und Vertrocknen.

Der tödtliche Temperaturgrad ist für Landpflanzen verschieden, je nachdem

¹⁾ L. KOCH, Abnorme Aenderungen wachsender Pflanzenorgane durch Beschattung. Berlin 1872.

²⁾ Derselbe, l. c. pag. 16.

dieselben in Luft oder in Wasser sich befinden. Man darf im Allgemeinen 50 bis 52° C. in der Luft und schon 45 bis 46° C. im Wasser bei einem Aufenthalt von 10 Minuten für tödtlich halten. Specielleres ist in der Physiologie zu finden. Noch grösser ist der Widerstand, den trockene Samen und Pilzsporen gegen Hitze zeigen; der schädliche Einfluss kann sich hier selbstverständlich nicht in denjenigen Symptomen wie bei saftreichen Organen äussern, sondern er besteht in dem Verluste der Keimfähigkeit. Das Nähere ist ebenfalls der Physiologie zu überlassen.

Als lokale Beschädigungen durch Sonnenhitze an erwachsenen höheren Pflanzen sind mancherlei Erscheinungen gedeutet worden, ohne dass dafür immer ein genügender Nachweis beigebracht worden wäre. Sogar Effekte, welche unzweifelhaft nicht einmal indirekt durch stärkere Erwärmung veranlasst werden, wie verschiedene parasitäre Fleckenkrankheiten der Blätter, hat man so erklären wollen¹⁾. Aber es sind hier auch alle Erscheinungen von Sommerdürre auszuschliessen, weil diese auf einem Missverhältniss zwischen Wasseraufnahme und Verdunstung beruhen, von der Temperatur als solcher unabhängig sind. Das sogenannte Verbrennen der Blätter in Gewächshäusern, wobei gelbe oder braune vertrocknete Flecken, welche durch die ganze Dicke des Blattes gehen, auftreten, findet statt, wenn Wassertropfen auf den Blattflächen sich befinden und dieselben durch die Sonne soweit erhitzt werden, dass eine Tödtung der Blattsubstanz stattfindet, wie NEUMANN²⁾ beobachtete, der solche Flecken an den Blättern von *Dracaena* und *Cordyline* binnen wenigen Minuten entstehen sah, nachdem sie bespritzt waren und von der Sonne beschienen wurden, wobei die Flecken unter den Tropfen sich bildeten. Der tödtlich wirkende Temperaturgrad ist freilich nicht ermittelt worden. Dass aber Pflanzentheile, die von intensivem Sonnenlichte getroffen werden, stärker als die umgebende Luft sich erwärmen hat ASKENASY³⁾ an *Sempervivum* und *Opuntia* beobachtet, welche dabei 43 bis 49, selbst 51 bis 52° C. annehmen, ohne geschädigt zu werden, während dünnere Blätter, z. B. von *Gentiana cruciata*, gleichzeitig nur bis 35° C. sich erwärmten. Da die erstgenannten Grade in der Nähe derjenigen Temperatur liegen, welche im Wasser tödtlich ist, so wäre, wenn die Blätter bei solcher Erwärmung benetzt sind, eine Tödtung nicht undenkbar, auch wenn die Tropfen nicht gerade wie Brenngläser wirken sollten. — Der durch verschiedenartige äussere Verletzungen verursachte Samenbruch der Weinbeeren (s. Hagelschäden) kann nach HOFFMANN⁴⁾ auch durch die Sonnenstrahlen bewirkt werden, wenn dieselben durch Wassertropfen, die an der Beere hängen, wie durch eine Linse auf der Oberfläche der Schale im Brennpunkte vereinigt worden sind und eine Tödtung der getroffenen Stelle der Beere hervorgebracht haben.

Durch Isolation sollen nach DE JONGHE⁵⁾ Sonnenrisse in der Rinde der Obstbäume entstehen, und zwar im Frühjahr, besonders am unteren Theile des Stammes, immer auf der der Sonne zugekehrten Seite, welche ihren Strahlen von 11 Uhr Vormittags bis 2 Uhr Nachmittags ausgesetzt ist. Das Bedecken dieser Seiten mit Stroh soll das Aufreissen verhindern. Da die Erscheinung nur im März auftreten soll, so muss wol den Spätfrösten hierbei die eigentliche Ursache zugeschrieben werden, indem sie in der saftreich gewordenen Cambiumschicht ein Ge-

¹⁾ DECANDOLLE, Physiologie végétale III. pag. 1113.

²⁾ ADANSONIA, 1860. pag. 320, im Auszuge in Hamburger Gartenzeitung 1863, pag. 163.

³⁾ Bot. Zeitg. 1875, Nr. 27.

⁴⁾ Bot. Zeitg. 1872. Nr. 8.

⁵⁾ Bot. Zeitg. 1857. No. 10.

frieren bewirken, welches ein Absprengen der Rinde vom Holze zur Folge hat, worauf vermuthlich die von der Saftzuleitung ausgeschlossene Rinde durch die Sonnenhitze vertrocknet und berstet. Nach CASPARY¹⁾ soll jedoch auch erst im August die Entstehung von Sonnenrissen an den der Mittagssonne ausgesetzten Seiten bemerkt worden sein, was der Genannte als eine unmittelbar tödtliche Wirkung der Sonnenhitze auffasst. Die Vermuthung ist aber auch hier nicht ausgeschlossen, dass ein früher eingetretener Frosttod der Rinde erst bemerkt worden ist, nachdem in der heissen Jahreszeit die Austrocknung der toten Partien bis zum Bersten fortgeschritten war. Ob die Sonne allein eine solche Wirkung hervorzubringen vermag, bedarf also noch einer kritischen Untersuchung.

B. Wirkungen des Frostes.

I. Veränderungen beim Gefrieren.

Ein Erstarren der Pflanzensäfte zu Eis findet zwar im Allgemeinen in der Nähe von 0° statt, braucht aber nicht genau mit dieser Temperatur des umgebenden Mediums zusammen zu fallen. Denn dünne und flächenreiche Pflanzentheile sind, ausgenommen im direkten Sonnenlicht, in Folge von Wärmestrahlung und Verdunstung in freier Luft gewöhnlich etwas kälter als diese (wie Thau- und Reifbildung auf den Pflanzen beweisen) und können also, wenn die Luft nur wenige Grade über 0° hat, unter den Gefrierpunkt abgekühlt sein. Andererseits brauchen die Pflanzensäfte als mehr oder minder concentrirte Lösungen bei 0° noch nicht zu gefrieren²⁾, und wenn sie gefrieren, so scheiden sie sich in fast reines Wasser, welches erstarrt, und in eine concentrirtere Lösung, welche dies erst bei stärkeren Kältegraden thut. Uebrigens ist in trockneren Pflanzentheilen kein oder nur wenig Zellsaft in den Zellen vorhanden; fast alles Wasser befindet sich im imbibirten Zustande in der Zellhaut, im Protoplasma und in dessen geformten Inhaltskörpern, und auch von diesem Wasser gefriert bei bestimmten Kältegraden nur ein Theil, der andere wird als Imbibitionswasser zwischen den Molekülen dieser Organe festgehalten. Ist aber dieses Imbibitionswasser nur in geringer Menge vorhanden, so kann überhaupt nur eine sehr unbedeutende oder vielleicht gar keine Krystallisation zu Eis eintreten. Jedenfalls lassen auch bei den stärksten Kältegraden unserer Winter alle trockenen Pflanzentheile, wie die Winterknospen und die Zweige der Holzpflanzen sowie die Samen, keine Veränderung im Sinne eines Gefrierens wahrnehmen, und es sind nur saftreichere Organe, wie die Stengel und Blätter der Kräuter, das Laub der Bäume und Sträucher, die Aeste derselben im Zustande der Saftfülle, Knollen, Zwiebeln und succulente Pflanzen, welche auffallend gefrieren. Man muss unterscheiden zwischen solchen Veränderungen, welche im gefrorenen Zustande vorhanden sind, und solchen, welche erst beim Aufthauen eintreten. Zu den ersteren gehören 1. die Eisbildung und die damit zusammenhängenden Zerreibungen der Gewebe, sowie der Wasserverlust und das Einschrumpfen der Zellen, 2. die Krümmungen der Pflanzentheile, 3. gewisse Farbenänderungen derselben.

1. Eisbildung. Beim Gefrieren werden saftige Pflanzentheile in Folge der in ihnen stattfindenden Eisbildung hart und glasig spröde. Werden die Theile plötzlich starken Kältegraden ausgesetzt, so erstarren sie durch und durch gleichmässig zu steinharten Körpern. Wesentlich anders ist die Eisbildung, wenn die Pflanzentheile allmählich bei geringen Kältegraden (— 1 bis 4° C.) gefrieren,

¹⁾ Verhandl. d. phys.-ökon. Gesellsch. zu Königsberg 1858.

²⁾ Vergl. NÄGELI, Sitzungsber. d. bair. Akad. d. Wissensch. 9. Febr. 1861.

wie dies in unserem Klima im Freien bei Eintritt von Frost gewöhnlich der Fall ist. Hier bilden sich Eismassen intercellular in den Geweben, welche dadurch zerklüftet werden, während die Zellen mehr oder weniger zusammenschrumpfen, weil Wasser aus ihnen ausgetreten und dann zu Eis erstarrt ist, jedoch selbst nicht gefrieren, sobald eben der Frost keinen ungewöhnlich starken Grad erreicht.

Die Bildung zusammenhängender Eismassen in gefrierenden Pflanzen ist den Beobachtern schon vor langer Zeit aufgefallen, eingehender aber zuerst von CASPARY¹⁾, später von PRILLIEUX²⁾ untersucht worden. Nach diesen und meinen Beobachtungen tritt sie am häufigsten und stärksten erstens an solchen Pflanzen auf, welche für den Winterzustand nicht vorbereitet und noch in Vegetation begriffen sind, nämlich besonders an Spätlingen der Einjährigen und an exotischen Stauden im freien Lande, zweitens im Frühlinge an Pflanzen, die bereits in Saft getreten sind oder zu treiben begonnen haben, also überhaupt an solchen, die reich an Saft sind und denen solcher auch fortwährend durch die Wurzelthätigkeit zugeführt wird. Uebereinstimmend ist überall, dass die Eismasse wenigstens Anfangs, meist für immer, innerhalb des Pflanzentheiles sich befindet und aus prismatischen Eiskrystallen besteht, welche mit einander parallel und mehr oder minder zusammenhängend, wie Basaltsäulen stets vertical auf demjenigen Gewebe stehen, aus welchem das Wasser ausfriert. In einer Beziehung zu den einzelnen Zellen oder Intercellulargängen, wie CASPARY glaubte, stehen die Krystalle nicht. In den Eissäulchen sind gewöhnlich sehr feine in der Richtung der Längsachse fadenförmig gereichte Luftblasen eingeschlossen. Meistens behalten die Eismassen diese faserig kompakte Beschaffenheit, auch wenn sie zu grosser Stärke heranwachsen, die nicht selten die Dicke des unterliegenden Gewebes weit übertrifft. Indessen haben schon ältere Beobachter, sowie auch CASPARY³⁾ und PRILLIEUX⁴⁾, mitunter gesehen, dass das Eis auch durch excessives Wachstum in radialer Richtung stellenweis aus den Stengeln bald in Form fast zolllanger krystallinischer Fäden, bald in dünnen vertikalen Eisblättern oder Kämmen, bald als faserige Eislocken weit hervortritt. Es hängt von dem anatomischen Bau des Pflanzentheiles ab, an welchem Orte die Eismassen sich bilden. Der gewöhnlichste Fall bei Stengeln und Blattstielen krautartiger Pflanzen ist, wie PRILLIEUX schon angegeben hat, der, dass im Rindeparchym, bald unmittelbar unter der Epidermis, bald tiefer, eine mit der Oberfläche concentrisch liegende Eiskruste von ansehnlicher Stärke sich bildet, durch welche die Epidermis und die etwa mit abgetrennten äusseren Rindeschichten wie ein weiter Sack abgehoben und nicht selten gesprengt werden. Das grüne Rindeparchym ist wegen der Anwesenheit vieler Intercellulargänge und wegen der leichten Trennbarkeit der einzelnen Zellen der Entstehung dieser intercellularen Eismassen besonders günstig. An den Punkten, wo die Epidermis durch collenchymatische oder ähnliche feste Gewebe fester mit dem Innern zusammenhängt, ist die peripherische Eislage unterbrochen. So haben nach PRILLIEUX der Stengel von *Senecio crassifolius* 5, die Stengel der Labiaten 4, nämlich an den 4 Seiten liegende, die meisten Blattstiele 3 solcher Eisplatten unter der Oberfläche, nämlich eine an der rinnenförmigen oder flachen Oberseite, je eine an den beiden Hälften der convexen Unterseite. Dagegen bekommen die Stengel der Scrofularaceen eine ringförmig zusammenhängende Eisschicht; und am Stengel von *Borago officinalis* finde ich viele ungleich grosse, nur durch dünne Schichten von Rindenparenchym getrennte dicke Platten nebeneinander einen ringförmigen Eismantel bilden (Fig. 19). Ich habe mich von der Richtigkeit der Angabe PRILLIEUX's überzeugt, dass bei diesem Gefrieren die Zellen dort, wo die Eisklüfte im Gewebe sich bilden, nur auseinanderweichen, aber nicht zerrissen werden (Vgl. Fig. 20 C.) Die von CASPARY untersuchten Pflanzen, meist kleine exotische Sträucher mit stark entwickeltem Holzkörper (*Heliotropium peruvianum*, *Cuphea pubiflora* und andere Arten, *Lantana abyssinica* und *aculeata*, *Mamulea oppositifolia*, *Calceolaria perfoliata*), zeigten das Eis unmittelbar auf dem Holzcylinder aufsitzend, zwischen diesem und der Rinde, die dadurch vom Holz getrennt und

¹⁾ Bot. Zeitg. 1854, No. 38—40, wo auch die ältere Literatur zu finden ist.

²⁾ Ann. sc. nat. 5. sér. T. XII. (1869) pag. 125.

³⁾ Bot. Zeitg. 1854, pag. 665—674; daselbst auch die älteren Angaben.

⁴⁾ l. c. pag. 129.

verschiedenartig gesprengt war. Auch hat Derselbe¹⁾ im Frühjahr an einheimischen Bäumen bei plötzlich eintretendem Frost ein Gefrieren des Saftes im Cambium und ein Absprengen der Rinde vom Holze beobachtet. Ein zweiter Ort der Eisbildung in Stengeln und Blattstielen, der gleichfalls von den genannten Beobachtern schon genannt wird, ist das Mark. Wo dieses massiv ist, bilden sich oft mehrere Eispartieen, welche das Gewebe unregelmässig der Länge und der Quere nach zerklüften. In hohlen Stengeln füllt sich oft die Markhöhle mehr oder weniger mit Eis, welches in einer ringförmig zusammenhängenden Kruste die Wand der Höhle bedeckt, wie ich es z. B. in gefrorenen Stengeln von *Borago officinalis* fand (Fig. 19). Durch solche Anhäufungen von Eis im Mark kann endlich der Holzring gesprengt werden, was CASPARY²⁾ und ältere Beobachter gesehen haben. Wenn im Markgewebe noch einzelne Gefässbündel zerstreut stehen, so schießt auch um jede ein Gefässbündel umgebende Gewebepartie eine ringförmige Eiskruste an, wie SACHS³⁾ von gefrorenen Blattstielen von *Cynara scolymus* angiebt. Blattstiele, die hauptsächlich aus zartem Parenchym bestehen, in welchem nur wenige und feine Fibrovasalstränge verlaufen, können, wenn die Epidermis abgehoben oder stellenweise gesprengt ist, auch innerlich sehr tief der Quere und der Länge nach von dem sich bildenden Eis zerrissen werden. Die Verwundungen

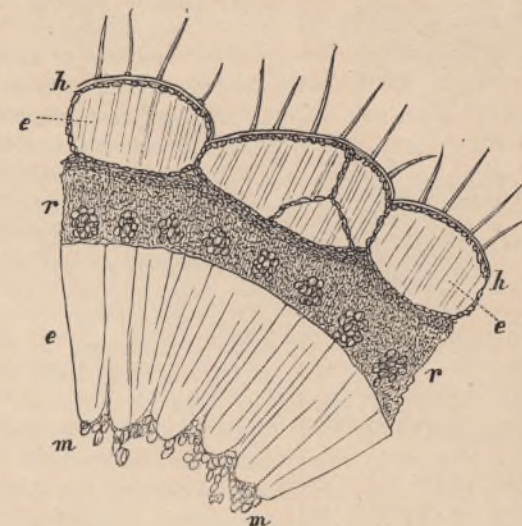


Fig. 19.

(B. 105.)

Gefrorener Stengel von *Borago officinalis*, ein Stück desselben im Querschnitte. r Rinde mit dem Gefässbündelringe. h behaarte Oberhaut, nebst Partien der Rinde durch mächtige, radial gestreifte Eisplatten ee, die einen ringsumlaufenden Eismantel bilden, abgehoben. Die Höhlung des Stengels auf der Innenseite von r ist mit einem aus dichtstehenden Eiskrystallen gebildeten starken Hohlzylinder von Eis e ausgekleidet; auf den Spitzen dieser Eiskrystalle die bis dorthin geschobenen Markzellen mm, welche auf der Innenseite von rr gesessen hatten. Schwach vergr.

können dann dadurch noch vergrößert werden, dass die theilweise befreiten Parenchymstücken in Folge der Gewebespannung sich nach aussen concav krümmen, zum Beweise, dass sie selbst dabei nicht gefroren sind. So bemerkte ich es an Stielen der Wurzelblätter von *Lychnis diurna* zu Ende des Winters nach schwachem Nachtfrost. Eine andere eigenthümliche Art der Bildung von Eisplatten in Blattstielen hat v. MOHL⁴⁾ beschrieben: er fand, dass im Herbst bei Nachtfrosten an den Blattpolstern der Baumblätter in der ganzen vorgebildeten Trennungsschicht eine Eisplatte sich bildet, durch welche das Blatt abgegliedert wird, so dass am Morgen plötzlich massenhafter Blattfall eintritt. In den gewöhnlichen dünnen Blattflächen der meisten Pflanzen ist die Eisbildung minder auffallend, obgleich auch diese Theile bei Frost erstarren. Ich fand in gefrorenen Blättern krautartiger mono- und dikotyledoner Pflanzen verhältnissmässig dünne Eiskrusten meist zwischen der Epidermis und den angrenzenden Mesophyllzellen, zum Theil auch zwischen die letzteren eindringen, seltener unter der ersten Mesophyllzellenschicht (*Iris*), also wiederum an denjenigen, der Oberfläche nächsten Orten, wo Intercellularräume vorhanden sind und die Zellen am leichtesten von einander weichen. Daher sieht man dies besonders an

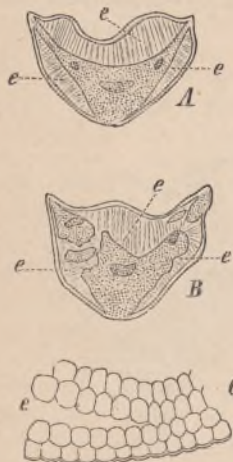
¹⁾ Bot. Zeitg. 1857, pag. 153. Das Gleiche wird schon von DU PETIT THOUARS (Le verger francais, Paris 1817) ausgesprochen.

²⁾ Bot. Zeitg. 1854, pag. 671—674.

³⁾ Lehrbuch der Botanik. 4. Aufl. pag. 703, Fig. 473.

⁴⁾ Bot. Zeitg. 1860, pag. 15.

der unteren Blattfläche, wo das Schwammparenchym jene Bedingungen am meisten erfüllt, mit Ausnahme der Stellen über den stärkeren Nerven; aber es kommt auch an der oberen Seite des Blattes zu Stande. Uebrigens fand ich diese Eisbildung nie gleichmässig über die ganze Blattfläche, immer mehr oder minder fleckenweiss und zwar ganz regellos localisirt; offenbar bilden die Stellen, wo die Krystallisation beginnt, Anziehungspunkte für neue Flüssigkeit, die sich dorthin zieht von den übrigen Theilen des Blattes her, welche dadurch soviel Saft verlieren, dass an ihnen keine Eisbildung eintreten kann. Ein meist auffallend hellgrünes Colorit zeigt die Stellen an, wo Eis in der Blattfläche abgeschieden worden ist.



(B. 106.) Fig. 20.

Gefrorene Blattstiele von *Lychnis diurna*, A und B im Querschnitte schwach vergrössert, C die Eismassen, durch welche die oberflächlichen Zellschichten vom inneren Gewebe abgehoben sind, das letztere auch stellenweise zerrissen ist. C Stärker vergrösserter Durchschnitt durch eine Stelle des äusseren Theiles des Blattstieles, wo eine Eisbildung beginnt; dieselbe zeigt sich deutlich zwischen den Zellen, die hier auseinandergewichen, nicht zerrissen sind.

Die physikalische Erklärung dieser Eisbildung haben SACHS¹⁾ und v. MOHL (l. c.) gegeben. Ersterer hat experimentell die Bedingungen derselben festgestellt. Als solche ergeben sich: eine mässige Kälte (— 3 bis 6° C.), bei welcher das Zellgewebe selbst noch nicht gefriert und mit Wasser imbibirt ist, und ein Schutz der Fläche, auf welcher das Eis sich bildet, vor zu starker Verdunstung. Diese Bedingungen sind auch bei der Eisbildung innerhalb lebendiger Pflanzentheile erfüllt. SACHS erklärt nun den Vorgang folgendermassen. Wenn die dünne Wasserschicht an der Oberfläche einer imbibirten (an Intercellularräume angrenzenden) Zellhaut gefriert, so wird eine neue Wasserschicht aus der letzteren an ihre Stelle treten und nun ihrerseits wieder erstarren, was so lange fortgeht als die Zellhaut nicht gefroren ist. In der That wachsen die Krystalle, wie die Beobachtung lehrt, an ihrer Basis. Wegen der thätig bleibenden Imbibitionskräfte der Membranen wird auch von entfernteren Stellen aus Wasser nach den Punkten, wo die Eisbildung zuerst begonnen hat, hingeleitet, so dass die letzteren zu Anziehungspunkten für das Wasser der Pflanze werden; ja die sehr mächtigen Eisablagerungen lassen sich hinreichend nur durch die Annahme erklären, dass während des Phänomens durch die Aufsaugung der Wurzeln nach und nach noch beträchtliche Wassermengen den Krystallisationspunkten zugeführt werden, wie von CASPARY und Anderen²⁾ vor ihm bereits geltend gemacht worden ist. Daraus erklärt sich auch, dass der Genannte die Erscheinung nicht an Topfpflanzen beobachtete, offenbar weil hier durch die Kälte auch die Wurzelthätigkeit sistirt war.

¹⁾ Berichte der kgl. sächs. Ges. d. Wiss. 1860, pag. 1 ff.

²⁾ Bot. Zeitg. 1854, pag. 686.

2. Krümmungen an Blättern und biegsamen krautartigen Stengeln sind beim Gefrieren der Pflanzen gewöhnliche Erscheinungen. Die der Stengel anlangend, giebt GÖPPERT¹⁾ an, dass nach einer Temperatur von — 5° C. im Frühlinge die büschelig wachsenden Stengel der Päonien, Delphinien, *Adonis*, Potentillen, *Dichytra* etc. excentrisch mit der Spitze nach der Erde gebogen, Raps und Kohl nur nickend, aber blühende wie nicht blühende Stengel von Liliaceen, wie Kaiserkrone und Hyacinthen, nicht gebogen, sondern platt auf den Boden gestreckt waren. Ich sah die Krümmungen sowol an Spätlingen bei den ersten Herbstfrösten, als auch bei Frühjahrsfrösten. Die meisten Stengel sind ähnlich wie im welken Zustande in ihrem oberen Theile in einem weiten Bogen umgekrümmt (*Silybum marianum*, *Sonchus oleraceus*, *Senecio vulgaris*, *Urtica urens*, *Mercurialis annua*, *Sinapis alba*, *Poterium Sanguisorba*), nicht selten halbkreisförmig, so dass die Spitze gegen die Erde gekehrt ist. Andere zeigten, wie es hier ebenfalls beim Welken zu sehen ist, nur eine nickende Richtung des Blütenstandes: so waren die Blütenstiele nur im oberen Theile gekrümmt und die Köpfchen hängend bei *Calendula*, *Chrysanthemum Parthenium*, und bei *Euphorbia helioscopia* waren sowol der Hauptstengel als die Aeste des Blütenstandes allemal nur dicht unter den Hüllen umgebogen. Auch die Blätter nehmen meistens eine ähnliche Richtung wie im welken Zustande an: sie sind im Allgemeinen abwärts gebogen. GÖPPERT²⁾ erwähnt die schon von LINNÉ beobachtete Erscheinung, dass *Euphorbia Lathyris* beim Gefrieren die Blätter dicht am Stengel herabschlägt. Abwärtskrümmungen der Blätter nur mit ihrer Basis sah ich an den Wurzelblättern von *Allium victorialis*, die dadurch horizontal auf dem Boden hingestreckt waren, und bei *Sambucus nigra*, wo die Blätter nur in der Nähe des Blattpolsters sich herabgeschlagen hatten. Gewöhnlicher krümmt sich das Blatt in seiner ganzen Länge oder im grösseren Theile derselben abwärts; bei einigermaassen langgestielten ist es hauptsächlich der Blattstiel, z. B. bei *Malva sylvestris*, *Ficaria ranunculoides*, bei nicht oder kurzgestielten die Blattfläche, z. B. bei *Fritillaria imperialis*, bei *Euphorbia amygdaloides*, und bei den allermeisten dikotyledonen Kräutern. An diesen und an den Holzgewächsen, kommen zugleich oft mannigfache unregelmässige Verkrümmungen und Kräuselungen der Blattfläche vor, wobei jedoch vorherrschend die morphologische Oberseite convex wird. Oder die Blattfläche faltet sich zusammen, wie in der Knospe (*Malva*).

Einen Versuch, diese Krümmungen zu erklären, findet man nur bei SACHS³⁾ in der beiläufigen Bemerkung, dass wenn die Zusammenziehung des Gewebes in Folge des Wasserverlustes bei der Eisbildung — welche SACHS⁴⁾ wirklich durch Messung nachgewiesen hat — auf verschiedenen Seiten eines Blattes oder Stengels in verschiedenem Grade erfolgt, Krümmungen eintreten müssen. Ich glaube, diese Erklärung genügt nicht, um das in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle stattfindende Umkrümmen nach unten begreifen zu können, besonders an nicht oder kaum bilateralen Organen, wie Internodien und vielen langen Blattstielen. Hier kann keine andere Vorstellung Platz greifen, als die, dass die Abwärtskrümmung Folge einer allgemeinen Erschlaffung der Gewebe ist in Folge der Entziehung des Wassers, welches auskrystallisirt. Starr wird das Organ erst dann, wenn so viel Eiskrystalle gebildet sind, dass sie zu ausge dehnteren Krusten sich vereinigt haben. Darum wird, wenn dieser Zustand inzwischen eintritt, oft nicht vollständig senkrecht hängende Richtung erreicht. Mit dieser Vorstellung steht im

¹⁾ Ber. d. schles. Gesellsch. f. vaterl. Cult. 30. März 1873. Citirt in Bot. Zeitg. 1873, pag. 366.

²⁾ Wärme-Entwicklung in den Pflanzen, pag. 12.

³⁾ Lehrb. der Botanik. 4. Aufl. pag. 703. Anmerk.

⁴⁾ Ber. der kgl. sächs. Ges. d. Wiss. 1860, pag. 19.

Einklänge, dass namentlich schwere Pflanzentheile, wie Blütenköpfe und andere Infloreszenzen, laubreiche Stengelspitzen, grosse Blattflächen, die Krümmung am ausgeprägtesten zeigen, und zweitens vorzüglich der Umstand, dass die Krümmungen immer dort eintreten, wo am spätesten das Wachsthum erlischt, die Zellen noch am saftreichsten und dünnwandigsten sind, mithin an denselben Theilen, welche auch beim Welkwerden zuerst und am stärksten sich krümmen, wie oben hervorgehoben wurde. Während so viele der Frostkrümmungen augenscheinlich sowol in der Form der Erscheinung als auch ursächlich mit dem Welken zu vergleichen sind, tritt doch unzweifelhaft in anderen Fällen der von SACHS bezeichnete Faktor als wirksam ein, den man vielleicht genauer als Veränderungen der Gewebespannungen bezeichnen kann. Denn wenn an verschiedenen Seiten eines Organes den Geweben in verschiedenem Grade Wasser entzogen wird, so müssen, da ja das Gewebe selbst nicht gefroren und noch von einem Theile des Saftes imbibirt ist, die Gewebespannungen durch Krümmungen sich äussern. Da in vielen Blättern die Eisbildung besonders an der morphologischen Unterseite stattfindet, so wird in der That der stärkere Wasserverlust dieser Seite zu den für diese Organe charakteristischen convexen Krümmungen der Oberseite beitragen müssen. Und unzweifelhaft giebt dieser Vorgang allein den Ausschlag bei solchen Richtungsänderungen, welche in keiner Beziehung zur Schwerkraft stehen. Als solche hebe ich nur hervor die schlängeligen Krümmungen, die man bisweilen an gefrorenen langen Blütenstielen sehen kann, und besonders die Erscheinung, die ich bei demselben Herbstfroste, bei welchem ich die anderen Beobachtungen machte, an einem noch belaubten Strauche von *Ptelea trifoliata* bemerkte. An den ziemlich aufrechten Zweigen hatten die Blätter ihre Foliola lediglich durch Krümmungen der Gelenke in sehr verschiedene Stellungen gebracht: an der Mehrzahl waren die Blättchen nach oben zusammengeschlagen, so dass die morphologische Oberseite der Gelenke sich verkürzt hatte; dabei waren die 3 Blättchen bald mehr gegen die Basis des Blattes hin gewendet, bald mehr in einer die Basis fliehenden Richtung einander genähert; manche Blätter jedoch zeigten die Foliola nach unten geschlagen, also die Unterseite der Gelenke verkürzt. Zur Verticale aber standen diese Bewegungen in gar keiner gesetzmässigen Beziehung.

Bei starken Frösten hat man auch eine Senkung der Baumäste beobachtet, am auffallendsten an Linden. CASPARY¹⁾, welcher von 10 Baumarten ungefähr zollstarke oder schwächere Aeste in dieser Beziehung untersuchte, kommt zu dem Schlusse, dass gewisse Baumarten ihre Aeste bei Kälte senken, andere erheben, beim Weichen des Frostes nahezu wieder in die ursprüngliche Lage zurückkehren. Da CASPARY aber von jeder Baumart meist nur einen einzigen Ast untersuchte und da er bei allen Bäumen auch noch Veränderungen der Richtung nach der Seite hin bemerkte, so dürfte sich die Erscheinung bei weiter ausgedehnten Untersuchungen überhaupt in anderer Weise darstellen und die Vermuthung an Raum gewinnen, dass diese noch unaufgeklärte Erscheinung mit unter dieselben Gesichtspunkte zu bringen sei, wie die Richtungsänderungen der vorher besprochenen weniger holzigen Pflanzentheile.

3. Farbenänderungen beim Gefrieren treten hauptsächlich an grünen Blättern ein. Ausgeschlossen bleiben jedoch hier die an wintergrünen Pflanzen normal in der kalten Jahreszeit sich zeigenden Verfärbungen. Auch dürfen nicht diejenigen Farbenänderungen hiermit verwechselt werden, welche schon eine Folge des Todes der Zellen sind, der häufig beim Wiederaufthauen eintritt; vielmehr sind hier nur diejenigen gemeint, welche, sobald die Wärme wiederkehrt, verschwinden und der normalen Färbung weichen. Als solche habe ich folgende bemerkt. Zunächst, dass das vorher undurchsichtige Gewebe mehr oder minder glasartig durchscheinend wird, besonders bei einigermaassen saftigen Theilen, wie es schon GÖPPERT²⁾ angiebt; es zeigt sich am vollkommensten dann, wenn das Organ bei starken Kältegraden durch und durch zu Eis erstarrt. Bei langsam eintretendem schwachen Froste, wo nur intercellulare Eisbildung stattfindet,

¹⁾ Report of the International Horticultural Exhibition and Botanical Congress. London 1866, pag. 99.

²⁾ Wärme-Entwicklung, pag. 9.

erscheinen mehr oder minder deutlich blassgrüne bis weissliche Flecken in dem dunkelgrünen Colorit des übrigen Theiles. Jene sind veranlasst durch die gebildeten Eiskrusten, indem diese die Epidermis abheben, und die zwischen den Eiskrystallen enthaltene Luft das helle Aussehen bedingt. Die übrigen Stellen erscheinen dunkelgrün, weil sie nur aus saftärmer gewordenem und mehr zusammengezogenem Gewebe bestehen. Darum ist diese Zeichnung bei Dikotyledonen oft allein an der Unterseite des Blattes vorhanden und auf das Deutlichste durch die Nervatur bedingt, indem die Adern dunkelgrün, die nur aus Schwammparenchym gebildeten Felder weisslich erscheinen (Wurzelblätter von *Borago officinalis*, *Dipsacus Fullonum*). Bei vielen anderen Dikotyledonen aber treten die Flecken auf beiden Blattseiten und in regelloser Vertheilung und Grösse auf, wie ich es z. B. an *Sinapis alba* sehr ausgeprägt sah. Auch viele Monokotyledonen-Blätter zeigen oft an beiden Seiten weissliche Flecken oder Streifen. Wenn die Pflanzen in's Warme gebracht werden, so verschwinden diese Zeichnungen fast augenblicklich wieder. Im gefrorenen Zustande finde ich die grünen Zellen nicht weiter verändert als dass sie sammt Inhalt stark geschrumpft sind, und dass auch die normale Anordnung der Chlorophyllkörner, oft nachdem sie schon durch Apostrophe (s. oben pag. 338) ihre Stellung verändert haben, gestört ist, oft ein Zusammenhäufen der Chlorophyllkörner zu Klumpen stattgefunden hat, aber ohne sonstige Veränderung. Beim Einbringen in die Wärme begeben sich dieselben schnell wieder in die normale Lage. An den violetten Blüten von *Antirrhinum Orontium* und den gelben von *Calendula* sah ich während des Frostes keine Farbenänderung.

II. Veränderungen beim Aufthauen gefrorener Pflanzentheile.

In dieser Beziehung stellt sich ein wesentlicher Unterschied heraus, je nachdem die Pflanze den gefrorenen Zustand überlebt oder nicht. Im ersten Falle wird das intercellular gebildete Eis beim Aufthauen sogleich durch die Imbibitionskräfte der Zellmembranen und des Protoplasma von den Zellen wieder aufgenommen, welche dadurch ihren normalen Turgor nebst allen Eigenschaften des frischen Zustandes annehmen, während die Eisklüfte wieder auf die gewöhnliche Weite der Intercellularen sich zusammenziehen. Gleichzeitig nehmen die Blätter wieder ihr gewöhnliches Colorit an und alle Theile erlangen ungefähr ihre vorige Richtung und Form wieder. Wenn aber der Pflanzentheil nach dem Aufthauen sich getödtet erweist, so sind auffallende Veränderungen gegen früher zu bemerken. Dieselben zeigen je nach den Pflanzenarten und nach der Beschaffenheit des Pflanzentheiles viele Mannigfaltigkeiten, stimmen aber alle in folgenden Momenten überein, welche die allgemeinen Symptome des Todes sind und auch denen gleichen die nach Tödtung durch Hitze (s. oben) eintreten. Beim Tode durch Erfrieren hört die Turgescenz der Zellhaut auf; diese wird schlaff, hält das Imbibitionswasser nicht mehr fest, lässt es in die Intercellulargänge austreten und rasch verdunsten; das Protoplasma ist desorganisirt, mehr oder minder zusammengeschrumpft, es hat keinen Widerstand mehr gegen den Zellsaft und die in ihm gelösten Stoffe, lässt diesen durch sich hindurchfiltriren und die gelösten Stoffe sich mit einander mengen, giebt auch den Farbstoff ab, wenn solcher im Zellsaft gelöst war, sobald man den Pflanzentheil in's Wasser legt¹⁾; die Chlorophyllkörner

¹⁾ SACHS in Ber. d. kgl. sächs. Ges. d. Wiss. 1860, pag. 25—39.

bekommen Vacuolen oder schrumpfen bisweilen unter Formverzerrung¹⁾ zusammen und werden mit dem sich contrahirenden Protoplasma mehr oder weniger in Klumpen zusammengehäuft. Dagegen ist von einer Sprengung der Zellen, von einer Zerreissung der Zellmembranen (den von CASPARI angegebenen Fall, wo Cambiumzellen beim Gefrieren durchrissen werden sollen, ausgenommen) auch in erfrorenen Pflanzentheilen nichts zu bemerken. In den angegebenen Veränderungen finden alle besonderen Erscheinungen ihre Erklärung, die an verschiedenen Pflanzentheilen beim Tode durch Erfrieren und bei partiellen Frostbeschädigungen wahrgenommen werden. Alle auch nur einigermaassen saftigen Pflanzentheile sind sofort nach dem Aufthauen in hohem Grade schlaff und welk und haben, wegen der Erfüllung der Intercellulargänge mit Flüssigkeit, eine eigenthümliche, durchsichtige, wie gekochte Beschaffenheit; sie sind so weich, dass sie, zumal voluminöse Theile, wie Rüben, Kartoffelknollen, durch geringen Druck den Saft aus sich wie aus einem Schwamm auspressen lassen. Befinden sich die Blätter an der Luft, so verlieren sie durch Verdunstung ihr Wasser ungemein rasch und sind bald ganz dürr. Gewöhnlich übt auch der Chemismus, so lange das erfrorene Blatt noch Saft enthält, rasch seine Wirkung aus: durch den Sauerstoff der Luft tritt eine Art Humificationsprozess ein, welcher das Protoplasma oder die Zellhaut braun färbt; daher werden die Blätter gewöhnlich braun oder schwärzlich. Auch die farbigen Blüthentheile, besonders die weissen, röthlichen und gelben werden mehr oder weniger gebräunt. Wenn aber das Blatt sehr schnell trocken wird, noch ehe der Chemismus seine Wirkung äussern kann, so bekommt es keine anderen Farben, sondern nimmt nur das Fahlgrün des trockenen Heues oder Laubes an. Besonders gilt dies von den wenig saftigen Blättern; diese sind gleich beim Aufthauen dürr und sehen aus wie gut getrocknete Herbarienexemplare. Das Fahlgrün ist nur durch den trockenen Zustand bedingt; denn wenn man solche Theile befeuchtet, werden sie wieder reiner grün. Nur dadurch wird in diesem Falle das Colorit bisweilen etwas missfarbiger, dass die bei der Eisbildung abgehobene Epidermis als dünnes Häutchen lose über dem Mesophyll ausgespannt bleibt und dadurch ein eigenthümliches optisches Verhalten zeigt; entfernt man die Epidermis, so zeigt sich darunter das Mesophyll ebenso freudig grün, wie jegliches frisch getrocknete Chlorophyll, und in den Zellen erkennt man einen gleichmässig grünen unregelmässigen Klumpen, zu welchem die Chlorophyllkörner zusammengetrocknet sind. Dies beobachtete ich an verschiedenen erfrorenen Pflanzen mehrere Tage nach dem ersten Froste, binnen welcher Zeit die Kälte bis auf -10° C. gekommen war. Selbst in den feucht gebliebenen und durch das Erfrieren gebräunten Blättern von *Borago officinalis* fand ich nach derselben Zeit innerhalb des bräunlichen Protoplasma ziemlich deutlich die noch grünen Chlorophyllkörner. Früher oder später werden sie aber hier durch den chemischen Prozess zerstört, und es mag hierbei auch bisweilen die von WIESNER²⁾ geltend gemachte Zerstörung des Chlorophylls durch in den Zellsäften aufgelöste organische Säuren und dergl. stattfinden, da das getödtete Protoplasma die Undurchlässigkeit für jene Substanzen verloren hat und letztere mit dem Chlorophyll in Berührung kommen, wie z. B. beim Sauerklee, dessen Blätter beim Aufthauen sogleich braun werden. Trocknet das aufgethaute erfrorene Blatt sehr schnell, so können die beim Gefrieren auftretenden, sonst in der Wärme sogleich verschwindenden

¹⁾ Vergl. auch G. HABERLANDT, Ueber den Einfluss des Frostes auf die Chlorophyllkörner. Oesterr. Bot. Zeitschr. 1876. Heft 8.

²⁾ Die natürlichen Einrichtungen zum Schutze des Chlorophylls. Wien 1876. pag. 6.

weisslichen Flecken fixirt werden, wie ich es an *Sinapis alba* bemerkte. Es bleibt dann nämlich an diesen Stellen, nachdem die daselbst vorhanden gewesenen Eiskrusten gethaut und verdunstet sind, eine dünne Luftschicht zwischen der Epidermis und dem Mesophyll, sowie zwischen den äusseren Mesophyllzellen selbst eingeschlossen; in dem dunkelgrünen übrigen Theile des Blattes ist das ganze Mesophyll sammt den beiden Epidermen zu einer luftleeren, zusammenhängenden, festen Masse zusammengetrocknet, die nur aus den Zellmembranen und den festen grünen Inhaltsmassen der Zellen ohne Saft besteht. Schliesslich ist noch der Blaufärbung zu gedenken, welche die weissen oder gelben Blüthen und selbst die grünen Theile der Orchideengattungen *Phajus* und *Calanthe* wie überhaupt bei jedem Tode so auch beim Erfrieren annehmen¹⁾ und welche auf der durch Einwirkung des Sauerstoffes bewirkten Bildung von Indigo beruht, welcher in den lebenden Zellen nicht als solcher, sondern als farbloses Indican enthalten ist²⁾.

Die Richtungsveränderungen, welche beim Gefrieren eintreten, bleiben nicht nur beim Tode durch Erfrieren, sondern nehmen zu, indem das Verwelken und Vertrocknen der Theile schnell den höchsten Grad erreicht. Voluminöse, saftreiche Organe dagegen gehen, besonders in feuchter Umgebung, nach dem Erfrieren ebenso wie nach dem Tode aus anderen Ursachen, allmählich in Fäulniss über, weil das in den todtten Geweben lange zurückgehaltene Wasser die Zersetzung der organischen Verbindung ermöglicht. Durch diesen Prozess werden früher oder später die erfrorenen Zwiebeln, Knollen, Rüben, Wurzeln u. dergl. zerstört.

Ursache des Todes durch Erfrieren. Die ältere Ansicht, nach welcher beim Gefrieren die Gefässe und Zellen der Pflanzen zersprengt werden, ist sowol durch theoretische Gründe, als auch durch direkte Untersuchung und Beobachtung widerlegt³⁾. GÖPPERT sieht die Ursache des Todes darin, dass durch die niedere Temperatur an sich die Lebenskraft in der Zelle vernichtet wird und glaubt, dass es hauptsächlich auf die Energie derselben und auf den verschiedenen Vitalitäts-Zustand der Pflanze ankommt, ob dieselbe den Frost erträgt oder ihm erliegt. Diese Ansicht schliesst nothwendig die Annahme ein, dass der Tod beim Erfrieren schon während des Gefrierens, durch direkte Wirkung der Kälte, nicht erst beim Aufthauen oder in Folge des Aufthauens eintritt. GÖPPERT⁴⁾ führt als Beweis hierfür das oben erwähnte Blauwerden der Orchideenblüthen beim Erfrieren an, welches er schon während des Gefrierens beobachtet haben will. PRILLIEUX⁵⁾ aber bestreitet dies; er zeigte, dass diese Blüthen auch im vollständig gefrorenen Zustande noch unverändert sind und erst im Momente des Aufthauens die Farbenwandlung erleiden. GÖPPERT's Ansicht steht diejenige von SACHS⁶⁾ gegenüber, welcher den Eintritt des Todes in den Moment des Aufthauens verlegt und die Todesursache in einem raschen Aufthauen findet, während langsames die Zellen nicht tödtet. Diese Ansicht steht nicht nur im Einklange mit vielen Erfahrungen im Grossen, nach denen unter gleichen Verhältnissen

¹⁾ Vergl. GÖPPERT, Bot. Zeitg. 1871. No. 24, und PRILLIEUX, Bull. soc. bot. de France, 1872. pag. 152.

²⁾ Eine Beschreibung des Aussehens, besonders der Farbenänderungen erfrorener Pflanzen nach Familien und Gattungen hat GÖPPERT (Wärme-Entwicklung, pag. 16 ff. und wiederum in den Sitzungsber. d. schles. Ges. für vaterl. Cultur, 14. Dec. 1874, referirt in Bot. Zeitg. 1875, pag. 610) gegeben. Ich muss darauf verweisen, da ich in der obigen Darstellung die Farbenänderungen nur soweit zusammengestellt habe, als ich für dieselben bestimmte innere Veränderungen als Ursachen angeben konnte.

³⁾ Vergl. besonders NÄGELI in Sitzungsber. d. k. bair. Ak. d. Wiss. 9. Febr. 1861.

⁴⁾ Bot. Zeitg. 1871, Nr. 24.

⁵⁾ Bull. soc. bot. de France. 1872. pag. 152.

⁶⁾ Ber. d. kgl. sächs. Ges. d. W. zu Leipzig. 1860. pag. 22—42. — Experimentalphysiologie, pag. 58—61.

ein plötzlicher Eintritt höherer Temperatur gefrorenen Pflanzentheilen viel schädlicher ist als eine langsame Erwärmung, und mit den günstigen Wirkungen der Frostschutzmittel, welche den plötzlichen Temperaturwechsel verhüten, sowie mit der Thatsache, dass saftreiche Theile weit mehr dem Erfrieren ausgesetzt sind als trockenere, in denen es zu einer Krystallisation von Flüssigkeit nicht kommen kann, sondern SACHS hat auch für bestimmte Fälle den exacten Beweis für die Richtigkeit dieser Annahme geliefert, indem er zeigte, dass ein und dasselbe gefrorene Gewebe (Stücke von Rüben und Kürbissen, Blätter verschiedener Kräuter) beim langsamen Aufthauen, nämlich beim Einlegen in Wasser von 0° u. dergl. lebensfrisch bleibt, dagegen desorganisirt wird wenn es, bei derselben Kälte gefroren, rasch aufthaut. Eine Erklärung der Thatsache lässt sich gegenwärtig nicht geben; um sie begreiflich zu machen, geht SACHS von der Vorstellung aus, dass die Moleküle der Zellhaut und des Protoplasmas und diejenigen des imbibirten Wassers beim Gefrieren sich trennen und in neue Lagen versetzt werden und dass wenn das Schmelzen der kleinen Eiskrystalle in der Zellhaut und im Protoplasma schnell geschieht, heftige Molekularbewegungen entstehen, welche die frühere Anordnung nicht wieder eintreten lassen¹⁾. Ungleich schwieriger dürfte es sein, eine Vorstellung zu gewinnen für den Fall, wo das Gewebe selbst nicht gefriert, nur intercellulare Eiskrusten gebildet werden. SACHS²⁾ meint, beim langsamen Aufthauen schmelzen die Eiskrystalle an ihrer Basis, wo sie die Zelle berühren, und das flüssig werdende Wasser werde sogleich von der Zelle aufgesogen, die dadurch ihre ursprüngliche Beschaffenheit wieder erlange, beim schnellen Aufthauen laufe dagegen ein Theil des Wassers in die Zwischenräume des Gewebes, bevor es aufgesogen werden könne, und die ursprünglichen Verhältnisse können sich nicht wieder herstellen. Allein die Anfüllung der Intercellularen mit Saft ist erst die Folge des Verlustes des Turgors der Zellhaut, setzt den Tod der letzteren schon voraus. Hier müsste zuvörderst die noch nicht aufgeworfene Frage beantwortet werden, ob es bei dem Kältetode durch rasches Aufthauen darauf ankommt, ob die Gewebe selbst gefroren waren oder das Erstarren nur auf der Bildung intercellularer Eiskrusten bei nicht gefrorenen Geweben beruhte. Dass im ersteren Falle durch rasches Aufthauen die Theile getödtet, beim langsamen am Leben erhalten werden, ist durch SACHS' Versuche wohl als erwiesen zu betrachten. Was die zweite Frage anlangt, so habe ich viele krautartige Pflanzen, welche unter intercellularer Eisebildung erstarrt waren, rasch aus der Winterkälte ins geheizte Zimmer gebracht. Viele nahmen hier beim augenblicklichen Aufthauen ihre lebensfrische Beschaffenheit an; viele aber waren auch getödtet. Eine Entscheidung der soeben aufgeworfenen Frage ist damit zwar nicht gewonnen, aber wenigstens das dürfte daraus abzuleiten sein, dass da, wo nur eine intercellulare Eisebildung stattgefunden hat, die Möglichkeit vorhanden ist, dass auch bei raschem Aufthauen das Leben erhalten bleibt.

Aber auch die Frage ist noch keineswegs entschieden, ob nicht doch in gewissen Fällen die Pflanze schon dadurch, dass ihr Saft auskrystallisirt, getödtet werden könne, dass sie also doch schon im gefrorenen Zustande die Bedingung des Todes in sich trägt. Hier könnte an die häufigen Zerreibungen für das Leben wichtiger Gewebe bei der Eisebildung gedacht werden. Aber meistens beschränken sich dieselben auf locale Wunden, die für den ganzen Organismus oft ohne Gefahr sind. Aber ein anderer noch gar nicht genügend beachteter Umstand dürfte von grossem Einflusse auf gewisse Pflanzentheile beim Gefrieren sein: dass nämlich das zu Eis krystallisirende Wasser solchen Theilen entzogen wird, bei denen es eine Lebensbedingung ist, dass sie bis zu einem gewissen Grade mit Wasser imbibirt sind. Wenn man erwägt, wie grosse Massen von Wasser bei der Eisebildung den benachbarten Geweben entzogen werden und wie dabei die Zellen oft bedeutend geschrumpft erscheinen, so drängt sich die Vermuthung auf, dass dabei der Wassergehalt der Zellen unter das für sie zuträglichste Minimum sinken könne und dieselben daher beim Aufthauen ebenso wenig im Stande sind, wieder turgescerent zu werden, als wenn sie z. B. durch Welken einen solchen Wasserverlust erlitten haben. Da nun auch das Eis verdunstet, so werden bei lange dauerndem gefrorenen Zustande, besonders in grossen dünnen Blättern, vielleicht sogar die gebildeten Eiskrystalle, da sie den Imbibitionskräften der Zellen entzogen sind, allmählich schwinden, so dass beim endlichen Erwärmen den Zellen das

¹⁾ Experimentalphysiologie, pag. 61.

²⁾ Lehrb. der Botanik, 4. Aufl. pag. 704.

für sie nöthige Wasser nicht sogleich wieder zugeführt werden kann und sofortiges völliges Vertrocknen die Folge ist. Von dieser Art des Kältetodes, die also mit dem Aufthauen nicht zusammenhängt, habe ich mich mehrfach an Blättern, welche an und für sich wenig saftreich sind, überzeugen können, ich sah sie schon während des Frostes, wo saftreichere Theile glasig gefroren waren, dürr wie Heu. Auch möchte es kaum zweifelhaft sein, dass oft die Spitzen der Bäume und Sträucher wegen dieser Austrocknung, in die der dauernd gefrorene Zustand schliesslich übergeht, absterben, dass ihnen also das Gefrorensein selbst schon tödtlich ist¹⁾. Vielleicht beruht auch die von GÖPPERT²⁾ gemachte Beobachtung, dass wiederholtes Aufthauen und Gefrieren tödtete, während einmaliger Frost diese Folge nicht hatte, darauf, dass dabei endlich zu viel Wasser verloren geht, da es nicht wieder ersetzt wird.

III. Dauernd bleibende Frostschäden.

Wir stellen hier eine Anzahl krankhafter Zustände zusammen, welche oft an lebendigen Pflanzen im Sommer oder während längerer Dauer gefunden werden und auf die Einwirkung von Frühljahrsfrösten zurückzuführen sind.

1. Dürre, missfarbige Blattflecken. Die exponirtesten Stellen der jungen Blätter sich öffnender Knospen erfrieren oft für sich allein bei Frühljahrsfrösten, während der übrige Theil des Blattes nicht beschädigt wird und sich weiter ausbildet. Besonders an den zeitig ausschlagenden Holzpflanzen sind aus diesem Grunde oft die Blattspitzen der ersten ältesten Blätter der Triebe dürr, braun oder schwärzlich, ebenso am Wintergetreide die ältesten Blätter an der Spitze oder bis zur Mitte oder bis zur Blattscheide abgestorben, dürr, bleich oder bräunlich, im übrigen Theile gesund und grün; und Aehnliches zeigen auch die Blätter zeitiger Kräuter. Bei Pflanzen mit gefalteter Knospenlage bekommen oft die Blätter auf den erhabenen Falten zwischen den Nerven in einer Reihe stehende braune, trockene Stellen, endlich Löcher oder Spalten, die bis an den Rand gehen können.

So sah A. BRAUN³⁾ durch die Einwirkung des Frostes auf die noch gefalteten Blättchen von *Aesculus Hippocastanum* an denselben verschiedenartige fiederspaltige Bildungen eintreten. An *Acer campestre* und *platanoides* fand ich solche Beschädigungen in der Blattfläche zwischen den handförmigen Hauptrippen, also ebenfalls an den Stellen, wo das junge Blatt gefaltet ist, in allen Uebergängen von der blossen, durch graue Färbung angedeuteten Verderbniss der Oberhaut bis zu völlig dürrer oder durchlöcherter Stellen, zugleich mit eben solchen Beschädigungen am Blattrande und anderen Stellen der Blattfläche, die es unzweifelhaft machten, dass es sich hier um Wirkungen des Frostes, nicht um Verwundungen durch den Wind oder andere Einflüsse handelte. Bei *Polygonum orientale*, wo die Lamina der jungen Blätter von beiden Rändern her eng eingerollt ist, werden durch den Frost die momentan auswendig befindlichen Theile der Rollen beschädigt; ich sah in Folge dessen später am übrigens gesunden und entfalteten Blatte in beiden Hälften der Blattfläche, stets gleichweit von der Mittelrippe, je einen bis zur Blattspitze laufenden Streifen brauner Flecken oder Löcher. Ueber die Meinung anderer Beobachter, welche alle diese Erscheinungen für Wirkung des Windes erklärten, ist das Kapitel über die Luftbewegungen zu vergleichen.

Auch vollkommen ausgebildete Blätter können durch Frost kleine, graue Flecken bekommen, an welchen die Epidermis abgestorben und vertrocknet, oft auch die Zellen des darunter liegenden Mesophylls zusammengeschrumpft sind und weite lufthaltige Lücken zwischen sich bilden; es sind die Stellen, wo beim Gefrieren Eisebildung stattfand und beim Aufthauen die Zellen getödtet wurden.

¹⁾ Vergl. auch GÖPPERT, Wärmeentwicklung, pag. 60.

²⁾ l. c. pag. 131.

³⁾ Monatsber. d. Akad. d. Wiss. Berlin 18. Juli 1861.

SCHENK, Handbuch der Botanik. Bd. 1.

Oft finden sich alle Uebergänge von solchen unbedeutenden Flecken bis zu ganz verdorbenen Blättern an ein- und derselben Pflanze.

Frostschäden an Stämmen und Zweigen der Holzpflanzen. Hierher würden zunächst gewisse Verzweigungsfehler zu rechnen sein, welche nach dem Erfrieren der diesjährigen jungen Triebe durch Maifröste ebenso eintreten wie nach Verstümmelung, d. h. es werden aus Knospen an der Basis des erfrorenen Sprosses Ersatztriebe gebildet, deren verschiedener morphologischer Charakter bereits oben erörtert worden ist.

Ferner hinterlässt der Frost auch oft im Innern der Stämme und Zweige gewisse Spuren. Der schwächste Grad derselben sind Bräunungen innerer Gewebe. Nach GÖPPERT's¹⁾ Beobachtungen an Obstbäumen, und nach denen HARTIG's²⁾ an Nadelbäumen stellt sich als Folge der Tödtung des Gewebes durch Frost eine ringförmige Bräunung in der Markröhre und indem dieser zunächst liegenden Markstrahlengewebe ein. Dies ist nichts anderes als der gewöhnliche erste Grad der Zersetzungserscheinungen, wie sie sich im todtten Holze zeigen (vergl. oben S. 402). Wenn sich die Veränderung weiter über die Markstrahlen verbreitet, ohne dass das Holz selbst sich färbt, so gehen vom gebräunten Ringe des Markes braune Streifen gegen die Rinde, und wo diese zahlreich vorhanden sind, bilden sich braune Stellen. Cambium, Bast und Rinde können dabei gesund bleiben; es bilden sich dann normale Jahresringe, und man findet nach Jahren beim Durchsägen des Stammes im Innern die aus dem Frostjahre herrührenden gebräunten Stellen, welche oft eine Hinneigung zu radialgestellter windmühlenflügelartiger Form, mit dem Mark im Centrum, nicht verkennen lassen. Keine Farbenänderung erzeugt der Frost nach GÖPPERT im Holze von *Rhus typhina*, *Corchorus japonicus*, *Coronilla Emerus*, *Robinia Pseudaccacia*, *Pinus Pinsapo*.

Bei stärkerem Froste aber werden häufig Cambium, Bast und Rinde auf mehr oder minder grossen Strecken getödtet. Der übrigens noch lebende Stamm oder Zweig behält dann diese todtten Stellen lange. Es sind zunächst keine eigentlichen Wunden, indem die Rinde auf ihnen haftet; aber die Theile sind braun und trocken und lösen sich, früher oder später, von selbst von dem gebräunten Holzkörper ab. Dieses ist der Zustand, den man, wie oben (S. 402) schon erwähnt wurde, als Brand bei den Holzpflanzen kennt. Ebendort haben wir diese Veränderungen schon als Wundfäule bezeichnet und näher charakterisirt. Beim Steinobst tritt an solchen Stellen auch wol Gummifluss (S. 373) auf.

Nicht selten beschränkt sich diese tödtliche Wirkung auf einzelne Theile. Die Stämme zeigen die Frostwunden oft auf der Südseite, weil hier durch die Frühjahrssonne die Lebens-thätigkeit zuerst erwacht und Fröste dann hier tödtlich werden³⁾. Stämme und Aeste, die man schon durch den Frost getödtet wähnt, treiben oft später doch noch Blätter und Blüten, nur in vermindeter Fülle. Doch kommt es auch vor, dass nachdem die noch erhalten gebliebenen Knospen getrieben haben, erst im Sommer die Blätter anfangen zu welken und der Baum eingeht oder erst nach mehrjährigem Siechthum abstirbt. Bleibt der Zweig am Leben, so ist er natürlich wieder im Besitze einer thätigen Cambiumschicht, aber im Holzkörper bleiben noch nach Jahren die Spuren der Kälte Wirkung sichtbar. Wenn nämlich Cambium und Rinde nicht im ganzen Umfange des Zweiges oder Stammes erfroren sind, so werden die abgestorbenen Partien von den Rändern

¹⁾ Wärmeentwicklung, pag. 31—34 und Folgen äusserer Verletzungen der Bäume, pag. 23—27.

²⁾ Zersetzungserscheinungen des Holzes, pag. 65.

³⁾ BREITWIESER, Beobachtungen über die Ursache des Brandes an unseren Obstbäumen (Pomolog. Monatshefte 1876. pag. 331).

aus durch Ueberwallungen bedeckt und man findet später auf dem Querschnitte etwas todtten Splint und todtte Rinde völlig von gesundem Holze überwachsen, aus dessen Jahresringen man das Jahr des strengen Winters richtig ausrechnen kann (BUFFON's und DUHAMEL's »verborgene Eisklüfte«, citirt bei GÖPPERT l. c. pag. 3). Man hat aber auch beobachtet, dass im ganzen Umfange eines durch Frost beschädigten Stammes eine neue Holzbildung eintrat, bei welcher man wieder aus der Zahl der Holzringe auf dasselbe Frostjahr schliessen konnte: der Holzkörper zeigte äusserlich einen Ring gesunden Splintes, dann vollkommenes Holz, darunter aber wieder einen zweiten Ring von Splint, der in Folge der Frostwirkung sich nicht weiter ausgebildet hatte, sondern leichter, zerbrechlicher und zarter als der gesunde war (»falscher Splint« BUFFON's und DUHAMEL's l. c.). Es fehlt vollständig an Untersuchungen darüber, wie bei diesem zweiten Falle, mit welchem wir wol die von DU PETIT THOUARS und CASPARY beobachteten Eisklüfte in der Cambiumschicht, von denen oben die Rede war, in Verbindung bringen müssen, die Cambiumschicht nach Aufhören des Frostes sich verhalten hat. Es kann nur vermuthet werden, dass sie trotz der Ablösung des Bastes vom Holze in ähnlicher Weise fortbildungsfähig geblieben ist, wie es beim vorsichtigen Abschälen der Rinde geschieht. Ebenso wenig ist etwas Näheres über das Wesen der Zersetzung des inneren Ringes von Splint bekannt.

Mit dem Namen Frostspalten, Frostrisse oder Eisklüfte bezeichnet man die seit langer Zeit bekannte Erscheinung, dass im Freien stehende Bäume in kalten Wintern der Länge nach oft bis auf's Mark gespalten werden. Nach den darüber angestellten Beobachtungen¹⁾ geschieht dies nur bei bedeutender Kälte, mindestens — 14°, und betrifft fast nur stärkere Stämme zwischen 18 Centim. und 1 Meter Dicke. Das Bersten soll mit einem starken Knall verbunden sein. Die Weite der Kluft des Frostrisses beträgt meistens mehrere Millimeter, seltener bis 4 Centim. Im Sommer schliessen sich die Frostspalten und beginnen durch Ueberwallungen zu heilen, brechen jedoch im folgenden Winter oft wieder auf, sobald starke Kälte eintritt. Die einmal entstandenen Frostrisse schliessen und öffnen sich auch mit dem Wechsel von Thauwetter und Frost, und die Weite des Spaltes ist der Kälte proportional; das Schliessen erfolgt aber viel langsamer als das Oeffnen. Durch CASPARY's Untersuchungen ist es hinreichend dargethan, dass die Frostspalten dadurch entstehen, dass das Holz durch den Frost in der Richtung des Umfanges sich stärker zusammenzieht, als in der Richtung des Radius; die Spalte entsteht da, wo der geringste Widerstand ist, also wo irgend eine schwache Stelle des Stammes (ein künstlicher Längsschnitt, eine Rindenverletzung, ein abgehauener Ast oder ein Astloch, eine Krebsbildung oder eine faule Stelle im Holze) der Spannung nachgiebt. Bei wiederholtem Aufspringen der durch Ueberwallung geschlossenen Frostspalten entstehen, weil sich jede nächste Jahres-schicht der Ueberwallung über die frühere mit nach aussen gerichteter Convexität legt, leistenartige Hervorragungen, Frostleisten, welche bisweilen eine bedeutende Höhe erreichen und auf dem Querschnitte in der Mitte von dem Frostrisse durchzogen erscheinen. GÖPPERT²⁾ hat dergleichen an verschiedenen Bäumen beschrieben.

Kleinere durch Kälte entstandene Risse, an deren Ueberwallungen sich das Aufspringen bei neuem Froste immer wiederholt, sollen nach einigen Beobachtern die Ursache des Frostkrebses sein. Das über diese Zersetzungserscheinung zu Sagende ist bereits oben (S. 405) mitgetheilt worden.

¹⁾ CASPARY, Bot. Zeitg. 1855, pag. 449—500, wo auch die ältere Literatur zu finden; ferner Bot. Zeitg. 1857, pag. 329—371.

²⁾ Ueber die Folgen äusserer Verletzungen der Bäume. Breslau 1873, pag. 30—36.

IV. Tödliche Kältegrade und verschiedene Empfindlichkeit der Pflanzen gegen Frost.

Hinsichtlich der niedrigsten Temperatur, welche die Pflanzen schadlos ertragen, ist noch nicht entschieden, ob schon Temperaturen nahe über 0° tödlich sein können.

GÖPPERT¹⁾ giebt dies für verschiedene Pflanzen des Tropenklimas an, die schon beschädigt wurden, während die Temperatur nie unter Null sank, aber auch nicht über $+3^{\circ}$ sich erhob. Aehnliche Beobachtungen theilt HARDY²⁾ mit. SACHS³⁾ wendet mit Recht ein, dass hier wegen der Kälte des Bodens (besonders bei in's Freie gestellten Topfpflanzen) die Wurzelthätigkeit soweit sistirt sein könnte, dass die Blätter verdarben. DE VRIES⁴⁾ Beobachtungen, welcher abgeschnittene Blätter von *Bixa Orellana* und *Crescentia* nur kurze Zeit in schmelzenden Schnee legte und keinen Schaden bemerkte, genügen zur Entscheidung nicht; GÖPPERT⁵⁾ selbst constatirt, dass wenigstens einzelne tropische und subtropische Pflanzen das Erstarren der Säfte zu Eis bei -4° , und dann bei -7° einige Stunden lang schadlos ertragen. Die Sache bedarf neuer Untersuchung.

Für alle nicht auf die heisse Zone beschränkten Arten dürften ausnahmslos erst Temperaturen unter dem Gefrierpunkt tödlich sein. Dabei tritt aber eine ungleiche Empfindlichkeit der Pflanzen hervor, die in erster Linie unzweifelhaft mit Verschiedenheiten ihrer Organisation zusammenhängt, zweitens sich auch nach dem Klima des Vaterlandes der Pflanzen und selbst nach specifischen Unterschieden richtet, wovon der Grund vielleicht auch nur in Organisationsverschiedenheiten liegt. Es giebt einen Zustand, der die Pflanze gegen den Frost widerstandsfähig macht. Dieser besteht hauptsächlich, wenn nicht allein, in einem geringen Wassergehalt der Zellen. Man kann es als einen allgemein gültigen Satz hinstellen, dass Pflanzentheile mit saftreichen Geweben dem Froste am leichtesten erliegen, ihm aber um so besser widerstehen, je saftärmer, relativ trockner sie sind. Selbstverständlich gehört dazu, dass die Zelle in einem Zustande sich befindet, in welchem sie die hierzu taugliche Verarmung an Wasser überhaupt ertragen kann.

Für diesen Satz giebt es eine Menge Belege. Den geringsten Wassergehalt unter allen Pflanzentheilen haben reife lufttrockene Samen, und diese zeigen auch die grösste, vielleicht eine unbegrenzte Widerstandsfähigkeit gegen niedere Kältegrade, während sie im wasserhaltigen Zustande sehr leicht erfrieren⁶⁾. Die Winterknospen unserer Gehölze haben sehr wasserarme Gewebe, im Holze der Stämme und Zweige ist im Winter die Saftleitung unterdrückt, und auch Rinde, Bast und die nicht thätige Cambiumschicht sind dann fast saftlos; von den wintergrünen Blättern gilt das nämliche. Alle diese Theile widerstehen auch den härtesten Wintern gut. Pflanzentheile dagegen, welche in Vegetation begriffen sind, sind saftreich oder haben wenigstens, wie die Zweige von Holzpflanzen, ein wasserreiches Gewebe (Cambiumschicht). Daher werden unsere einheimischen Kräuter, wenn sie spät entwickelt sind und noch in voller Vegetation vom Winter überrascht werden, durch starke Fröste getödtet. Auf diese Weise ist es auch zu erklären, dass Obstbäume und Weinstöcke nach kühlen Sommern und kurzen Herbsten, in denen die Pflanze den normalen Abschluss der Vegetation und die genügende Ausreifung des Holzes nicht erreichen kann, in diesen Theilen grösseren Kältegraden nicht zu trotzen vermögen, so dass das darausfolgende Missrathen des Obstes weniger durch allzu grosse Winterkälte als durch die Abnormität des vorausgegangenen Sommers und Herbstes verursacht ist. Vielleicht ist auch der

¹⁾ Wärmeentwicklung in den Pflanzen, pag. 43.

²⁾ Bot. Zeitg. 1854, pag. 202.

³⁾ Lehrb. d. Botanik. 4. Aufl. pag. 705.

⁴⁾ Archives néerland. d. sc. exact. et nat. 1870, pag. 389.

⁵⁾ Bot. Zeitg. 1874, pag. 43.

⁶⁾ GÖPPERT, Wärmeentwicklung, pag. 48 ff.

Grund, dass Gehölze südlicher Länder in nördlicheren Gegenden im freien Lande nur unter Decke oder auch nicht einmal unter dieser durch den Winter zu bringen sind, nur in dem Umstande zu suchen, dass diese Pflanzen überhaupt nicht die vollständige Ausreifung und den winterlichen Ruhezustand in ihren Geweben erreichen, der zur Ertragung des nordischen Winters erforderlich ist. Etwas Aehnliches ist die Empfindlichkeit der Wurzeln gegen Kälte, selbst bei solchen Pflanzen, deren oberirdische Theile winterbeständig sind. H. v. MOHL¹⁾ hat gezeigt, dass die Baumwurzeln, durch den Boden gegen die Kälte geschützt, während des Winters nicht wie die oberirdischen Theile in Vegetationsruhe übergehen, sondern dass ihre Cambiumschicht bis zu Ende des Winters saftreich und in zellenbildender Thätigkeit bleibt; in Uebereinstimmung damit aber beobachtete er auch, dass die Wurzeln ausserhalb des Bodens durch Kältegrade getödtet wurden, denen die oberirdischen Theile leicht widerstehen (Eschen, Eichen etc. bei -11 bis 13° R., Apfelbaumwurzeln schon bei 5° R.). Aehnlich verhalten sich unterirdische Theile krautartiger Pflanzen, wie Wurzeln, Wurzelstöcke und Zwiebeln, die nur durch den Schutz des Bodens und Schnee's sich erhalten, an der Luft aber schon von mässigen Kältegraden getödtet werden²⁾. Hier findet wol auch Das seine befriedigende Erklärung, was GÖPPERT³⁾ als eine Verzártelung der Pflanzen in den Gewächshäusern bezeichnete, womit er das leichtere Erliegen derselben beim Froste im Sinne hatte. Es kann dies wol nur daher rühren, dass die Triebe in der feuchten Luft der Gewächshäuser saftreicher und zarter sind, und die höhere Temperatur sie nicht zu einem völligen Abschluss der Vegetation gelangen lässt. Jene Thatsache ist übrigens auch von HABERLAND⁴⁾ constatirt worden; Weizen, Gerste, Wicken etc., die im Warmkasten bei $20-24^{\circ}$ C. erzogen worden waren, erfroren bei -6° C., dieselben im Kalt-hause bei $10-12^{\circ}$ C. gezogen, gingen erst bei -9 bis -12° C. zu Grunde.

Die ungleiche Widerstandsfähigkeit von Pflanzen verschiedener Klimate geht z. B. aus GÖPPERT's⁵⁾ Aufzeichnungen hervor: Es gehen auf freiem Terrain, ohne Schutz von Bäumen etc. schon bei dem geringsten Froste viele unserer exotischen Sommergewächse sicher zu Grunde, und zwar bei -1 bis $1,5^{\circ}$ *Coleus Verschaffeltii*; bei $-1,5^{\circ}$ erfrieren die Blätter von *Cucumis sativus*, *Cucurbita Pepo*, *Phaseolus nanus*, bei -2° z. B. *Canna indica*, *Georgina variabilis*; bei -2 bis 3° *Zea Mays*, *Chenopodium Quinoa*, *Solanum Lycopersicum*, *Tropaeolum majus*, *Ricinus communis*; bei -4° *Atropa Belladonna*, *Phytolacca* etc. Dagegen ertragen viele unserer einheimischen Pflanzen, z. B. *Senecio vulgaris*, *Stellaria*, *Capsella bursa pastoris*, Wurzelblätter von *Brassica oleracea*, von *Dipsacus fullonum*, *Sempervivum*- und *Sedum*-Arten, selbst ohne Schneebedeckung -10° , wie ich selbst beobachtet habe, und GÖPPERT hat solche und ähnliche noch bei -15° nicht geschädigt gesehen, ja alpine Saxifragen ohne Schnee selbst -20 bis 25° ertragen sehen.

Specifische Verschiedenheiten an Pflanzen desselben Klimas sind ebenfalls unverkennbar. Hier genügt es z. B. an die Esche und Eiche zu erinnern, deren Triebe schon bei denjenigen schwachen Maifrösten erfrieren, bei denen die neben ihnen stehenden anderen Gehölze, wie Haseln, Rüstern, *Prunus Padus* etc. noch nichts leiden.

Soweit sich für dieses verschiedenartige Verhalten der Pflanzen dem Froste gegenüber eine Erklärung geben lässt, ist dies im Vorstehenden angedeutet. Man kann nicht verkennen, dass die scheinbar grössere oder geringere Empfindlichkeit gegen den Frost in einigen Fällen sich deutlich nur als eine Folge des augenblicklichen Lebenszustandes des Pflanzentheiles darstellt, und sich mit dem Wechsel dieses Zustandes auch sogleich ändert. Man mag von verschiedener Empfindlichkeit der Pflanzenarten gegen den Frost reden, wenn man sich nur bewusst bleibt, dass die einzelnen Arten in sehr ungleichen Zuständen dem Froste ausgesetzt zu sein pflegen, Und wenn GÖPPERT den Satz aufstellt, dass es für jede Art und selbst für jedes Individuum ein bestimmtes Maass von Kältegraden gebe, dessen Ueberschreitung den Tod veranlasst, so kann dies auch nur in jenem Sinne eine Berechtigung haben. Aber absolut von einer verschiedenen Empfindlichkeit zu reden, würde man nur dann berechtigt sein, wenn man die zu

¹⁾ Bot. Zeitg. 1862. No. 39.

²⁾ GÖPPERT, Sitzungsber. der schles. Ges. f. vaterl. Cultur, 14. Dec. 1874.

³⁾ Wärmeentwicklung, pag. 63.

⁴⁾ Centralbl. f. Agriculturchemie 1876. I. pag. 469.

vergleichenden Pflanzen erst auf gleiche Zustände (Vegetationsthätigkeit oder Vegetationsruhe, Vollsaftigkeit oder saftarmer Zustand etc.) gebracht hätte.

V. Frostschutzmittel.

Nach dem Vorhergehenden wird die schädliche Wirkung des Frostes auf die Pflanzen durch alles das verhindert oder beschränkt werden können, wodurch die Abkühlung der Pflanzen auf die niedrige Temperatur der Luft an kalten Wintertagen vermieden wird, und was das Aufthauen etwa durch Frost gefrorener Pflanzentheile bei plötzlich eintretender Erwärmung verlangsamt. Daher bestehen fast alle diese Mittel in einer Umgebung der Pflanze mit schlechten Wärmeleitern. Denn darauf beruht die bekannte vortheilhafte Wirkung gewisser natürlicher Frostschutzmittel, nämlich des Erdbodens selbst für die in ihm befindlichen Pflanzentheile, der Schneedecke, sowie des auf den Pflanzen sich ansetzenden Reifes. Die künstlichen Frostschutzmittel erklären sich in ihrer Wirkung alle leicht als schlechte Wärmeleiter; so das Bedecken und Einschlagen empfindlicher Freilandpflanzen in Stroh, Schilf, Moos, Laub, Decken etc., das Aufbewahren der Kartoffeln, Rüben, Äpfel u. dgl. in Haufen geschichtet (während einzeln liegende Kartoffeln etc. leicht erfrieren, indem sie an allen Temperaturschwankungen der Luft Theil nehmen), das Anzünden von Rauchfeuern in den Weinbergen wenn Frosträchte zu erwarten sind, das Bebrausen im Freien wachsender Pflanzen mit Wasser am Morgen nach einem Nachtfroste um auf ihnen künstlichen Reif oder Thau zu erzeugen.

C. Störung der Lebensprozesse in Folge der Ueberschreitung der Temperaturgrenzen.

Wie die Pflanzenphysiologie lehrt, giebt es für gewisse Lebenserscheinungen eine untere und eine obere Temperaturgrenze, d. h. die Pflanze übt die betreffende Function nicht mehr aus, wenn die Temperatur jenseits einer dieser beiden Grenzen sich hält. Dem Leben an und für sich sind in der Regel diese Temperaturgrade nicht nachtheilig, sie sind nicht tödtlich. Es treten mithin krankhafte Zustände ein, die in dem Unterbleiben der betreffenden Lebensfunction bestehen, und so lange dauern, bis die Temperatur wieder in jene Grenzen zurückgekehrt ist. Zwischen den beiden Temperaturgrenzen giebt es ein Optimum, d. h. einen bestimmten Wärmegrad, welcher für den betreffenden Lebensact am günstigsten ist; und je weiter die herrschende Temperatur von jenem Grade entfernt ist, je mehr sie sich einer der beiden Temperaturgrenzen nähert, in desto schwächerem Grade findet der Prozess statt, so dass auch innerhalb der Grenzen die Temperaturverhältnisse einen schädlichen Einfluss geltend machen können. Indem wir die eigentliche Erörterung des Gegenstandes der Physiologie überlassen müssen, heben wir hier nur kurz die ausgeprägten pathologischen Erscheinungen hervor, welche in dieses Gebiet gehören.

I. Das Wachsthum. Die allbekannte und überall schon der oberflächlichen Wahrnehmung sich aufdrängende Thatsache, dass das Wachsthum der Pflanzen bei niedriger Temperatur stockt und zurückbleibt, bei grösserer Wärme rüstig fortschreitet, ist erst seit den Untersuchungen von SACHS zu einem wissenschaftlichen Anforderungen genügenden, in Zahlen fassbaren Ausdruck gebracht worden. Diese Angaben beziehen sich meist auf das genauen Messungen am besten zugängliche Längenwachsthum der Wurzeln. Die oberste Temperaturgrenze liegt für verschiedene unserer Feldfrüchte etwas oberhalb $+30^{\circ}$ R. Die untere für

weisse Lupinen bei $+6^{\circ}$ R., für Erbsen bei $5,4^{\circ}$, für Weizen bei 6° , für Mais bei $7,7^{\circ}$. Als Optimum hat sich bezüglich der Wurzeln ergeben für Mais $+27,2^{\circ}$ R., für Weizen und Gerste $22,8^{\circ}$, für Feuerbohnen 21° , für weisse Lupinen $22,4^{\circ}$, für Saubohnen $21,3^{\circ}$, bezüglich der Stengel der Keimpflanzen für Mais, Weizen und Feuerbohnen $+27,2^{\circ}$ R., für Erbsen $21,0^{\circ}$ R.

Unter Optimum der Wachsthumtemperatur ist also bei diesen Untersuchungen derjenige Grad verstanden, bei welchem die stärkste Streckung der in die Länge wachsenden Organe stattfindet. Allein dieser muss nicht nothwendig auch der für die Gesundheit der Pflanze zuträglichste sein; die stärkste durch Wärme erzielbare Streckung von Pflanzentheilen darf nicht allgemein, vielleicht überhaupt nirgends als normaler Wachsthumprozess gelten, ebenso wenig als die ungewöhnlich starke Streckung beim Etioliren im Dunkeln. Vielmehr müsste bei der Abhängigkeit des Wachstums von der Temperatur das relative Quantum der gebildeten Cellulose und im Zusammenhange damit die Zahl der erzeugten Zellen, die Dicke der Zellmembranen, die Ausbildung aller Gewebe, welche zur Festigkeit der Pflanze beiträgt, berücksichtigt werden.

In dieser Beziehung lassen die Versuche von BIALORLOCKI¹⁾ wenigstens das sicher erkennen, dass das durch Temperatur erzielte stärkste Wachsthum und die schnellste Entwicklung schon mit krankhaften Zuständen verbunden sind. Der Boden, in welchem Roggen, Gerste und Weizen sich entwickelten, wurde in verschiedenen constanten Temperaturen erhalten. Bei $+10^{\circ}$ C. waren die Wurzeln von normaler Beschaffenheit, stark und mit wenigen Zweigen; bei höheren Temperaturen bestanden sie aus immer dünneren und reicher verzweigten Fäden, so dass sie bei 30° schon ein filzartiges Aussehen hatten; bei 40° aber waren sie nur noch in der oberen Bodenschicht in Form eines Klümpchens filzartig zusammengewickelter Fäden gebildet. Die oberirdischen Theile dieser Pflanzen zeigten bei $+10^{\circ}$ zwar eine Verlangsamung der Entwicklung, aber sie waren am kräftigsten gebaut, mit mehreren Trieben bestockt und hatten dicke Halme, kurze, breite und dickfleischige Blätter. Je höher die Temperatur, desto beschleunigter war bis $+30^{\circ}$ die Entwicklung und desto länger und schmaler die Blätter und desto dünner die Stengel; bei 30° hatten die Pflanzen daher schon ein schwächliches kränkliches Ansehen, wiewol auch da noch wohlgebildete Ähren erzeugt wurden. Bei 40° aber war nach Verlauf einer gleich langen Zeit die Entwicklung entschieden zurückgeblieben und die Pflanzen abnorm gebildet: die Blätter übermässig lang und schmal, die Halme kurz und dünn, und die etwa gebildeten fadendünnen Seitentriebe starben bald wieder ab; die Ähren waren dürrig, kaum blühend. Nach der Berechnung der Trockensubstanz und Asche war die Production bei 20° am grössten, geringer bei 30° , während die bei 40° bedeutend zurückstand (die bei 10° cultivirten Pflanzen hatten zur nämlichen Zeit wegen der Verlangsamung des Wachstums ihre Entwicklung noch nicht erreicht; ihre Production würde schliesslich der bei 20° erreichten mindestens gleich gewesen sein). Wiewol bei diesen Versuchen die unmittelbare Einwirkung der Temperatur auf das Wachsthum nicht ungetrübt erkennbar ist, sondern auch Einwirkungen auf die wasseraufsaugende Thätigkeit der Wurzeln und auf andere Lebensprocesse im Spiele sind, so machen sie es doch höchst wahrscheinlich, dass diejenige Temperatur, welche für die cellulosebildende Kraft der Pflanze am günstigsten ist und die kräftigste Ausbildung der Theile, die grösste Festigkeit der Gewebe erzeugt, niedriger liegt als diejenige, bei welcher die Streckung der im Längenwachsthum begriffenen Organe am meisten beschleunigt ist, und dass also diese letztere Temperatur für die Pflanze schon von krankhaftem Einfluss ist.

II. Die Wurzelthätigkeit, d. h. die Wassernahme durch die Wurzeln, ist ebenfalls von der Temperatur abhängig. Nach SACHS²⁾ nehmen Tabak- und Kürbispflanzen aus einem feuchten Boden, wenn derselbe nur $+3$ bis 5° C.

¹⁾ Ueber den Einfluss der Bodenwärme auf die Entwicklung einiger Culturpflanzen. Dissertation, Leipzig.

²⁾ Bot. Zeitg. 1860, pag. 124.

warm ist, schon nicht mehr so viel Wasser auf, um einen schwachen Verdunstungsverlust zu ersetzen, und werden welk, während die der kälteren gemässigten Zone angepassten Gewächse, wie *Brassica Napus* und *oleracea* auch aus einem 0° C. kalten Boden noch genügend Wasser aufnehmen, um einen mässigen Verdunstungsverlust zu decken. Tritt Welken aus jenem Grunde ein, so hilft selbstverständlich Begiessen nichts, wol aber können durch geeignete Erwärmung der Erde die Pflanzen sich wieder erholen.

Nach den Beobachtungen EBERMAYER's¹⁾ ist die Schütte der jungen Kiefern eine hierher gehörige Krankheit. Sie tritt besonders an 2- bis 5-jährigen Sämlingen im zeitigen Frühjahr auf. Die Nadeln werden schnell braun oder rothbraun und dürr und fallen ab; die Pflanzen gehen in Folge dessen ein oder erholen sich erst nach längerer Zeit wieder. Die Schütte würde darnach die Folge einer durch die warme Frühjahrssonne in den Nadeln angeregten Verdunstung sein, während gleichzeitig die Wurzeln in dem noch kalten Boden keine genügende wasseraufsaugende Thätigkeit ausüben, so dass die Pflanzen, die noch nicht im Besitze eines sehr entwickelten Holzkörpers sind, also selbst wenig Wasser enthalten, alsbald den Nadeln keine genügende Feuchtigkeit mehr zuführen können. EBERMAYER fand, wenn die Schütte sich zeigt, die Temperatur des Bodens bis zu 1,3 Meter Tiefe meist noch nicht + 4° R., während die Lufttemperatur im Schatten nicht selten auf 20° steigt. Dafür sprechen auch die anderen Umstände, unter denen EBERMAYER das Auftreten der Krankheit beobachtete. Sie zeigt sich besonders, wenn die Tage warm, die Nächte kalt sind; häufiger in der Ebene als in den Gebirgen, und besonders stark an den Süd- und Westseiten der Berge, fast nie an den Nordabhängen; ferner in freien Lagen besonders stark, dagegen nicht dort, wo benachbarter Waldbestand etc. gegen die Mittagssonne schützt, oder wenn die Pflanzen mit Reisig u. dergl. bedeckt sind, oder unter hohen Gräsern oder Sträuchern wachsen, wodurch die Insolation abgehalten wird. Auch ist lange liegenbleibender Schnee, warmer Regen und jede Behandlung des Bodens, welche die Durchwärmung desselben erleichtert, ein Schutzmittel gegen die Schütte. Neuerdings glaubt HOLZNER¹⁾ gegen EBERMAYER die Ursache der Krankheit in einer direkten Frostwirkung suchen zu müssen. Zuzugeben ist freilich, dass die bezeichneten Umstände, welche die Schütte verhüten, solche sind, die zugleich vor Wärmeausstrahlung, vor Erfrieren der Pflanzen schützen. Aber man findet nicht, dass die EBERMEYER'sche Erklärung entkräftet ist. Ein Beweis ist freilich dort wie hier nicht erbracht. Auch bestreitet ja Niemand, dass Kiefern oder einzelne Aeste derselben erfrieren können und die Nadeln dadurch absterben, roth werden und abfallen, und wenn man das auch Schütte nennen will, so ist selbstverständlich Frostbeschädigung mit zu den Ursachen zu rechnen.

III. Zur Ergrünung der Chlorophyllkörner ist nicht nur das Licht, sondern auch eine gewisse Temperatur erforderlich. Die untere Temperaturgrenze liegt nach SACHS²⁾ für *Phaseolus multiflorus*, *Zea Mais* und *Brassica Napus* oberhalb + 6° C., bei *Pinus Pinea* zwischen + 7 und 11° C., die obere für die genannten Pflanzen etwas oberhalb + 33° C., für *Allium cepa* oberhalb + 36° C. Wenn daher die Pflanzen dauernd in solchen Temperaturen sich befinden und dabei sich noch zu entwickeln vermögen, so bleiben die neugebildeten Blätter gelb, wie beim Etioliren im Dunkeln.

Das Unterbleiben der Chlorophyllbildung in zu stark erwärmten Glashäusern wurde schon von DECANDOLLE³⁾ beobachtet und »falsches Etiolement« genannt. Andererseits sind in kühlen Frühjahren derartige Erscheinungen an Kräutern wie an Holzpflanzen hin und wieder zu beobachten. Auch in den Alpen sah ich unmittelbar am Rande des Firms *Soldanella*, die eben erst vom Schnee frei geworden war und ihre Blätter aus der Knospe entfaltet hatte, etiolirt. Dagegen

¹⁾ Die physik. Einwirkungen des Waldes etc. (Resultate d. forst. Versuchsstat. in Bayern Aschaffenb. 1873. I.) u. Beobachtungen über die Schütte der Kiefern. Freising 1877. Vgl. Just, bot. Jahresber. für 1877, pag. 856.

²⁾ Experimentalphysiologie, pag. 55.

³⁾ Physiologie végétale. III. pag. 1114.

muss wol der winterlichen Algenvegetation der nordischen Meere die Fähigkeit bei 0° Chlorophyll zu bilden, zuerkannt werden.¹⁾

An zeitigen Frühjahrspflanzen (wie *Leucojum*, *Galanthus*, *Allium ursinum*, *Arum maculatum*, *Colchicum speciosum*, *Tulipa turcica*, *Ornithogalum pyramidale*, *Agraphis patula*) sind die jungen aus der Erde kommenden Blätter bei kühler Temperatur nahe der Spitze in mehr oder minder grossen Strecken gelb oder weiss gefärbt und oft noch von einigen grünen Streifen durchzogen. Wenn inzwischen die Temperatur wieder gestiegen ist, kommt der übrige Theil des Blattes grün zum Vorschein. Auch ist gewiss, dass dann oft das Gelb in Grün sich verwandelt, also mit Eintritt ihrer Bedingung die Chlorophyllbildung nachgeholt wird. Aber sehr oft erhält sich die Gelbfärbung bis tief in den Sommer hinein und endigt später mit einem Bräunlichwerden und Absterben der bleichen Partien. Es tritt also eine chronische partielle Gelbsucht (*icterus*) und Bleichsucht (*chlorosis*) ein, im Aussehen übereinstimmend mit den gleichnamigen durch Eisenmangel verursachten Krankheiten. In den gelben Partien enthalten die Zellen Chlorophyllkörner in normaler Vertheilung im Protoplasma, aber von gelbgrüner Farbe. An der Grenze der bleichen Stellen sind die Chlorophyllkörner farblos, ein wenig kleiner und minder zahlreich. In den farblosen Partien selbst enthält das Protoplasma keine Chlorophyllkörner, nur feine Körnchen, und einen wandständigen Zellkern und bildet einen grossen, von Plasmasträngen durchströmten Saftbaum. Die Zellen sind also in sehr verschiedenen Entwicklungsstadien von der die Chlorophyllbildung hemmenden kühlen Temperatur betroffen worden. Dass auch später bei Erwärmung keine Ergrünung der bleichen Stellen eintritt, hat vielleicht seinen Grund darin, dass diese Zellen nur in demjenigen jugendlichen Ausbildungszustande Chlorophyllkörner bilden können, in welchem dies normal geschieht, aber nicht mehr dann, wenn sie durch die Gesamtentwicklung der Gewebe diesen Ausbildungszustand überschritten haben. Ein Widerspruch hiermit ist es nicht, dass durch Dunkelheit etiolirte Pflanzentheile am Lichte fast zu jeder späteren Zeit nachträglich ergrünen, denn durch Dunkelheit wird gerade die Zelle auf jenen frühzeitigen Entwicklungsstadien zurückgehalten, was bei niedriger Temperatur nicht der Fall ist.

Kapitel 3.

Beschaffenheit des Mediums.

A. Unpassendes Medium.

Wenn Pflanzentheile in einem anderen, als dem ihnen von der Natur bestimmten Medium wachsen, so kann dies schädliche Folgen für dieselben haben. In dieser Beziehung sind hier besonders die Fälle zu berücksichtigen, dass Wurzeln von Landpflanzen im Wasser sich entwickeln, und umgekehrt, dass Pflanzentheile, die normal in der Luft leben, unter Wasser oder in den Boden gerathen.

Dass bei den Landpflanzen der Erdboden auch durch eine wässrige Lösung der Nährstoffe ersetzt werden kann, geht aus den günstigen Erfolgen der in der Physiologie üblichen Wasserculturen hervor. Jedoch sind Wurzeln der Landpflanzen, die im Boden sich ausgebildet haben, nicht ohne Weiteres der Ausübung ihrer Function im Wasser fähig; häufig sterben sie nach dem Umsetzen ab, und es bilden sich aus dem oberen Theile der Wurzeln neue von der (unten beschriebenen) Organisation der Wasserwurzeln. Und ebenso bilden sich die Wurzeln im Wasser cultivirter Pflanzen beim Umsetzen in Erde erst in der Form von Erdwurzeln weiter, ehe eine genügende Wurzelthätigkeit stattfindet und die inzwischen welk gewordenen Pflanzen sich wieder erholen.

Wenn Wurzeln der Landpflanzen im Wasser sich entwickeln, so werden sie sehr lang, bleiben aber dünner, und haben daher eine regelmässige schlank fadenförmige Gestalt, bilden

¹⁾ Vergl. bot. Zeitg. 1875, pag. 771.

auch ihre Zweige in regelmässiger Anordnung und Vollständigkeit aus, als im Boden; und da auch alle Wurzelzweige sich stark strecken und sich in ihrer ganzen Länge wiederum verzweigen, so werden wenn solche Wurzeln sich lange Zeit im Wasser entwickelt haben, grosse filzige Massen aus ihnen. Der stärkste Grad dieser Bildung sind die sogen. Fuchsschwänze oder Wurzelzöpfe, die sich in Drainröhren, Wasserleitungen u. dergl. entwickeln und oft von einer Länge von mehreren Metern und von der cylindrischen Form der Röhre, in der sie stecken, angetroffen werden, wobei sie den Abdruck der Unebenheiten der Röhre erkennen lassen. Die Wasserwurzeln der Landpflanzen sind wasserreicher, turgescer und spröder, und vertrocknen ausserhalb des Wassers schneller als die in der Erde gebildeten. Ihre Zellen haben grössere Länge und geringere Breite, die Bildung von Wurzelhaaren unterbleibt bei manchen Pflanzen ganz, bei anderen bilden sich solche, doch oft in geringerer Entwicklung; auch entstehen in der inneren Rinde unregelmässige Lufträume durch Trennung und Schrumpfung der Zellen. Die Epidermis und die primäre Rinde werden im Wasser zeitiger desorganisirt; und wo darunter eine Korklage sich bildet, wird diese an den Wasserwurzeln oft zeitig der Länge nach zerrissen und endlich abgestossen durch eine üppige Zellenvermehrung der secundären Rinde, deren Zellen sich radial strecken und dabei lufthaltige Interzellularräume bilden, so dass sie ein weisses schwammiges Gewebe darstellen. In schwächerem Grade treten diese morphologischen und histologischen Veränderungen schon hervor, wenn die Wurzeln in sehr nassem Boden sich entwickeln.¹⁾

Wenn oberirdische Theile der Landpflanzen unter Wasser oder im Erdboden sich befinden, so können krankhafte Zustände die Folge sein.

Nach MER²⁾ soll Untertauchung unter Wasser meist von schädlichem Einfluss auf die Luftblätter der Landpflanzen sein (unschädlich z. B. für Epheublätter). Die tödtliche Wirkung tritt je nach Arten ungleich schnell ein. Junge Blätter leiden weniger als alte. Aber sie bilden unter Wasser keine Stärke im diffusen Licht, nur Spuren davon im Sonnenlichte, und die vorhandene Stärke geht bald verloren, was mit BÖHM'S Beobachtungen übereinstimmt, wonach grüne Blätter von Landpflanzen in kohlensäurehaltiges Wasser getaucht, sobald sie wirklich benetzt sind, keinen Sauerstoff mehr abscheiden. Noch nicht erwachsene Blätter wachsen unter Wasser nicht weiter. Zuletzt dringt das Wasser in die Lufträume des Blattparenchyms ein, und die Blätter verderben. Daher bleiben bei Ueberschwemmungen oberirdische grüne Theile der Landpflanzen nicht ohne Schaden längere Zeit vom Wasser bedeckt.³⁾

Auch eine einigermaassen tiefe Verschüttung, bei welcher Stammtheile, die ursprünglich an der Luft gewachsen waren, mit Erde bedeckt werden, ist nachtheilig. Die meisten Gehölze vertragen Letzteres schwer und gehen darnach bald ein. Ungleich weniger empfindlich dagegen sind diejenigen Pflanzen, an deren natürlichen Standorten solche Bodenveränderungen häufige Erscheinungen sind, wie die Pflanzen der Dünen und der Flussufer, als Weiden, Pappeln, *Hippophaë thamnoides*, welche auch aus völliger Verschüttung wieder hervorzuwachsen vermögen. Die Veränderungen, welche hier beim Versetzen in ein unnatürliches Medium eintreten, sind noch nicht genauer erforscht; der Abschluss gegen Luftzutritt dürfte eine wichtige Rolle dabei spielen. Ebenso unbekannt ist es, worauf die Unempfindlichkeit gewisser Pflanzen in dieser Beziehung beruht; dieselben bilden zwar an den verschütteten Theilen leicht Adventivwurzeln, allein das ist eben nur die Folge davon, dass sie unter solchen Verhältnissen am Leben bleiben.

B. Ungenügende Durchlüftung des Bodens.

Der Erdboden muss in einem gewissen Grade dem Luftwechsel zugänglich sein, wenn in ihm Samen keimen und Wurzeln leben sollen, weil alle lebenden Pflanzentheile Sauerstoff bedürfen. In einem Boden, in welchem der von den

¹⁾ C. PERSEKE, Ueber die Formveränderung der Wurzel in Erde und Wasser. Dissertation, Leipzig 1877.

²⁾ Bull. de la soc. bot. de France. 1876, pag. 243.

³⁾ Nach ROBINET, citirt in Wiener Obst- und Gartenzeitung. 1876, pag. 37.

Wurzeln verzehrte Sauerstoff nicht durch Luftzutritt wieder ersetzt wird, müssen jene absterben, ersticken, wie wir es mit Rücksicht auf die Todesursache bezeichnen können. Wir stellen hierher eine Reihe von Krankheitserscheinungen, von denen bei einigen mangelhafter Zutritt von Sauerstoff unbestritten die Ursache ist, bei anderen dieses zwar nur hypothetisch, aber mit grösster Wahrscheinlichkeit anzunehmen ist. Ungenügende Durchlüftung kann aus verschiedenen Gründen eintreten: mit zunehmender Tiefe wird die Luftbewegung immer geringer; ferner sind die Eigenschaften des Bodens, hinsichtlich seiner Dichtigkeit, Porosität und Durchlässigkeit, und seiner wasserhaltenden Kraft und endlich die in ihm wirklich vorhandene Wassermenge hierauf von Einfluss.

1. Ungeeignete Lage der Samen im Boden. Die Erfahrung lehrt, dass in einer gewissen mässigen Tiefe unter der Oberfläche des Bodens die grösste Anzahl der ausgesäeten Samen keimt, dass diese Zahl immer geringer wird, in je tieferen Lagen die Samen ausgelegt waren, und dass in einer ungewöhnlich grossen Tiefe überhaupt keine Keimung mehr stattfindet, dass jedoch auch bei Aussaat in der Nähe der Oberfläche des Bodens sehr oft die procentische Zahl der gekeimten Samen und die Kräftigkeit ihrer Entwicklung sich vermindert.

Das Unterbleiben der Keimung in sehr grosser Tiefe erklärt sich aus dem ungenügenden Zutritt von Sauerstoffgas, welches eine Bedingung der Keimung ist. Wenn die Samen aber nicht in solcher Tiefe, jedoch noch beträchtlich unter der günstigsten ausgelegt worden sind, so findet zwar Keimung statt, aber das Keimpflänzchen vermag häufig das Licht nicht zu erreichen, man findet es bis zu irgend einer Höhe im Boden gewachsen und dann abgestorben. Die Todesursache kann hier eine doppelte sein: entweder wiederum Mangel an respirabler Luft, oder eine endliche Erschöpfung der aus dem Samen stammenden, zum Wachsthum der Keimtheile erforderlichen Reservennährstoffe, bevor eine Ergrünung am Lichte eintreten konnte, ohne welche eine Selbsternährung unmöglich ist. Der ungünstigere Erfolg bei Aussaat der Samen an der Oberfläche oder in sehr seichter Tiefe hat seinen Grund in den wechselnden Feuchtigkeitsverhältnissen, die an der Bodenoberfläche herrschen, indem bei längerer Trockenheit die hervorgetretenen Keimwurzeln welken und absterben können.

Es geht hieraus hervor, dass bei Voraussetzung einer constanten genügenden Feuchtigkeit an der Oberfläche des Bodens die Aussaat in der obersten Bodenschicht das günstigste Resultat liefern muss, weil sie alle Nachtheile einer tieferen Unterbringung vermeidet, dass dagegen bei Eintritt sehr trockener Witterungsverhältnisse diese nämliche Aussaat ein viel schlechteres Resultat liefern wird, als bei einer grösseren Tiefe, bei welcher der Schutz vor der Trockenheit den nachtheiligen Einfluss der tieferen Versenkung noch überwiegt. Die günstigste Tiefe in diesem Sinne, welche TIETSCHE¹⁾ als »rationelle Maximaltiefe« bezeichnet hat, ist von dem Genannten durch vergleichende Versuche ermittelt worden. Selbstverständlich ist dieselbe je nach Bodenarten sehr verschieden, weil diese hinsichtlich der Permeabilität für Luft und der Feuchtigkeitsverhältnisse sich verschieden verhalten. Sie beträgt

	im Sand	im kalkhaltigen Lehm	im Humus	im Thon
für Roggen	10,8 Centim.	5,4 Centim.	8 Centim.	5,4 Centim.
für Raps	7,3 Centim.	5,4 Centim.	—	3,5 Centim.

Die Versuche zeigten, dass bei dauernd genügender Feuchtigkeit der oberen Bodenschichten seichtere als die angegebenen Lagen günstigeren Erfolg haben.

2. Nässe und Undurchlässigkeit des Bodens als Ursache des Ausauerns oder der Wurzelfäule. Derjenige Zustand des Bodens, den wir den mit Wasser gesättigten nennen, d. h. wo die lufthaltigen Capillaren desselben vollständig mit Wasser gefüllt sind, ist nur für die eigentlichen Sumpfpflanzen zu-

¹⁾ Keimungsversuche mit Roggen etc., Halle 1872.

träglich. Diese gehen sogar in ihrer Entwicklung zurück, wenn der Boden ihres Standortes diesen Charakter verliert.

Für alle diejenigen Landpflanzen aber, welche nicht eigentlich nasse Standorte haben, ist eine derartige Ueberfüllung des Bodens mit Wasser schädlich. Insbesondere gilt dies von solchen Pflanzen, deren Wurzeln sich bereits in einem mässig feuchten Erdreich entwickelt hatten. Die in Folge dessen eintretende Verderbniss ist in der Praxis unter dem Namen Aussauern bekannt. Um das Wesen der Sache genauer auszudrücken, kann man sie als Wurzelfäule bezeichnen. Sie zeigt sich sowol an Topfpflanzen, wenn diese beharrlich so stark gegossen worden sind, dass die Erde im wassergesättigten Zustand erhalten worden ist, als auch im freien Lande nach ungewöhnlich langen reichlichen Niederschlägen oder sonstigen ungeeigneten Bewässerungen, und besonders bei tiefwurzigen Pflanzen (Umbelliferen, Leguminosen), wenn deren Wurzeln in eine sehr wasserreiche oder undurchlassende tiefere Bodenschicht gelangen (also besonders auf tiefliegenden Ländereien, wie auf Aueboden, in der Nähe von Gewässern, etc.). Die Pflanzen werden dabei in allen Theilen welk, dann schwarz oder gelb oder überhaupt so verfärbt, wie es die betreffende Species im abgestorbenen Zustande zu zeigen pflegt, und endlich dürr; die kranken Pflanzen lassen sich gewöhnlich leicht aus der Erde ziehen und man bemerkt dann, dass ihr Wurzelsystem bereits abgestorben war und darin die nächste Ursache des Welkens und Absterbens der oberirdischen Theile lag.

Bei *Vicia Faba* und *Lathyrus Ochrus*, wo ich diese Wurzelfäule untersuchte, bemerkte ich, dass das Absterben der Gewebe in der Epidermis beginnt und successiv in die tieferen Schichten des Parenchyms fortschreitet, bei *Vicia Faba* unter Auftreten eines purpurbraunen Farbstoffes in den Zellmembranen. Die jungen Spitzen der Seitenwurzeln sind vielfach allein noch lebendig, weiss und frisch. Dadurch ist einigermaassen noch Aufsaugung möglich, und die Holzbündel der kranken Wurzeltheile gestatten wenigstens noch eine Wasserströmung, so dass dann die oberirdischen Theile nicht sogleich sterben, sondern noch eine Zeit lang lebendig erhalten werden können. Die Blätter sterben dann von unten an nach ihrer Altersfolge. Vor dem Tode sucht die Pflanze eine Anzahl neuer Adventivwurzeln, besonders aus dem oberen noch saftigen und lebendigen Theile der Pfahlwurzel und selbst aus dem nahe der Bodenoberfläche befindlichen gesunden Stengelstücke zu treiben; doch auch diese Wurzeln verfallen dem nämlichen Schicksal sobald sie tiefer in den Boden eingedrungen sind, was dann erneute Anstrengungen der Pflanze, sich zu bewurzeln, zur Folge hat. Bei diesem Kampfe wird wenigstens eine kümmerliche Entwicklung der oberirdischen Theile, selbst Blüthen- und geringe Fruchtbildung ermöglicht.

Auch an den Bäumen kommt nach R. HARTIG¹⁾ unter ähnlichen Bodenverhältnissen eine Wurzelfäule vor, und zwar hauptsächlich an Kiefern in Beständen der norddeutschen Tiefebene. Die Bäume zeigen dabei oft keine Veränderung in der Benadelung, fallen aber bei starkem Wind oder Schneeanhang um, wobei man die in die Tiefe gehende Pfahlwurzel völlig abgefault findet, während die flache unter der Bodenoberfläche verlaufende Bewurzelung gesund geblieben ist. In anderen Fällen aber macht sich ein Kränkeln der Krone, durch Kürze der Triebe und Nadeln bemerklich; werden solche Bäume ausgerodet, so findet man die Pfahlwurzel an der Spitze abgefault und bis in den Stock hinauf verharzt, wodurch die Säfteleitung aus den Seitenwurzeln in den Stamm beeinträchtigt wird. Von ähnlichen Krankheiten, die durch unterirdische parasitische Pilze veranlasst werden, unterscheidet sich diese dadurch, dass die

¹⁾ Zersetzungserscheinungen des Holzes. Berlin 1878, pag. 75 ff.

Bäume nicht vertrocknen, sondern nach dem Abfaulen der Wurzeln lebend umfallen und dass sie sich nicht von einem Punkte aus im Laufe der Jahre weiter verbreitet, sondern gleichzeitig über ganzen Beständen oder grösseren Plätzen in den Beständen beginnt; das Umfallen erfolgt bald hier bald da und hat ein allgemeines Lückigwerden des Bestandes zur Folge. Aus den zahlreichen von R. HARTIG vorgenommenen Untersuchungen hat sich ergeben, dass in allen Fällen in einer gewissen Bodentiefe sich eine Schicht befand, die zwar den Luftwechsel nicht völlig ausschloss, demselben aber in hohem Maasse hinderlich war, und das Eindringen der Pfahlwurzel in der Jugend gestattet hatte, aber in einem gewissen Alter des Bestandes den Tod dieser Wurzeln herbeiführte. Oft war es stagnirende Nässe in einer gewissen Bodenschicht, sehr häufig aber ein schwerer thonreicher Lehm Boden, der in der norddeutschen Tiefebene oft nesterweise oder über grössere Flächen verbreitet mitten in tiefgründigem Sandboden auftritt; und es zeigte sich, dass die Wurzelfäule genau so weit ging, wie der Lehm Boden reichte, während auf dem reinen tiefgründigen Sand die Bewurzelung völlig gesund war.

Hierher gehört auch die bekannte Verderbniss, welche häufig Samen erleiden, die in übermässig feuchten Boden ausgesät worden sind: anstatt zu keimen, faulen sie; grosse Samen, wie Bohnen u. dgl. verwandeln sich dabei in eine stinkende, jauchige Masse.

Die Erklärung für das Absterben dieser unterirdischen Theile muss wol bei dem Faulen der Samen unzweifelhaft in dem Mangel an respirablem Sauerstoff gesucht werden. Erkennen wir hier den Erstickungstod an, so sind wir auch genöthigt, bei der unter denselben Umständen auftretenden Wurzelfäule dem Sauerstoffmangel einen Einfluss zuzuschreiben. Auch R. HARTIG sieht hierin die Ursache der Wurzelfäule der Kiefern. Ausserdem könnten auch noch einige andere Umstände einen Einfluss haben. An den von mir untersuchten Wurzeln der durch Aussauern getödteten *Vicia Faba* befanden sich eine Menge Wunden, veranlasst durch das Aufspringen und die abnormen schwammigen Gewebewucherungen des Parenchyms, welche häufig stattfinden, wenn Wurzeln von Landpflanzen in Wasser oder sehr nassem Boden wachsen (s. pag. 432). Dieselbe Erscheinung wird auch an holzigen Pflanzentheilen, wenn diese im Wasser stehen, beobachtet. Es ist nicht unmöglich, dass auf die Dauer solche Wunden einen schädlichen Einfluss äussern. Weiter könnte auch an eine nachtheilige Einwirkung der zum Theil eigenthümlichen Zersetzungsprodukte gedacht werden, welche die organischen Bestandtheile des Bodens bei stagnirender Nässe und mangelhaftem Luftzutritt liefern, z. B. an die sauren Humuskörper. Und was die Kohlensäure anlangt, die sich hierbei reichlich ansammelt, so ist an einen Versuch W. WOLF's¹⁾ zu denken, nach welchem Pflanzen, die man in kohlensäurereichem Wasser cultivirt, zu assimiliren aufhören und welk werden, sich aber wieder erholen, wenn sie in destillirtes Wasser gesetzt werden.

C. Folgen des Reichthums des Bodens an Feuchtigkeit und Nährstoffen überhaupt.

Reichthum des Bodens an Feuchtigkeit, so lange er nicht den oben besprochenen schädlich wirkenden Grad erreicht, und Reichthum desselben an pflanzlichen Nährstoffen überhaupt werden allgemein und mit Recht zu den günstigsten Bedingungen für die Ernährung und das Wachsthum der Pflanzen gerechnet. Dennoch ist es nicht paradox, dieselben in gewissen Fällen für die Ursache pathologischer Erscheinungen zu halten. Denn ein Ueberfluss an denjenigen Stoffen, welche der Pflanze zur Bildung neuer Organe dienen, kann zu einer abnormen Verwendung, zu einem Missbrauche derselben Veranlassung

¹⁾ Tageblatt d. 45. Naturf.-Versamml. zu Leipzig. 1872, pag. 209.

geben, der sich darin äussert, dass die Pflanze ihre Organe voluminöser, substanzreicher oder in grösserer Anzahl bildet, als es die normale Regel ist. Dieser stärkere Bildungstrieb tritt oft local in excessivem Grade auf, und mit ihm können die mannigfaltigsten Formveränderungen der von ihm betroffenen Theile verbunden sein. In physiologischem, stofflichem Sinne sind diese krankhaften Bildungen als Hypertrophien (Ueberernährungen) zu bezeichnen, von morphologischer Seite bedeutet die Bezeichnung Missbildung, Monstrosität, Bildungsabweichung ziemlich dasselbe.

Theoretisch betrachtet kann eine übermässige Verwendung von Nährstoffen zu Bildungszwecken unter folgenden Umständen angenommen werden. In einem Boden, der schon nährstoffreich ist, wird der blosser Eintritt reichlicherer Durchfeuchtung zu einer kräftigeren Wurzelbildung und damit zu einer um so ausgiebigeren Aufnahme von Nährstoffen führen und kann so Hypertrophien zur Folge haben. Oder wenn in der Pflanze ein Vorrath verwendbarer Stoffe vorhanden ist, und sie in eine Entwicklungsperiode oder in einen Zustand gelangt, wo solche Stoffe leicht zu Neubildungen verwendet werden, so kann Zutritt reichlichen Wassers allein schon, selbst ohne dass der Boden ungewöhnlich an Nährstoffen bereichert ist, hypertrophische Bildungen zur Folge haben. Endlich wird ganz besonders ein vereinigt Auftreten eines ungewöhnlich grossen Nährstoffquantums und eines Wasserreichthums (wie z. B. bei kräftiger organischer Düngung und in sogen. guten oder reichen Böden) Veranlassung dazu geben. Auch könnten sehr wol gewisse durch chemische Beschaffenheit des Bodens bedingte physikalische Verhältnisse mitwirkend gedacht werden, z. B. die durch humusreiche schwarze Erde bedingte höhere Temperatur des Bodens.

Aus dem Gesagten folgt, dass nicht immer im Boden die Ursache einer Bildungsabweichung gesucht werden muss. Insbesondere kann die Erscheinung, dass die Pflanze nur an gewissen Theilen ihres Körpers Nährstoffe zu hypertrophischen Bildungen verwendet, die Folge verschiedener Umstände sein: erstens, wenn die gewöhnlichen Verbrauchsstätten der Nahrung weggefallen sind, das gesammte Quantum bildungsfähigen Materiales sich daher auf eine geringe Anzahl von Organen concentriren muss, also z. B. wenn die Pflanze durch Verletzung gewisse Theile verloren hat (und wir haben in der That im vorigen Abschnitte mancherlei Bildungsabweichungen als Folgen von Wunden kennen gelernt), oder auch wenn Organe in Folge irgend welcher kranklichen Entwicklung und gesunkener Lebensenergie nicht mehr ihr normales Quantum Nährmaterial verarbeiten, dieses sich also einen anderen Verbrauchsort sucht. Von diesem Verhältniss ist nur noch ein geringer Schritt bis zu dem, wo ohne klar erkennbare Veranlassung die Vertheilung des Nährstoffmateriales auf die einzelnen Organe ungleich wird und somit ihren Ausdruck findet in der abnormen Förderung der Bildung eines oder mehrerer Theile. Treten auch noch Bodenverhältnisse hinzu, welche einer Hypertrophie günstig sind, so kann jenes Missverhältniss einen noch höheren Grad annehmen. Endlich ist auch nicht zu vergessen, dass die Pflanze durch die ihr eigene Neigung zur Variation, d. h. zur Annahme neuer Merkmale, auch Missbildungen gewissermaassen ganz zufällig, d. h. ohne nachweisbare äussere Veranlassung, erwerben kann, und dass diese sich dann durch Vererbung befestigen und steigern können.

Das Vorstehende zeigt genügend, wie mannigfaltige und für die Forschung zum Theil tief verschleierte Veranlassungen, einzeln für sich oder combinirt, als Ursachen von Hypertrophien denkbar sind. Und dass ausser den Bodeneinflüssen in der That solche andere Anlässe mit wirksam sind, geht aus der Thatsache hervor, dass sich ganz gewöhnlich in einem und demselben Boden neben missgebildeten auch gesunde Individuen der nämlichen Art finden. Und wären die Bildungsabweichungen allein Folgen der Bodenbeschaffenheit, so müssten wir sie jederzeit absichtlich hervorrufen können, wenn wir die Pflanze in einen derartigen Boden versetzen, was keineswegs immer diesen Erfolg hat. Relativ wenige Bildungsabweichungen hat man bis jetzt experimentell mit aller Evidenz als Folgen gewisser Bodenzustände nachweisen können, indem man sie absichtlich durch Versetzen der Pflanzen in solche Verhältnisse hervorrufen konnte. Bei den betreffenden Missbildungen wird darüber zu berichten sein. Eine Verallgemeinerung dieser Resultate auf die Bildungsabweichungen überhaupt aber ist unstatthaft. Trotz dieses vielfach mangelnden Beweises stellen wir die Missbildungen hier unter die Wirkungen

der Bodeneinflüsse, weil sie mit mehr Berechtigung an keinem anderen Orte stehen würden. Diejenigen, welche schon oben als Folgen von Verwundungen behandelt worden, bedürfen hier keiner Wiederholung. Ausgeschlossen sind selbstverständlich alle durch Parasiten hervorgerufenen Hypertrophien. In dem Umfange, in welchem wir sie hier verstehen, sind die Bildungsabweichungen zum Gegenstand einer besonderen Disciplin, der Pflanzenteratologie, erhoben worden. Es knüpfen sich an dieselben wichtige morphologische Betrachtungen, die aber für uns nicht Hauptzweck sind, da wir sie hier nur nach ihrem pathologischen Charakter und ihren ursächlichen Beziehungen zu behandeln haben. Wir müssen uns hier auf die Hauptgesichtspunkte beschränken; eine ausführlichere Darstellung dieses Theiles der Pathologie findet sich in meinen »Krankheiten der Pflanzen«.

Wir bringen die hierher gehörigen Bildungsabweichungen unter folgende Hauptgesichtspunkte: 1. Vergrösserung der Theile im normalen Charakter der Metamorphose und in proportionalen Grössenverhältnissen. 2. Vergrösserung einzelner Organe im normalen Charakter, aber in abnormen Gestalten (in nicht proportionalen Dimensionen). 3. Vergrösserung durch Uebergang in eine andere morphologische Ausbildungsform, nämlich durch Rückschreiten oder Vorschreiten der Metamorphose. 4. Vermehrung der Zahl der Organe. 5. Anomalien der Anordnung der Pflanzentheile. 6. Verminderung der Zahl und des Umfanges der Organe, in Begleitung und als Compensation von Hypertrophien.

I. Vergrösserung der Theile in ihrer normalen Ausbildungsform und in proportionalen Grössen.

1. Riesenwuchs, Verriesung (*Gigantismus*), das ist die Erscheinung, wo alle Theile einer Pflanze in gleichen Proportionen und also unter Beibehaltung der normalen Gestalt über das der Species gewöhnlich eigene Maass vergrössert sind. Solche Individuen werden Riesen genannt.

Es ist fast immer nachweisbar, dass an Stellen, wo solche Riesen wachsen, eine ungewöhnliche Menge von Nährstoffen (durch Harn oder Excremente, oder andere stark düngende Substanzen) angehäuft und zugleich die Feuchtigkeitsverhältnisse sehr günstige sind. Auch ist es allgemein bekannt, dass Pflanzen, die man aus einem sterilen Boden in gutes Gartenland versetzt und reichlich begiesst, in mehr oder minder hohem Grade sich im Sinne einer Verriesung verändern. Die reichere Ernährung der Pflanzen von sogen. Geilstellen in Aeckern hat WEISKE¹⁾ analytisch nachgewiesen, indem er in solchen Pflanzen den procentischen Gehalt an Proteinstoffen um beinahe das Doppelte grösser fand als in normalen Pflanzen. Umgekehrt hat nach MOQUINTANDON'S²⁾ Anführungen DESMOULINS von riesigen Exemplaren der *Sagittaria sagittifolia* mit 3 Meter langen Blattstielen, bis 30 Centim. breiten und bis 40 Centim. langen, eigenthümlich stumpfen Blättern und unfruchtbaren Blüten, die in festem, von der Fluth bespültem Schlammgrunde an den Ufern der Gironde gewachsen waren, einen Stock in einem Topf in das Bassin des botanischen Gartens zu Bordeaux gesetzt und bemerkt, dass derselbe bald wieder spitzere Blätter von normalen Dimensionen und fruchtbare Blüten wie gewöhnlich bildete.

2. Wasserreiser. An Holzgewächsen entwickeln sich oft einzelne Sprosse in riesenhaften Dimensionen aller Theile, jedoch in Gestalt und Ausbildung im Wesentlichen normal, während die übrigen laubtragenden Sprosse keine Hypertrophie zeigen. Die besonders häufig bei den Obstbäumen aus dem Stamme oder den Aesten entspringenden, sehr kräftigen, senkrecht aufwärts wachsenden und mit meist ziemlich grossen Laubblättern besetzten Triebe werden Wasserreiser, Wasserschosse, Wasserloden, Nebenreiser oder Räuber genannt. Sie können sowol aus gewöhnlichen Seitenknospen als auch aus Adventivknospen

¹⁾ Annal. d. Landwirthsch. d. kgl. preuss. Staaten 1871, pag. 310.

²⁾ Pflanzenteratologie, deutsch von SCHAUER, pag. 79.

sich entwickeln, und nicht selten nehmen mehrere in der Nähe liegende Knospen diese Entwicklung an, oder eine der untern Knospen des Wasserreises wächst wiederum zu einem solchen heran.

Diese Erscheinung setzt schon eine andere Anomalie voraus. Sie tritt ein, wenn nicht genug Verbrauchsorte für die disponible Nahrung vorhanden sind, also besonders wenn die Krone oder der Ast, woran Ränder sich bilden, in einem kränklichen Zustande sich befinden, sei es in Folge von Flechtenanhang oder von thierischen oder sonstigen Beschädigungen, sei es in Folge von Wurzelkrankheiten oder einer für den ganzen Baum bisher ungenügend gewesen Ernährung. Die verbreitete Meinung, dass die Wasserreiser die Nahrung von der Krone ableiten, verwechselt, was die erste Veranlassung betrifft, Ursache und Folge. Dem Uebel lässt sich auch nicht durch Wegschneiden der Wasserreiser abhelfen, sondern nur durch Verbesserung des Bodens oder durch Umsetzen, wodurch der Baum wieder zu gesunder Wurzelbildung veranlasst wird oder hinreichende Nahrung erhält. Auch durch zu starkes Wegschneiden der Aeste kann zur Bildung von Rändern Veranlassung gegeben werden. In der Obstbaumzucht sind die Wasserreiser auch deshalb nachtheilig, weil sie gewöhnlich unfruchtbar sind und, da sie meist aus dem Stamme kommen, bei gepfropften Bäumen dem Wildling gleichen. Man muss sie daher wegschneiden oder wenn schon Absterben von Zweigen und Aesten begonnen hat, veredeln und dafür das kranke Holz entfernen.

II. Vergrößerung einzelner Organe in der normalen Ausbildungsform, aber in abnormen Gestalten.

Alle Hypertrophien, bei denen der Charakter der Metamorphose unverändert bleibt, und nur die Gestalt in Folge nicht proportionaler Vergrößerung der Dimensionen sich ändert, können im Allgemeinen als Verunstaltungen oder Deformationen bezeichnet werden.

A. Verunstaltungen der Stengel und Wurzeln.

1. Verbänderungen (*fasciationes*) der Stengel oder diejenigen Verunstaltungen, bei denen der Stengel in einer Richtung seines Querschnittes bedeutend vergrößert ist, also eine bandförmig abgeplattete Gestalt hat. An Stockaus schlägen, Wasserreisern und bei Kräutern, wenn dieselben ihre Triebe durch Abmähen, Abweiden, Abtreten etc. verloren haben und neue kräftige Sprosse treiben, ist die Erscheinung nicht selten. Sie kommt sowol an vegetativen Achsen, wie an Blütenständen vor, sowol an beblätterten Stengeln, wie an blattlosen Schäften (*Taraxacum*). Die Blätter verbänderter Stengel sind meist normal gestaltet und stehen sowol an den Kanten wie an den Flächen des Bandes: entsprechend der grösseren Oberfläche zahlreicher; häufig besteht eine Neigung, die Blätter partienweise zusammenzurücken, oft annähernd wirtelförmig, jedoch meist nicht genau in gleicher Höhe. Am oberen Ende erreicht die Verbänderung gewöhnlich grössere Breite; dabei kann das Längenwachsthum an dem einen Rande stärker erfolgen, wodurch die Fasciation bischofsstabförmig gekrümmt wird. Sie endigt entweder mit einer einfachen, ebenfalls breit gezogenen Knospe, beziehentlich (z. B. bei Compositen) mit einem hahnenkammförmig verbreiterten Köpfchen; oder an Stelle der einfachen Knospe steht eine ganze Garnitur von Knospen auf dem Scheitel, von denen einzelne allein weiter wachsen können, so dass die Verbänderung dichotom oder mehrspaltig wird. Fasciation kann auf zweierlei Weise entstehen. Entweder durch Verbreiterung des Stammscheitels, indem das Dickenwachsthum desselben in einer Richtung überwiegt und wobei mehrere Vegetationspunkte auf dem Scheitel auftreten können. Dies ist der weitaus gewöhnlichste Fall. Solche Verbänderungen enthalten ein einfaches Mark, umgeben von einem in

die Breite gezogenen Gefässbündelringe. Oder sie entstehen durch Verwachsung mehrerer Achsen in frühem Entwicklungszustande; dann enthalten sie ebenso viele besondere Gefässbündelringe, als Achsen verschmolzen sind. So fand ich es zwischen Blütenstielen in den Trauben von Cruciferen und zwischen dem Stengel und den beiden gegenständigen Zweigen von *Knautia arvensis*.

2. Abnorme Streckung als Bildungsabweichung, also wol zu unterscheiden von der Verlängerung beim Etiolement (S. 408), besteht in abnormer Verlängerung gewisser Internodien und wird als Apostasis bezeichnet, wenn dadurch Glieder eines Wirtels auseinanderrücken. Im Blütenstand können auf diese Weise Dolden zu Trauben, aber auch Köpfchen zu Dolden, Trauben corymbusartig werden. In den Blüten betrifft es die Blütenachse (z. B. *Reseda* etc.).

3. Krümmungen und Einrollungen, verursacht durch stärkeres Wachsthum der einen Kante des Stengels, können in Form eines Knie oder eines Bogens bis zu der einen Locke oder Schneckenwindung oder in unregelmässiger Form vorkommen.

4. Drehungen oder Torsionen, d. h. spiralige Drehungen der Stengel um ihre Achse, wobei die geraden Längsfurchen zu Spiralen werden. Bisweilen ist mit der Drehung eine starke Anschwellung verbunden, wie bei der von A. BRAUN als Zwangsdrehung bezeichneten an *Valeriana* und *Galium*, wobei die Blattstellung in eine spiralige übergeht, und die Spirale durch die Drehung des Stengels immer mehr zur senkrechten Reihe aufgerichtet wird.

5. Anschwellungen. Mit diesem Ausdruck können diejenigen Hypertrophien der Stengel und Wurzeln bezeichnet werden, bei denen Breite und Dicke, d. h. die zur Längsachse queren Richtungen vergrößert sind. Die meisten derselben gehören als von Parasiten verursachte Gallen nicht hierher. Von anderen mag es zweifelhaft sein, ob es Bildungsabweichungen in dem hier verstandenen Sinne sind. Hierher gehören vorläufig die vorhin erwähnten Zwangsdrehungen der Stengel von *Valeriana* und *Galium*; es sind bauchige, oft schief birnförmige Auftreibungen des Stengelgrundes, die bis zu einer Breite von 8 Centim. und einer Länge von 29 Centim. beobachtet worden sind.

Unter dem Namen Hernie, Kohlhernie (*Kapoustnaja kila*) ist in Russland, besonders in der Umgebung von St. Petersburg, in den letzten Jahren eine Krankheit der Kohlpflanzen aufgetreten, die jedoch auch in Deutschland, hier unter dem Namen Kelch oder Kropf des Kohls, in Frankreich, Belgien, England und in Spanien vorkommt¹⁾. Diese Missbildung ist zuerst von CASPARY²⁾ genauer untersucht worden, und kürzlich auch von WORONIN³⁾. Letzterer hat sie in Russland auf allen Kohlvarietäten gefunden: allen Sorten Kohlrüben, Wasserrüben etc. (*Brassica Napus* und *Rapa*), Raps und ausser diesen Arten von *Brassica* auch auf anderen Cruciferen, z. B. *Iberis umbellata* und *Levkoye*. Auf den Wurzeln bilden sich eigenthümliche Auswüchse von verschiedener Gestalt und Grösse, häufig in solcher Menge, dass alle Wurzeln damit bedeckt und völlig verunstaltet sind. Bei den rübenbildenden Varietäten kommen auch auf der Oberfläche der Rüben derartige Anschwellungen zum Vorschein. Sie zeigen sich nach WORONIN in jedem Lebensalter der Kohlpflanzen: schon im Frühlinge, wenn dieselben noch als kleine Setzlinge in den Mistbeeten stecken, bis zum Spätherbst. Eine starke Hernie ist für die Kohlpflanzen insofern sehr schädlich, als gar kein Kohlkopf entsteht oder derselbe in seiner Entwicklung weit zurück bleibt. Nur wenn die Er-

¹⁾ Vergl. die Angaben WORONIN's in Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Botanik, XI.

²⁾ Eine Wrucke (*Brassica Napus*, L.) mit Laubspossen auf knolligem Wurzelaußschlag, in den Schriften d. Physik.-Oekon. Gesellsch. Königsberg, 1873, pag. 109. Taf. XIV.

³⁾ *Plasmodiophora Brassicae*, Urheber der Kohlpflanzen-Hernie. Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Botanik, XI. mit Taf. XXIX—XXXIV.

krankung in einem späteren Alter eintritt, kann die Pflanze gut entwickelt sein, trotz herniöser Wurzeln. Die Anschwellungen sind bis zu Faustgrösse gefunden worden; die grössten finden sich an den Pfahlwurzeln, beziehentlich an der Rübe; die an den Nebenwurzeln sind gewöhnlich viel kleiner. Die Gestalt derselben ist so unregelmässig, dass sich keine allgemein zutreffende Beschreibung geben lässt. Farbe und innere Beschaffenheit der Anschwellungen sind denen gesunder Rüben völlig gleich. Später werden die alten Auswüchse runzelig, welk und mürbe, vertrocknen endlich oder, wenn reichlich Feuchtigkeit vorhanden ist, faulen sie unter widrigem Geruch. Nicht selten bilden sich auf den grösseren Hernienanschwellungen Knospen, aus denen ein Laubspross sich entwickelt. Dieser zeigt auch Bildungsabweichungen: zunächst bleibt er verkürzt, bildet mehrere dicht umeinander stehende Blätter, so wie es die Stengel von *Brassica* überhaupt thun, indem sie mit einer Wurzelblattrosette beginnen. Die Blätter bleiben kurz, sind oft mehr oder weniger eingekrümmt oder sonst unregelmässig verbogen oder verzerrt, häufig ist der Stiel bandförmig abgeplattet und theilt sich nach oben unregelmässig in verkräuselte Laubausbreitungen. Die Stengel sind relativ dick und kurz, gedrungen und bilden schon von unten an reichlich Zweige, welche ähnliche gedrungene Gestalt haben. Die Trauben zeigen sich auffallend kurz und dicht, die untersten Blüthen meist verkümmert, die folgenden entwickelt und blühend, aber auch oft zum Theil missgebildet, nämlich die Blumenblätter von unregelmässiger Form und durch Petalodie eines Theiles der Staubgefässe vermehrt, zum Theil auch in Mittelbildungen zwischen Blumenblättern und Staubgefässen, die Antheren oft nicht gut ausgebildet, der Stempel bisweilen verkrüppelt. Die Hernienanschwellungen bestehen in einer gewaltigen Hypertrophie des Wurzelparenchyms. Ich finde bei ihnen ein eigenthümliches Dickwachsthum durch ein unmittelbar unter der Oberfläche liegendes kleinzelliges Meristem, welches einem Korkmeristem ähnelt, besonders gegen die Oberfläche, wo es in ein oder wenige Lagen Korkzellen übergeht. Nach innen setzt es sich ganz allmählich in das Dauerparenchym fort ohne Grenze, indem die Zelltheilungen hier tiefer dort minder tief in das Gewebe fortgehen. Dieses Meristem erzeugt nicht bloss Parenchym, sondern auch neu Fibrovasalstränge, deren Anfänge man daher oft ganz nahe unter der Oberfläche schon erkennt. So wachsen die Anschwellungen, so umfangreich sie auch werden, immer durch dieses periphere Meristem. Die Fibrovasalstränge stehen regellos zerstreut und laufen in allen Richtungen oft unregelmässig geschlungen und sind auch untereinander durch Zweige verbunden. Das Parenchym besteht aus polygonalen, dünnwandigen, saftreichen, oft Stärkekörner enthaltenden Zellen; einzelne Zellen werden zu getüpfelten dickwandigen Sclerenchymzellen. Bisweilen treten die ersten Anfänge der Anschwellungen an den Wurzeln wie scharf begrenzte seitliche Organe auf; man könnte sie für Anfänge von Nebenwurzeln halten. Sie wachsen dann in der beschriebenen Weise an ihrem Scheitel, gleich wie an einem Vegetationspunkte, am stärksten; bald wird die Thätigkeit des Meristems gleichmässiger, und die Knollen wachsen an allen Theilen ihrer Oberfläche. Die ersten Anlagen dieser Bildungen an der normalen Wurzel konnte ich aus Mangel an Material nicht genügend untersuchen. Sie scheinen aus einer meristematischen Theilung des Rindeparenchyms der Wurzel hervorzugehen; ein Gefässbündel verbindet die ihrigen mit demjenigen der Wurzel.

Bezüglich der Ursache der Kohlhernie stehen sich die Angaben CASPARY'S und WORONIN'S gegenüber. Ersterer konnte bei Königsberg in der Kohlhernie keine Spur von Pilzen oder äusserer Beschädigung finden und beobachtete die bemerkenswerthe Thatsache, dass sich diese Missbildung durch die Samen erblich fortpflanzen lässt¹⁾. Er hält sie daher für eine Bildungsabweichung gewöhnlicher Art. WORONIN, der seine Untersuchungen in Petersburg anstellte, hat dagegen einen pilzlichen Parasiten, den er *Plasmodiophora brassicae* nennt, gefunden, und hält diesen für die Ursache der Hernie. Einzelne Parenchymzellen in den Hernienanschwellungen findet er abnorm vergrössert, und in denselben ein trübes Plasmodium, welches in den in Fäulniss übergehenden Geschwülsten in eine Unzahl äusserst kleiner kugelliger Sporen sich umwandelt. Mit der Auflösung der Wurzel durch Fäulniss gelangen sie in den Boden. Hier keimen sie, indem aus jeder eine mit einer Cilie versehene Myxamöbe ausschwärmt. WORONIN hat durch Infectionsversuche fast an allen Wurzeln Hernienanschwellungen, wenn auch sehr kleine

¹⁾ Gardeners Chronicle. 1877, pag. 148.

erhalten, während bei den Pflanzen, die in reiner Erde gezogen und mit destillirtem Wasser begossen wurden, keine Spur der Erkrankung eintrat. Nach dem, was ich bei Leipzig von Kohlhernie untersucht habe, muss ich CASPARY'S Meinung bestätigen: die von WORONIN beobachteten vergrösserten Parenchymzellen mit *Plasmodiophora* waren in den von mir untersuchten sehr starken Geschwülsten nirgends und zu keiner Zeit zu finden, auch dann nicht als die Theile schon in volle Fäulniss übergingen¹⁾. Es folgt daraus, dass bei dieser Krankheit der WORONIN'sche Pilz nicht nothwendig vorhanden sein muss. Um den Widerspruch zu lösen, wären drei Fälle denkbar. Entweder es giebt zwei in ihren Symptomen vollständig gleiche Kohlhernien, die zwei ganz verschiedene Ursachen haben; das ist der wenigst wahrscheinliche Fall. Oder die Kohlhernie ist überhaupt keine parasitäre Krankheit; die *Plasmodiophora* ist ein Schmarotzer der Kohlpflanze, der jene Krankheit nicht erzeugt, sondern für den nur die stark hypertrophirten Theile der Kohlpflanze der geeignetste Entwicklungsboden sind und der in dem stark kohlbauenden Russland sich eingebürgert und ubiquistisch verbreitet hat, bei uns vielleicht fehlt. Oder drittens, und das halte ich für das Wahrscheinlichere: WORONIN hat zwei Krankheiten zugleich vor sich gehabt, ausser der typischen, mit der CASPARY'schen Krankheit identischen Kohlhernie noch andere, kleine, spindelförmige Anschwellungen des Wurzelkörpers dünnerer Kohlwurzeln, welche allein von der *Plasmodiophora* verursacht werden. Denn die (l. c. Taf. XXIX. Fig. 3 und 5 und Taf. XXX. Fig. 10 u. 11) abgebildeten Wurzelanschwellungen, welche bei den Infectionsversuchen erzielt worden waren, dürften von der eigentlichen Kohlhernie verschieden sein.

B. Verunstaltungen der Blätter.

1. Als schwächster Grad von Deformationen der Blätter kommen Veränderungen der Form des Umrisses vor, indem z. B. die eiförmige Gestalt mehr in die lineale übergeht etc., oder die Beschaffenheit des Blattrandes sich ändert, oder auch wol ein ganzes Stück der Blattfläche, z. B. an der Basis oder an der Spitze nicht zur Ausbildung kommt.

2. Die Spaltung (*fissio*), wobei die Blattfläche durch normal nicht vorhandene Einschnitte mehr oder weniger tief gespalten ist, und die Durchstossung (*pertusio*), wobei die Blattfläche von Löchern durchbrochen aus der Knospe hervorkommt.

3. Durch local gesteigertes intercalares Wachsthum des Blattes entstehen: kapuzenförmige Gestalt, wenn die Streckung der Mittelrippe stärker ist oder länger dauert als die Ausdehnung der Lamina, Kräuselung (*crispatio*), wenn das Mesophyll zwischen den Rippen und Nerven länger sich ausdehnt als letztere, ring- oder lockenförmige Krümmung des ganzen Blattes, wenn die Oberseite desselben sich stärker als die Unterseite ausdehnt (Napoleonsweide, *Salix babylonica* var. *annulata*).

4. Becherbildung (Ascidien). Bei dieser Missbildung ist ein Blatt oder ein Blättchen mit den unteren Rändern zu einem Becher oder einer Düte oder mit den oberen Rändern zu einer Art Haube verwachsen. Ersteres ist an *Brassica*-Arten, *Fragaria*, *Spinacia* etc., letzteres an *Convallaria*, *Tulipa* beobachtet worden.

5. Sprossungen, d. h. Neubildungen auf dem Stiel und der Fläche des Blattes treten auf: als warzenähnliche Drüsen bisweilen in Menge auf den Blattstielen von *Viburnum opulus*, als rechtwinklig zur Blattfläche gerichtete Leisten oder blattähnliche Wucherungen, besonders auf der Mittelrippe, endlich als grüne blattartige Sprossungen in Form der vorerwähnten Röhren, Düten oder Becher, was am häufigsten an Kohlarten beobachtet worden ist.

¹⁾ Vergl. meine Mittheilung in Bot. Zeitg. 1879, pag. 398.

C. Verunstaltungen der Blüten und Blütenstände.

Von Blütenmissbildungen gehören hierher nur diejenigen, die nicht mit einer Veränderung der Metamorphose verbunden sind und nicht in einer Veränderung der Zahl der Glieder bestehen. Daher handelt es sich hier um Vergrößerungen einzelner Blüthentheile, sowie um gewisse Gestaltsveränderungen der Blätter der Blüthe, insbesondere um die Umwandlung einer actinomorphen Blumenkrone in eine zygomorphe (in den sogen. gefüllten Blütenköpfen der Compositen) und um die Verwandlung zygomorpher Blüten in actinomorphe, was man als Pelorie bezeichnet. Letzteres geschieht entweder durch Schwinden des die Actinomorphie bedingenden Theiles (z. B. eines Sporn) oder dadurch, dass alle Glieder des Cyclus die Beschaffenheit des anders gebildeten annehmen (z. B. sämtliche Blumenblätter Sporne bekommen, wie es von *Linaria* bekannt ist).

III. Vergrößerung durch Uebergang in eine andere morphologische Ausbildungsform (vor- und rückschreitende Metamorphose).

Die zahlreichen in dieses Kapitel gehörigen Missbildungen stellen sich dar als Umwandlungen der Blattorgane in eine andere Metamorphosenstufe und beziehen sich daher alle auf den Blütenstand oder die Blüten. Die Umwandlung der Blattorgane in eine morphologisch höhere Ausbildungsform wird vorschreitende, das Zurückgehen auf eine tiefere rückschreitende Metamorphose genannt. Um nun die Ausbildungsform, welche hierbei angenommen wird, genauer zu bezeichnen, kann man nach MASTERS Vorgänge die Ausdrücke Phyllodie (Verlaubung), Sepalodie, Petalodie, Staminodie und Pistillodie anwenden, womit also eine Umwandlung in Laubblätter, Kelchblätter, Blumenblätter, Staubgefäße oder Carpelte gemeint ist.

A. Vorschreitende Metamorphose. Man kennt Petalodie des Kelches, Staminodie der Blumenblätter und Pistillodie an allen Theilen der Blüthe, vorzüglich an den Staubgefäßen.

B. Rückschreitende Metamorphose oder Rückbildung. Diese Bildungsabweichungen sind ungleich häufiger als die vorschreitende Metamorphose und in allen Formationen der Hochblattregion und der Blüten zu finden, wie denn auch gerade mit dieser Metamorphose der Natur der Sache nach eine grössere Massenentwicklung der Theile verbunden ist. Wir unterscheiden hier wieder:

1. Verlaubung (Phyllodie) oder die Rückbildung von Hochblättern oder Blütenblättern in grüne, chlorophyllhaltige, den Laubblättern der Species im anatomischen Baue und auch in der Gestalt mehr oder weniger ähnliche Blattorgane. Sie kann vorkommen an den verschiedenen Hochblättern des Blütenstandes, sowie in allen Formationen der Blüthe, hier gewöhnlich mit Unfruchtbarkeit verbunden. Häufig finden wir Phyllodie der Kelchblätter oder der Blumenblätter, seltener eine solche der Staubgefäße. Im Gynäceum erreicht sie oft ihren höchsten Grad, indem die Carpelte in ansehnliche laubförmige Gebilde sich umwandeln. Auch an den Samenknochen kann Verlaubung eintreten, worüber in der Morphologie eingehender gehandelt wird. Wenn sämtliche Blattorgane der Blüthe in laubartige Blätter sich verwandeln, was eine völlige Auflösung der Blüthe zur Folge hat, so bezeichnet man dies als Antholyse, Chloranthie oder Vergrünung.

2. Sepalodie ist ein schwächerer Grad von Verlaubung, wobei Blumenblätter mehr das Aussehen von Kelchblättern annehmen.

3. Petalodie oder Umwandlung in Blumenblätter beziehentlich in petaloide Perigon- oder Kelchblätter als rückschreitende Metamorphose kommt an den Staubgefäßen und an den Carpellen vor und bedingt die Erscheinung der Füllung der Blüten (*Anthoplerosis*); nicht selten findet dabei auch eine Vermehrung der in Blumenblätter sich umwandelnden Organe statt. Vollständig gefüllte Blüten, d. h. solche, in denen Staubgefäße und Carpelte petaloide geworden sind, sind selbstverständlich steril. Bei den Staubgefäßen entsteht der petaloide Theil entweder aus den Antheren oder aus dem Connectiv oder aus beiden zugleich, wobei ein vorhandenes Filament unverändert bleiben kann, oder nur aus dem Filament.

4. Staminodie oder Umwandlung in Staubgefäße als rückschreitende Metamorphose an den Carpellen tritt mitunter bei halbgefüllten Blüten, aber auch ohne gleichzeitige Füllung ein. Man findet entweder das Carpell vollständig durch ein Staubgefäß substituiert oder Mittelbildungen zwischen beiden.

An die Metamorphosen schliessen wir diejenigen Erscheinungen, wo in eingeschlechtigen Blüten die Geschlechtsorgane die Ausbildung des anderen Geschlechtes annehmen. Sie sind weniger genau als vor- und rückschreitende Metamorphose zu charakterisiren und können passender als Heterogamie bezeichnet werden. Dieses Verhältniss tritt zunächst in der Form auf, dass da, wo männliche und weibliche Inflorescenzen von verschiedenem morphologischen Aufbau und verschiedener Stellung vorhanden sind, die eine Inflorescenz zum Theil die Beschaffenheit der anderen annimmt (z. B. bei Mais und Hopfen). Oder die Inflorescenz behält ihren Typus bei, und nur die Geschlechtsorgane einzelner oder aller Blüten verwandeln sich in das andere Geschlecht (z. B. in den Hüllblättern der weiblichen Zapfen von *Carpinus* Staubgefäße statt der weiblichen Blüthe; auch bei *Salix* Staubgefäße statt des Pistills oder umgekehrt). Endlich kann in einer normal eingeschlechtigen Blüthe zu dem bleibenden Sexualorgan das sonst fehlende andere hinzutreten (androgyn Zapfen von Coniferen, androgyn Kätzchen der Salicineen).

IV. Vermehrung der Zahl der Organe.

A. Vervielfältigung der Blattorgane.

Wenn man die Stellung der Blätter des normalen Sprosses und der Theile eines normalen zusammengesetzten Blattes im Auge behält, so lässt sich finden, ob ausser den sämtlich vorhandenen normalen Gliedern noch neue zwischen denselben, an Stellen, wo normal deren keine sich befinden, entstanden sind. Diese Erscheinung bezeichnet man als Chorise. Wenn aber an der Stelle, wo normal ein Blatt oder Blatttheil steht, zwei aufgetreten sind, deren jeder in seiner Form ungefähr dem gewöhnlichen entspricht, so redet die Morphologie von Dedoublement. In diesem Falle muss man sich vorstellen, dass an dem für das Blatt oder Blättchen bestimmten Punkte schon anfänglich statt einer zwei neue gleiche Wachstumsrichtungen aufgetreten sind. Bleiben dieselben während der ganzen Entwicklung von einander gesondert, so stehen zuletzt zwei getrennte gleiche Organe an der Stelle. Es können aber auch die beiden neuen Wachstumsrichtungen, sobald sie sich weiter aus dem Mutterorgan herausarbeiten, beeinflusst durch den Mangel an Raum, mit einander verschmolzen hervortreten.

Dies kann in verschiedenen Stadien der Anlegung des Organes stattfinden. Man kann sich denken, dass die beiden Höcker, welche die ersten Anlagen darstellen, schon ein Stück hervorgetreten waren, als sie da, wo sie sich am Grunde berührten, wirklich vereinigt zum Vorschein kamen. Da nun von den ersten Höckern einer Blattanlage hauptsächlich die oberen Partien des entwickelten Blattes abstammen, so muss hieraus ein Organ resultiren, welches in einem unteren Theile wie ein einfaches, weiter oben aber in zwei Stücke getheilt erscheint, die dem entsprechenden Stücke eines einfachen Blattes, beziehentlich Blättchens, analog gebildet sind. Man könnte diese Erscheinung als unvollständiges Dedoublement bezeichnen. Es lässt sich aber auch denken, dass die beiden neuen Wachstumsrichtungen von Anfang an vereinigt auftreten, als ein einfacher Höcker, der nur breiter als gewöhnlich ist. Dann erscheint natürlich nur ein einfaches Organ, aber im Detail der Ausbildung desselben kann sich die im Ganzen unterbliebene Verdoppelung verrathen. So sind vielleicht am naturgemässesten diejenigen Fälle hierher zu stellen, wo man in Blättern mehr Mittelrippen als normal beobachtet hat. Es leuchtet ein, dass die hier bezeichneten drei Grade von Dedoublement ohne Grenze in einander übergehen. Und selbst zwischen Chorise und Dedoublement wird Derjenige keinen principiellen Unterschied erblicken, für den es kein genetisch begründetes Blattstellungsgesetz giebt, sondern der mit SCHWENDENER annimmt, dass dort, wo der Vegetationspunkt grösseren Raum bietet, zur Ausfüllung desselben auch mehr seitliche Wachstumsrichtungen als gewöhnlich sich in denselben theilen, welche dann, je nachdem es der Raum gestattet, völlig getrennt oder mehr oder weniger genähert oder verschmolzen auftreten. Endlich ist auch noch der Fall denkbar, dass an einem einfach angelegten Blatto rgane während der Ausbildung desselben eine aussergewöhnliche Neubildung eintritt, die zwar unzweifelhaft als ein Theil des Ganzen, aber in der Form des Ganzen erscheint. Dieses kann vorkommen entweder in Form einer Dichotomie an solchen Blättern, welche an der Spitze wachsen, wie die Farnwedel, die dann im unteren Theile einfach, in einer gewissen Entfernung vom Grunde sich gabelig in zwei Wedel theilen, z. B. bei *Scolopendrium vulgare*, oder in Form einer seitlichen (monopodialen) Auszweigung, wohin wahrscheinlich die sogleich zu erwähnenden überzähligen kleinen Blätter in der Nähe des Grundes der Lamina einfacher Blätter gehören.

I. Pleophyllie nennt MASTERS die Vervielfältigung des einzelnen Blattes oder seiner Theile. An der Stelle eines einfachen Blattes tritt bisweilen ein Doppelblatt auf, die Zwillinge bald getrennt, bald mehr oder weniger verwachsen, bald gleich, bald ungleich. Oder am Grunde der Lamina findet sich ein Anhängsel in der Miniaturform des Blattes. Vermehrung der Blättchen zusammengesetzter Blätter findet sich z. B. bei den Kleeblättern mit 4 bis 7 Foliola. Bei gefiederten Blättern kennt man Dedoublement des Endblättchens oder Ersatz eines Foliolum durch eine secundäre Blattspindel mit Fiederblättchen.

II. Vervielfältigung der Glieder der Wirtel und Spiralumläufe oder Polyphyllie. In der Laubblattregion kommen statt gegenständiger Blätter nicht selten dreigliedrige Wirtel vor. Auch in der Hochblattregion findet sich Polyphyllie, am häufigsten aber in den Blütenblattkreisen. Derartige Blüten werden metaschematische genannt, weil bei ihnen der Plan des Blüten-diagramms durch die veränderten Zahlenverhältnisse ein anderer geworden ist. In der Blüthe kann Polyphyllie in allen Regionen eintreten. Im Gynäceum hat sie bei den monomeren Pistillen eine Vermehrung der Zahl derselben, bei

polymeren Pistillen eine Vermehrung der Zahl der Narben oder Griffel oder der Fruchtknotenächer zur Folge. Auch an den Embryonen kennt man eine Polyphyllie, indem bei Dicotyledonen drei Cotyledonen beobachtet worden sind.

III. Vervielfältigung der Wirtel oder Pleotaxie. Diese Missbildung kann in der Hochblattregion eintreten in Form eines doppelten Involucrum oder in überhäufte Bildung von Deckblättern. Sehr häufig ist sie in den Blüten. Wenn sie das Perigon oder die Blumenkrone betrifft, so entstehen gefüllte Blüten. Auch Pleotaxie des Androeceums führt oft zur Füllung der Blüthe, wenn dabei an den Staubgefässen Petalodie eintritt.

B. Vermehrte Knospen- und Sprossbildung.

Weniger eine vermehrte, als nur eine beschleunigte Sprossbildung ist diejenige Erscheinung, wo normal angelegte Knospen vorzeitig (proleptisch) zu Sprossen auswachsen, was bei Holzpflanzen stattfindet an kräftigen Stock- und Wurzelabschlägen, oder nach vorzeitigem Verlust des Laubes durch Insektenfrass, Frost, Sommerdürre u. dgl., wenn darnach die Vegetationsbedingungen andauern. Eine solche Prolepsis ist auch das Durchwachsen der Kartoffeln, wo noch an der Mutterpflanze die Augen der Knolle zu Trieben auswachsen, die entweder dünn und gestreckt sind und Blätter bilden oder unmittelbar wieder zu kleinen Knollen (Kindelbildung) anschwellen. Diese Erscheinung zeigt sich, wenn am Ende der Vegetationsperiode der Kartoffelpflanze durch erhöhte Feuchtigkeit die Lebensthätigkeit wieder neu angeregt wird. KÜHN¹⁾ fand, dass die Knolle durch die Kindelbildung nicht ärmer an Stärkemehl wird, dass also das letztere von den noch vorhandenen Blatto rganen neu gebildet und in der neuen Knolle abgelagert worden ist, dass dagegen, wenn das Kraut schon ganz abgestorben ist, die Kindelbildung auf Kosten des Stärkegehaltes der Mutterknolle geschieht. Letzteres ist auch der Fall, wenn die Kartoffeln in den Kellern austreiben, wobei die aus den Augen sich entwickelnden Triebe oft die Neigung haben, durch reichliche Knospenbildung sich stark zu verzweigen und auch bisweilen zu kleinen Knollen anschwellen, die man mitunter sogar innerhalb der alten Knolle gefunden hat, wenn ein Auge nach einwärts getrieben hatte.

Von den Fällen wirklicher Vermehrung der Knospen oder Sprosse sind hier diejenigen auszuschliessen, welche schon oben als Folgen von Verwundungen erwähnt worden sind, sowie diejenigen, welche durch parasitische Eingriffe verursacht werden. Die Entstehung von Knospen oder Sprossen an solchen Stellen, wo dergleichen im normalen Zustande fehlen, ist morphologisch auf verschiedene Weise möglich, und wir unterscheiden darnach folgende Fälle.

I. Polycladie oder Vermehrung der normalen Seitensprosse. Hier ist die Zahl der Achsensprossen vermehrt, entweder weil die Zahl der am Stengel stehenden Tragblätter vermehrt ist (z. B. wenn dreigliedrige Blattquirle statt opponirter Blätter vorhanden sind), oder weil in der Achsel gewisser Laubblätter, die sonst keine achselständigen Triebe bilden, solche entstehen.

II. Dichotomie oder gabelförmige Theilung normal einfacher Achsen, d. i. die Erscheinung, wo der Stengel an irgend einer Stelle sich in zwei Stengel theilt, welche meist einen sehr spitzen Winkel bilden, einander fast ganz gleich und ebenso gebildet sind, wie es die einfache Achse über der Gabelungsstelle gewesen sein würde. Dies kommt zuweilen an laubblättertragenden Stengeln

¹⁾ Zeitschrift des landw. Centralver. d. Prov. Sachsen. 1868, pag. 322.

vor, häufiger an Inflorescenzachsen (*Plantago major*, *Digitalis*, Köpfchen von *Dipsacus*, *Matricaria*, Coniferenzapfen), selten an Blütenachsen (*Rubus idaeus*, *Myosurus minimus*).

III. Von Sprossung (*Proliferatio*) redet man, wenn eine Achse in abnormer Weise terminale oder seitliche Sprosse hervorbringt. Wir unterscheiden demgemäss: a) Durchwachsung (*Diaphysis*), auch wol End- oder Mittelsprossung genannt, wenn der Vegetationspunkt einer Achse, welcher im normalen Zustande durch die Bildung eines Blütenstandes oder einer Blüte unterdrückt ist, seine Thätigkeit wieder aufnimmt, b) Achselsprossung (*Ecblastesis*), wenn in den Achseln von Blättern des Blütenstandes oder der Blüten eine Sprossbildung stattfindet, welche im normalen Zustande daselbst nicht vorhanden ist.

1. Sprossung des Blütenstandes. Wenn Durchwachsung der Inflorescenz stattfindet, so ist der aus dem Scheitel der Hauptachse hervorgehende neue Spross entweder sogleich wieder ein Blütenstand oder häufiger tritt er als Laubspross auf. Nicht selten hat derselbe die Neigung sich zu bewurzeln oder er ist zu einer Brutzwiebel (Bulbille) ausgebildet, welche sich von selbst ablöst, auf dem Boden Wurzel schlägt und zu einem neuen Individuum sich entwickelt. Diese Erscheinung ist einer der verschiedenartigen Fälle, die man als Lebendiggebären (*Viviparie*) bezeichnet.



Fig. 21.

Lebendig gebärende Aehrchen (A und B) und Durchwachsung des Aehrchens (C) von *Poa bulbosa*. d d Deckspelzen, b₁ erste, b₂ zweite, b₃ dritte Blüthenspelze, denen die zugehörigen oberen Blüthenspelzen fehlen. In A und B bildet die dritte Blüthenspelze b₃ das unterste zwiebelartig verdickte Blatt der Bulbille.

und zeigt dann, wie BUCHENAU bemerkt, gewöhnlich diese Missbildung.

Bei Achselsprossung des Blütenstandes entwickeln sich die aus den Achseln der Involucral- oder der Deckblätter kommenden Sprosse zu einer neuen Inflorescenz. So stehen z. B. in der Aehre von *Lolium* an Stelle von Aehrchen secundäre Aehren, in den Köpfchen von Compositen und Dipsaceen an Stelle der Blüten secundäre Köpfchen, in den Trauben von Scrofularineen secundäre Trauben an Stelle von Blütenstielen, einfache Dolden können zusammengesetzte werden etc. Oder es können auch Laubspresse an die Stelle von Blütenstielen treten.

2. Sprossung der Blüten. Bei Durchwachsung (*Diaphysis*) oder

¹⁾ Abhandl. naturwiss. Ver. Bremen. 1870, pag. 392.

Mittelsprossung wächst die Blütenachse an der Spitze unter neuer Blattbildung weiter. Das Product der Durchwachsung ist bald eine Blüte, bald ein Blütenstand, bald ein Laubspross. An Rosen kommt Durchwachsung in allen diesen drei Formen vor. Die Mittelsprossung kann sich auch wiederholen, so dass z. B. aus der zweiten Blüte eine dritte hervorkommt, etc. Oft findet dabei rückschreitende Metamorphose statt, und selbst vollständige Antholyse kann eintreten. In Blüten mit mehreren einblättrigen Pistillen oder mit einem einzigen solchen kann die Blütenachse ohne Veränderung der zur Seite stehenbleibenden Pistille durchwachsen. Bei Blüten mit einem einzigen mehrblättrigen Pistill stellt sich die Erscheinung je nach der Art der Placenta verschieden dar. Die Primulaceen zeigen die centrale Placenta zum neuen Terminalspross ausgewachsen, wobei die Umwandlung der Samenknochen in Blätter zu bemerken ist. Die Blüten der Compositen, welche bald in Form eines Laubsprosses, bald eines kleinen Capitulum, seltener einer zweiten Blüte durchwachsen, lassen ebenfalls die Blütenachse neben der einzigen Samenknoche fortwachsen, wobei letztere bisweilen zum ersten Blatt des neuen Sprosses sich verwandelt. Bei Blüten mit wandständigen Placenten verlängert sich die Blütenachse ohne Betheiligung derselben. Dasselbe scheint auch immer dort die Regel zu sein, wo der mehrfächerige Fruchtknoten eine axile Placenta hat, welche von den Carpellrändern gebildet ist, wobei sich auch die unterständigen Fruchtknoten in derselben Weise verhalten. — Hierher gehören auch die sprossenden Früchte, welche dadurch zu Stande kommen, dass in diaphytischen Blüten die einzelnen Fruchtknoten sich zu Früchten ausbilden.

Wenn die Blüte ganz durch einen Laubspross ersetzt ist, welcher leicht Wurzel schlägt oder von selbst abfällt und am Boden sich bewurzelt, so liegt abermals ein Fall von Lebendiggebären oder (*Viviparie*¹⁾ vor. Ein solcher Spross, hier Brutknospe oder Bulbille genannt, ist entweder ganz aus zwiebelartig verdickten Niederblättern oder aus Laubblättern mit zwiebelartig fleischigen Scheiden gebildet von denen die entwicklungsfähige Knospe umgeben ist. Pflanzen, deren Blüten in solche Brutknospen verwandelt sind und daher keine Samen bringen, vermehren sich durch jene. Gewisse Pflanzenarten entwickeln bekanntlich regelmässig ausser Blüten solche Brutknospen. Als Abnormität tritt die Erscheinung unter den Gräsern bei den *varietates viviparæ* ein; so bei *Poa alpina*, *laxa* und *minor*, bei *Phleum pratense*.

Auch bei der Achselsprossung der Blüten (*Ecblastesis*), bei welcher die Sprossen aus der Achsel von Blütenblättern entspringen und durch ihre seitliche Stellung von der Mittelsprossung unterschieden sind, und wobei ebenfalls häufig Fehlschlagen gewisser Blüthentheile, rückschreitende Metamorphose oder zugleich Diaphysis stattfindet, ist der Spross bald ein Laubspross, bald ein Blütenstand, bald eine mehr oder minder vollständige Blüte, welche bald auf langem Stiele hervorsteht, bald in der Blüte sitzt, so dass letztere nur aus vermehrten Blättern zu bestehen scheint. Auf diese Weise können ebenfalls gefüllte Blüten entstehen.

An den Samenknochen kommen ebenfalls Sprossungen in Form von Blüten oder Laubspösschen vor. Sie werden in der Morphologie besprochen.

Den Sprossungen anzureihen sind die von LEITGEB²⁾ beobachteten verzweigten

¹⁾ Die sehr verschiedenartigen Verhältnisse, die man überhaupt mit diesem Ausdruck bezeichnet, hat A. BRAUN (Abhandl. Berl. Akad. 1859. pag. 174 ff.) zusammengestellt; wir verstehen hier den Begriff nur im obigen Sinne.

²⁾ Mittheil. der naturwiss. Ver. f. Steiermark. 1876, und Bot. Zeitg. 1875. pag. 747.



(B. 108.)

Fig. 22.

Lebendig gebärende Aehrchen von *Poa alpina*. dd Deckspelzen. b_1 die erste unveränderte Blüthe mit zwei Blüthenspelzen. b_2 die zweite Blüthe in eine Brutknospe umgewandelt. rr Rudiment einer dritten Blüthe. x Würzelchen der Brutknospe.



(B. 109.)

Fig. 23.

Lebendig gebärendes Aehrchen von *Phleum pratense*. dd Deckspelzen. p_1 untere, p_2 obere Blüthenspelze; zwischen beiden die aus der Umwandlung der Blüthe hervorgegangene Brutknospe.

Mooskapseln und sprossenden Hüte von *Marchantia*, wo an Stelle der Archegonien die der Gattung eigenthümlichen Brutknospenbehälter oder kleine mit letzteren versehene Laubsprosse sich bilden.

V. Anomalien der Anordnung der Pflanzentheile.

Bald für sich allein, bald in Begleitung anderer Bildungsabweichungen treten Unregelmässigkeiten in der gegenseitigen Anordnung der Theile ein. Solche ergeben sich 1. wenn seitliche Glieder in regelwidriger Stellung am Mutterorgane angelegt werden (Stellungsänderungen), 2. wenn Pflanzentheile, welche normal getrennt sind, mit einander verwachsen (Verwachsungen), 3. wenn mit einander verwachsene Organe sich trennen (Trennungen).

1. Die abnormen Stellungsveränderungen seitlicher Glieder können erstens Veränderungen ihres horizontalen Abstandes, also ihrer Divergenz sein. Solche sind mit jeder Vermehrung der Gliederzahl eines Wirtels oder Spiralumlaufes verbunden, treten daher in bedeutendstem Grade bei den Verbänderungen (S. 438) der Stengel ein.

Diese Stellungsänderungen sind besonders geeignet, um SCHWENDENER's mechanische Erklärung der Stellung seitlicher Organe zu unterstützen, indem sie sehr deutlich zeigen, wie keine genetisch begründete bestimmte Stellung die Anordnung der seitlichen Organe beherrscht, sondern wie bei der vergrößerten Oberfläche des verbänderten Stengels und der gleichgebliebenen Querschnittsgrösse der seitlichen Organe, nach dem Principe der möglichsten Raumaussnutzung und des unmittelbaren Anschlusses jeder neuen Anlage an die nächst benachbarten nothwendig die Zahl der seitlichen Organe (resp. der Zeilen, die dieselben bilden) zunehmen muss. An fasciirten Wickeln von *Myosotis stricta* finde ich die beiden Reihen alternirender Blüthen an den Rändern des Bandes; aber in dem freien Raume auf der Mitte desselben an der convexen Seite noch eine dritte Reihe von Blüthen, während die andere Seite, welche in der Knospe

engerollt ist und daher für die Anlage seitlicher Glieder keinen Raum bietet, auch hier trotz ihrer Breite ohne Blüthen ist.

Die longitudinalen Verrückungen der Blätter und seitlichen Sprossen an der Mutterachse betreffen theils Quirle, deren Glieder dadurch auseinandergeschoben werden, theils spiralig geordnete Organe, in welchem Falle die Internodien länger oder kürzer als im normalen Zustande erscheinen oder auch so weit verkürzt bleiben, dass die Stellung einem Quirl sich nähert.

2. Bei den teratologischen Verwachsungen dürfte meistens der auch sonst gewöhnliche Fall vorliegen, dass keine wahre Verwachsung isolirt angelegter Theile stattfindet, sondern die Theile schon als ein vereinigt Organ hervortreten oder nur in der ersten Anlage isolirt erscheinen, indem frühzeitig der zwischen ihnen befindliche Raum an dem Hervorwachsen Theil nimmt. Dagegen sind diejenigen Fälle, bei denen Organe im oberen Theile vereinigt, im unteren organisch getrennt (nämlich nicht späterhin zerrissen) sind, aus einer bald nach der Entstehung eingetretenen wirklichen Verwachsung zu erklären. Beides kommt vor und zeigt sich besonders da, wo die Theile sehr nahe bei einander angelegt worden sind und zugleich einem gewissen Drucke in der Knospe ausgesetzt waren. Theile von Laubblättern oder je zwei ganze benachbarte Laubblätter kommen in verschiedener Weise verwachsen vor. In den Blüthen können Blätter eines und desselben Cyclus mit einander verwachsen; dadurch können z. B. eleutheropetale Blüthen gamopetal werden. Auch kommen Verwachsungen zwischen Blättern vor, die an einer Achse über einander stehen, ebenso zwischen Blatt- und Achselspross. Achsen, und zwar Hauptachse mit Seitenachsen oder mehrere Seitenachsen untereinander können verwachsen zu einer bandförmigen Vereinigung. Ferner kommt vor eine Verwachsung von Knospen (Synophthie), wenn diese sehr dicht neben einander angelegt werden, und Verwachsung der Blüthen (Synanthie), welche zwischen zwei oder mehreren stattfindet und entweder nur äusserlich ist, indem die Blüthen nur mit ihren äusseren Hüllen zusammenhängen, oder vollständig ist, wobei die homologen Theile der Blüthen sich aneinander schliessen und das Ganze wie eine Blüthe erscheinen kann. Verwachsung von Früchten (Syncarpie) rührt her entweder von einer Synanthie und tritt dann wieder in den verschiedensten Graden auf, oder von einer späteren Vereinigung der Fruchtknoten nicht synanthischer Blüthen, wenn die reifenden Früchte nahe bei einander stehen und bei der Zunahme ihres Umfanges sich drücken.

Die Hüte von Hymenomyceten kommen bisweilen, besonders wenn sie in grosser Anzahl und dicht beisammen angelegt sind, verwachsen vor; je zwei können entweder mit ihrem Strunk oder mit den Oberseiten der Hüte an einander gewachsen sein.

3. Trennungen von Organen, welche im normalen Zustande verwachsen sind, kommen häufig bei Füllungen oder bei Chloranthien oder auch für sich allein in den Blüthen vor. Sie finden sowol zwischen den verwachsenen Blättern eines und desselben Wirtels statt, indem z. B. gamopetale Corollen aufgeschlitzt oder eleutheropetal erscheinen, als auch zwischen zwei aufeinanderfolgenden normal verwachsenen Wirteln, indem z. B. die Staubgefässe von der Corolle sich lösen.

VI. Verminderung der Zahl und Grösse der Organe oder Bildungshemmungen.

Es kommt oft vor, dass wenn gewisse Theile abnorm vergrössert oder vermehrt sind, dafür andere ihnen benachbarte Organe verkümmern. Man muss zweierlei Bildungshemmungen unterscheiden: 1. das Fehlschlagen (*abortus*) welches vollständiges Fehlen des ganzen Organes zur Folge hat, also in einem Unterbleiben sogar der ersten Anlage desselben besteht. 2. Atrophie, Verkümmern oder rudimentäre Bildung, wobei das Organ zwar angelegt aber in einem mehr oder minder frühen Zustande nicht weiter ernährt und ausgebildet worden und daher in Form eines Rudimentes verblieben ist. Selbstverständlich sind beide Erscheinungen durch eine scharfe Grenze nicht zu scheiden. Sie kommen so gut wie ausschliesslich in den Blüthen, in Begleitung verschiedener anderweiter Bildungsabweichungen vor.

D. Folgen der Trockenheit des Bodens.

Wasser ist für das Pflanzenleben unentbehrlich. Wenn der Gehalt des Bodens an Wasser unter einen gewissen Grad sinkt, so ergeben sich Störungen des Lebensprozesses oder krankhafte Erscheinungen. Und zwar sind die Folgen verschieden, je nachdem die Entwicklung der Pflanze unter günstigen Feuchtigkeitsverhältnissen begonnen hat und darnach von einer Periode grossen Wassermangels unterbrochen wird, oder schon von der Keimung an während ihrer ganzen Dauer bei starker, wenn auch nicht tödtlicher Trockenheit verläuft. Der erste Fall hat ein Absterben gewisser Theile der bis dahin normal gebildeten Pflanze zur unmittelbaren Folge, im letzteren Falle dagegen setzen die Pflanzen zwar ihre Entwicklung fort, aber in Zwergformen.

A. Tödtung durch Dürre.

1. Störung der Keimung. Ohne Anwesenheit tropfbarflüssigen Wassers keimen Samen nicht. Hat die Keimung einmal begonnen und ist bis zum Hervortreten der ersten Keimtheile fortgeschritten, so ist eine Austrocknung der Keimpflänzchen von schädlichem Einflusse. Die hervorgetretenen Wurzeln sterben dann ab, und wenn bereits die Plumula sich zu entwickeln begonnen hat, so vertrocknen auch die äusseren Blätter derselben. Ueberschreitet die Dürre eine gewisse Grenze und Dauer nicht, so findet bei erneuerter Wasserzufuhr eine Wiedererweckung der Keimkraft statt.

Bei Monokotylen bilden sich in diesem Falle aus dem ersten Knoten, bei Dicotylen, welche durch das Austrocknen die Pfahlwurzel verlieren, aus dem hypocotylen Gliede rasch neue Adventivwurzeln, und die jüngern Blätter der Plumula entwickeln sich. NOWACZEK¹⁾ hat keimende Samen wiederholt bei 15 bis 20° C. ausgetrocknet, nachdem jedesmal durch Wasserzufuhr der Keimungsprozess wieder begonnen hatte und neue Wurzeln gebildet waren, und hat dies mehrere Male wiederholen müssen, ehe an allen Versuchspflanzen die Entwicklungsfähigkeit aufhörte. Am widerstandsfähigsten gegen die Dürre zeigte sich die Keimung des Hafers, nächst dem Gerste, Weizen und Mais; eher starben Raps, Lein, Klee, Erbsen. Wenn Samen oberflächlich liegen und zur Zeit der Keimung trockenes Wetter herrscht, so treten diese Erscheinungen häufig ein.

2. Welken. Wenn eine im Boden eingewurzelte Pflanze in einer gegebenen Zeit nicht so viel Wasser aus dem Boden aufzunehmen vermag, als sie in der-

¹⁾ Cit. in BIEDERMANN's Centralbl. f. Agriculturchemie. 1876. I. pag. 344.

selben Zeit durch Transpiration an den ausserhalb des Bodens befindlichen Theilen Wasser in Dampfform verliert, so vermindert sich der Gehalt ihres Körpers an Wasser. Die Folge ist, dass die Zellen der saftreicheren Gewebe ihren Turgor verlieren und somit eine Erschlaffung des ganzen Pflanzentheils eintritt, welche als welker Zustand allgemein bekannt ist. Am auffallendsten wird diese Erschlaffung an solchen Pflanzentheilen, deren meiste Zellen saftreichen Inhalt, dünne, zarte Membranen haben und zugleich stark transpiriren, weil hier der Turgor der Zellen allein die Ursache der Straffheit der Blätter, Internodien, etc. ist. Pflanzentheile dagegen, welche aus überwiegend festeren und härteren Geweben (stark entwickelter Cuticula, kräftigem Hypoderma, vielen oder starken Fibrovasalsträngen) bestehen, zeigen auch bei grossem Wasserverlust doch keine eigentliche Erschlaffung, weil die Beschaffenheit der genannten Gewebe den Theilen ihre Steifheit bewahrt. Solche Pflanzen vertrocknen endlich, ohne vorher zu welken.

Welke Pflanzentheile können wieder turgescent werden, wenn das richtige Verhältniss zwischen Wasseraufsaugung und Transpiration wiederhergestellt wird. Dieser Erfolg ist jedoch nur möglich, wenn der Wasserverlust des Pflanzentheiles einen gewissen Grad nicht überschritten hat. War die Welkheit stärker, so wird der Theil nicht wieder frisch, auch wenn für reichliche Wasserzufuhr und für Verminderung der Verdunstung gesorgt ist. Solche Theile erschlaffen vielmehr unaufhaltsam weiter, sterben und trocknen allmählich ab. Je nach Umständen kann auf diese Weise entweder die ganze Pflanze zu Grunde gehen, oder sie verliert nur die stärkst gewelkten Theile, also die Mehrzahl der ausgebildeten Blätter, während die jüngeren, noch nicht völlig erwachsenen und entfalteten Blätter sich erholen. Diese Erscheinung kann zweierlei Gründe haben. Erstens lehrt die Physiologie, dass die Leitungsfähigkeit des Holzes für Wasser in der lebendigen Pflanze dadurch verloren geht, dass das Holz übermässig austrocknet und die Leitung eine Zeit lang wirklich unterbrochen wird. Zweitens ist für lebendige Zellen ein Verlust ihres Wassers, der eine gewisse Grenze überschreitet, an sich tödtlich. Nur die Flechten und die meisten Moose können ohne zu sterben den grössten Theil ihres Vegetationswassers eine Zeit lang verlieren. Wenn die Oberfläche des Gesteins, der Baumrinde und des Bodens, den diese Pflanzen bewohnen, austrocknet, so schrumpfen dieselben zusammen, werden dürr und spröde, aber leben dennoch wieder auf, sobald Feuchtigkeit eintritt.

Da die Verarmung des Pflanzenkörpers an Wasser bedingt ist durch das relative Verhältniss der Transpiration und der Wasseraufnahme, so wirken alle äusseren Einflüsse, welche die Transpiration vermindern, dem Welken entgegen. So tritt in einer mit Wasserdampf gesättigten Luft kein Welken ein. Erschlaffte Pflanzen werden wieder frisch, ohne dass dem Boden Wasser zugeführt wird, wenn der Gehalt der Luft an Wasserdampf zunimmt, also z. B. wenn man sie mit einer Glasglocke bedeckt oder in die feuchte Luft eines Gewächshauses stellt, zum Theil auch schon, wenn man sie mit Wasser bespritzt. Darum werden auch Freilandpflanzen, die am Tage wegen Bodentrockenheit welk geworden sind, während der Nacht wieder frisch. Dies ist einestheils die Folge des grösseren Feuchtigkeitsgrades der Luft zur Nachtzeit, anderentheils des Umstandes, dass Einwirkung des Lichtes die Transpiration beschleunigt, Dunkelheit sie verlangsamt.

Dass und warum die verschiedenen Pflanzenarten einem und demselben Feuchtigkeitsgrade des Bodens und der Luft gegenüber sehr ungleich sich verhalten, nämlich dass Pflanzen mit stark entwickeltem oder tief in den Boden eindringendem Wurzelsystem, ferner Holzpflanzen, und ganz besonders Succulenten der Trockenheit länger widerstehen, sowie dass bei mechanisch beschädigten oder an einer Krankheit leidenden oder wegen Kälte des Bodens ungenügend

functionirenden Wurzeln leichter Welken eintritt, sind Thatsachen, die theils selbstverständlich sind, theils in der Physiologie ihre Erörterung finden.

3. Sommerdürre. Verschleichen des Getreides. Wenn eine vollbe-laubte Pflanze während der Sommerperiode von einer Trockenheit betroffen wird, die keinen unmittelbar verderblichen hohen Grad hat, jedoch lange anhält, so ist die Folge auch nicht die acute Form, bei welcher der Tod durch ein rapides Abwelken herbeigeführt wird, sondern es tritt eine chronische Krankheitsform ein, welche durch eigenthümliche Symptome charakterisirt ist. Man kann diese Krankheit passend als Sommerdürre, oder indem man sich des Ausdruckes bedient, unter welchem dieselbe dem Landwirth am Getreide bekannt ist, als Verschleichen der Pflanzen bezeichnen. Die Blätter werden vom untersten des Stengels beginnend, der Altersfolge nach eines nach dem andern total gelb, wobei bis- weilen zugleich stellenweis braune Flecken sich bilden; zuletzt werden sie all- mählich trockener und sind endlich vollständig dürr und todt. Am einzelnen Blatte, besonders deutlich bei den Gräsern, beginnt die Verfärbung an der Spitze und schreitet allmählich bis zur Basis fort, so zwar, dass die Krankheit an der Spitze des nächsten Blattes schon beginnt, wenn sie an den vorangehenden noch nicht bis zur Basis gelangt ist.

Einjährige Pflanzen, wie z. B. Getreide, können schon in einer frühen Periode, ungefähr zur Blüthezeit, von der Krankheit betroffen werden; die Pflanze wird dann gelb wie zur Zeit der Reife, der Halm stirbt ab; es wächst dann manchmal noch ein seitlicher Bestockungstrieb aus, der aber auch bald von demselben Schicksal ereilt wird, wenn die trockene Witterung anhält. Perennirende Gräser verlieren, wiewol erst bei stärkerer Dürre, unter den gleichen Erscheinungen ihre oberirdischen Sprosse; Grasplätze sehen dann verdorrt aus. Aber hier halten die perennirenden Theile lange lebensfähig aus; bei Eintritt von Feuchtigkeit bringen sie wieder grüne Triebe hervor. Für Holzgewächse ist der Verlust des Laubes durch Sommerdürre eben- falls nicht tödtlich; Zweige und Knospen bleiben unbeschädigt, und bisweilen belauben sie sich und blühen theilweis schon im Herbst wieder, wenn die Witterung feuchter wird. Nur eine ungewöhnlich lange Dürre zieht auch für solche Pflanzen den Tod nach sich. Aber das vor- zeitige Absterben des assimilirenden Laubkörpers hat jedenfalls eine mangelhaftere Holzbildung, nämlich einen vorzeitigen Abschluss des neuen Holzringes und ausserdem wol auch unvoll- ständige Bildung von Reservestoffen in Stamm und Zweigen zur Folge, abgesehen von dem Substanzverluste, der durch die in voller Vegetationsthätigkeit verloren gehenden Blätter bewirkt wird.

Ueber die Natur des Verschleichen und seinen Zusammenhang mit der Trockenheit des Bodens sind wir noch sehr ungenügend unterrichtet. Dass man die Krankheit mit der herbst- lichen Entfärbung und Entleerung der Blätter verglich, hat KRAUS¹⁾ bezüglich der Holzgewächse als einen Irrthum bezeichnet, indem er zeigte, dass die am Blattgrunde im Herbst sich bildende Trennungsschicht, welche den Blattfall vorbereitet, hier nicht gebildet wird, weshalb die durch Sommerdürre getödteten Baumblätter den ganzen Winter am Zweige hängen bleiben, ferner dass das Mesophyll zwar ebenso wie in den herbstlichen Blättern keine Spur von Stärkemehl, aber noch das anscheinend unverminderte, aber desorganisirte Protoplasma in den Zellen enthält. In sommerdürren Blättern von Gerste und Hafer finde ich einen ähnlichen Sachverhalt.

Die oben erwähnten braunen Blattflecken beruhen auf einer Braunfärbung der Zell- membran, namentlich der Aussenwand der Epidermiszellen, welche auf einem gewissen Areal diese Farbe annimmt, besonders intensiv erscheinen dann gewöhnlich die Spaltöffnungs- zellen gebräunt. Von der Epidermis aus kann die Färbung auch mehr oder weniger tief ins innere Gewebe sich erstrecken, sowol auf die angrenzenden Zellen eines Fibrovasal- stranges, als auch des Mesophylls. Pilze sind, wenigstens im Anfange der Verfärbung, nicht vorhanden; jedoch erscheinen sehr bald, wie auf allen abgestorbenen an der Luft befindlichen

¹⁾ Bot. Zeitg. 1873, No. 26 u. 27.

vegetabilischen Theilen, besonders Grasresten, einzelne aufgeflogene und in Keimung begriffene Sporen von *Cladosporium* und *Sporidesmium*, aus denen sich manchmal späterhin, wenn der Tod des Blattes eingetreten ist, die bekannten schwarzbraunen fructificirenden Räschen dieser Pilze entwickeln, welche hiernach in keiner Beziehung zur Krankheit stehen. Ueber die stofflichen Verhältnisse des sommerdürren Blattes liegt ausser dem angegebenen mikroskopischen Befunde nur folgende Analyse MÄRKER'S vor, welche von KRAUS (l. c.) mitgetheilt wird, und die Pro- cente, auf Trockensubstanz bezogen, von sommerdürren und herbstlichen Blättern eines und desselben Strauches von *Syringa* gegenüberstellt.

	Sommerdürre.	Herbstliche Blätter.
Stickstoff	1,947	1,370
Phosphorsäure	0,522	0,373
Kali	2,998	3,831
Kalk	1,878	2,416
Mineralstoffe	8,028	9,636

Diese Zahlen zeigen, dass dem Baume durch diese Krankheit fast doppelt soviel Stickstoff und Phosphorsäure als durch die herbstliche Entlaubung verloren geht. Dies wird dadurch erklärlich, dass beim Eintritt der Sommerdürre die Zellen des Mesophylls im Vollbesitze ihres Protoplasma vom Tode ereilt werden, während bekanntlich vor dem Laubfall im Herbst die Baustoffe des Protoplasma zum grossen Theil wieder aus dem Blatte in die Zweige zurück- wandern. Aber nicht berechtigt ist der Schluss, den KRAUS weiter aus jenen Zahlen zieht, näm- lich, »dass in den sommerdürren Blättern sowol das Kali als das Stärkemehl auswandern, ganz so, wie vor dem herbstlichen Blattfall.« Das Fehlen des Stärkemehls im sommerdürren Blatte kann, aber muss nicht so erklärt werden, denn in einem kranken Blatte könnte die Stärke auch auf andere Weise, z. B. durch Desorganisation unter Mitwirkung der Athmung zerstört werden; übrigens findet überhaupt keine oder nur eine beschränkte Bildung von Stärkemehl durch Assimilation in solchen Blättern statt, die schon seit langer Zeit sich zu verfärben, also ihr Chlorophyll zu verlieren begonnen haben. Bezüglich des Kalis aber wäre jene Behauptung doch offenbar nur dann erwiesen, wenn man wüsste, dass in dem sommerdürren Blatte über- haupt jemals mehr Kali gewesen ist. Dafür fehlt jeder Beweis. Ich fasse vielmehr das Ver- scheinen auf als Symptom einer ungenügenden Ernährung, als Folgen der mit der mangelhaften Feuchtigkeit des Bodens zusammenhängenden ungenügenden Zufuhr mineralischer Nährstoffe, was freilich erst durch vergleichende Aschenanalysen normaler Blätter derselben Pflanze vom gleichen Standort und von gleicher Entwicklungsperiode bewiesen werden müsste. Die obigen Zahlen sind, soweit sie sich überhaupt vergleichen lassen, mit dieser Auffassung im Einklang: die sommerdürren Blätter sind ärmer an Kali, Kalk und anderen mineralischen Nährstoffen als die gesunden. Dass Phosphorsäure und Stickstoff in den sommerdürren Blättern in grösserer Menge enthalten sind als in den Herbstblättern, kommt daher, dass diese Stoffe vor dem herbst- lichen Laubfall aus den Blättern zurückwandern. Das beweist aber nicht, dass nicht auch von diesen Stoffen in den kranken Blättern weniger vorhanden ist, als in den gesunden aus derselben Entwicklungsperiode. Man würde mit dieser Annahme die Veränderungen begreifen können, die sich als Symptome beim Verschleichen einstellen: nicht bloss die Desorganisation gewisser organisirter Gebilde in den Zellen, sondern auch die geschilderte Succession, in welcher dieselbe an den Organen stattfindet.

B. Zwergwuchs oder Verzweigung (Nanismus).

Wenn der Boden denjenigen Grad dauernder Trockenheit, welcher an einer normal erwachsenen Pflanze Verschleichen zur Folge haben würde, schon von der Zeit der Keimung an hat, so findet eine Entwicklung bis zur Samenreife und ohne die krankhaften Symptome des Verschleichen statt, aber in einer auffallend veränderten Form, nämlich unter bedeutender Reduction der Zahl und der Grösse der einzelnen Organe: die Pflanzen erscheinen als Zwerge. Das durch die spärliche Feuchtigkeit in die Pflanze beförderte geringe Quantum von Boden-

nährstoffen, welches die in normalen Grössen entwickelten Organe nicht zu ernähren und zu erhalten vermag, reicht doch hin zur Production einer sehr geringen Menge pflanzlicher Substanz, also auch zur vollständigen Entwicklung einer Pflanze, welche von vornherein in äusserst reducirten Grössenverhältnissen sämtlicher Theile angelegt ist und somit nur zu einer äusserst geringen Massentwicklung gelangt. Die Zwerge erscheinen daher, abgesehen von ihren Dimensionen, gesund und zu allen Lebensfunctionen fähig, sie durchlaufen alle Stadien der normalen Entwicklung, indem sie bis zur Bildung keimfähiger Samen gelangen. Im Allgemeinen ist an einer und derselben Species unter sonst gleichen Verhältnissen die Reduction um so beträchtlicher, je geringer die Wasserzufuhr, je dürrer die Bodenstelle ist. Thatsächlich finden sich denn auch alle Grössenstufen von der normalen Statur einer Pflanze bis zu den winzigsten Individuen.

Die Formbildung der auf dürrer Boden gekeimten Pflanzen geschieht im Allgemeinen in proportionalen Verkleinerungen der einzelnen Organe, so dass die Zwerge Miniaturformen der Species darstellen. Jedoch gilt dies Gesetz streng genommen nur für die oberirdischen vegetativen Organe; das Wurzelsystem einer Zwergpflanze ist zwar absolut kleiner, aber relativ weit grösser als im normalen Zustande; wären die Wurzeln von proportionaler Grösse mit den oberirdischen Organen, so würde kaum eine genügende Befestigung im Boden möglich sein; vielmehr macht es den Eindruck, als suchte die Zwergpflanze mit den Wurzeln annähernd tief in den Boden einzudringen, wie die normale Pflanze und durch die relativ grössere Wurzelentwicklung die geringe Wasserzufuhr, die der dürre Boden den einzelnen Wurzelorganen spendet, einigermaassen auszugleichen. Ferner verkleinern sich die Blüten meist nicht in demselben Verhältniss; eher vermindert sich die Zahl derselben, und es kommt dabei oft zur Reduction in der Zahl der Elemente einer Inflorescenz, durch welche der Gattungstypus ganz verwischt werden kann. Noch weniger proportional folgt der Samen in der Verkleinerung den übrigen Theilen nach, was bei den kleinsten Zwergen am meisten hervortritt; er verliert zwar auch merklich, aber mässig an absoluter Grösse. Ist die Frucht einsamig, wie die Körner der Gramineen, so gilt das eben Gesagte auch von ihr; ist sie typisch vielsamig, wie z. B. die Schötchen von Cruciferen, so verkleinert sie sich beträchtlicher und bildet weniger Samen. Jedoch habe ich nie finden können, dass ein Zwerg nur einen einzigen Samen angelegt hätte; bei den kleinsten Formen, die ich antraf, waren wenigstens zwei Samen vorhanden, so dass es scheint, als sei das Gesetz der Multiplication der Keime durch nichts zu erschüttern.

Messungen zum Belege für das eben ausgesprochene morphologische Gesetz der Verkleinerung beim Zwergwuchs finden sich in meinen »Krankheiten der Pflanzen«. Hier sei davon nur erwähnt, dass z. B. bei *Panicum sanguineum* die enorme Verkleinerung der oberirdischen vegetativen Organe (bei gleichbleibender Grösse der Aehrchen) gegenüber den unterirdischen besonders in die Augen springt, wenn man den Quotient der Gesamtwurzellänge (bei Zwergen 46,5 Millim., bei normalen Pflanzen 2550 Millim.) durch die Gesamtstengellänge (bei Zwergen 11 Millim., bei normalen Pflanzen 3600 Millim.) nimmt, welcher bei den Zwergen 5, bei der normalen Pflanze 0,7 beträgt, oder den Quotient aus der Wurzellänge durch den ungefähren Gesamtflächenraum aller Blätter (in Quadratmillimetern 42 bei den Zwergen, 1500 bei den normalen Pflanzen), welcher bei den Zwergen zu 1,1, bei der normalen Pflanze zu 0,17 sich berechnet, wonach also die Wurzellänge im Verhältniss zu den Wurzeln und Blättern bei den Zwergen ungefähr 7 Mal grösser ist. In gleicher Weise berechnet sich bei *Draba verna* ein relativ 10 Mal grösseres Wurzelsystem bei den Zwergen als bei der normalen Pflanze. Für weitere morphologische Eigenthümlichkeiten, die an Zwergen zu beobachten sind, besonders hinsichtlich der Blüten und Inflorescenzen, sei auf mein ausführlicheres Werk verwiesen.

Hinsichtlich der Elementarorgane der Zwerge ist der wichtigste Satz, dass die Verkleinerung derselben nicht entfernt in demjenigen Verhältniss geschieht, welches der Reduction der ganzen Organe entsprechen würde; sie erscheinen wenn nicht ganz in der normalen Grösse, so doch nur unbedeutend kleiner; mit anderen Worten: die Kleinheit der Organe kommt vorwiegend auf Rechnung der geringen Anzahl der Zellen. SORAUER¹⁾ hat es schon ausgesprochen, dass die

¹⁾ Bot. Zeitg. 1873, pag. 153.

grösseren Dimensionen der Blätter der Gerste bei stärkerer Wasserzufuhr theilweis durch Vermehrung der Zellen, theilweis durch grössere Ausdehnung derselben bedingt werden, dass mit der Breite des Blattes die Zahl der Fibrovasalbündel desselben wächst (vergl. Fig. 22 C und D); ferner fand er die Epidermiszellen bei 10% Wasser am kürzesten, bei 60% am längsten, das Gleiche hinsichtlich der Spaltöffnungen, welche in $\frac{1}{400}$ Millim. ausgedrückt bei 10% Wasser 16,2, bei 20% 16,9, bei 40% 18 und bei 60% 19,3 lang waren; dagegen die Zahl der Spaltöffnungen auf einer bestimmten Fläche um so geringer, je mehr Wasser die Pflanze erhielt (weil durch die grösseren Epidermiszellen die Spaltöffnungen weiter von einander getückt werden). Hierher gehört auch die relativ bedeutende Grösse der Trichome bei den Zwergen, z. B. bei *Draba*, wo nur deren wenige an der Spitze des Blattes stehen (Fig. 22 C). Auch für diese anatomischen Verhältnisse sind Zahlenangaben in meinem Buche: »Krankheiten der Pflanzen« zu finden.

Dass Zwergwuchs durch constante Trockenheit des Bodens verursacht werden kann, wird schon durch das spontane Vorkommen von Zwergen angezeigt. »Plantae omnes in terra sterili, exsueca, arida minores« lehrte bereits LINNÉ. Man findet Zwerge besonders auf kahlen und exponirten, also der Austrocknung am stärksten ausgesetzten Stellen, und unter allen Bodenarten am häufigsten auf Sandboden. SORAUER (l. c.) hat diesen Satz bewiesen durch vergleichende Gerstenculturen, welche in gleichem Boden und unter übrigens gleichen Verhältnissen stattfanden und sich nur durch das dem Boden zugeführte Quantum destillirten Wassers unterschieden. Die mit der Verminderung der Wasserzufuhr abnehmende Grösse der Pflanzen zeigt sich besonders in den Dimensionen der Blattfläche. Wo der Boden 60% seiner wasserhaltenden Kraft an Bodenfeuchtigkeit erhielt, wurde dieselbe im Mittel 182,2 Millim. lang und 9,4 Millim. breit, bei 40% Wasser im Mittel 166,27 lang und 9,1 breit, bei 20% Wasser 138,7 lang und 6,87 breit, endlich bei nur 10% Feuchtigkeit 93,7 lang und 5,6 breit.

E. Krankheiten in Folge ungeeigneter Mengenverhältnisse der Pflanzennährstoffe des Bodens.

Von den chemischen Bestandtheilen, aus welchen der Vegetationsboden zusammengesetzt ist, oder welche in den tellurischen Gewässern aufgelöst sind, ist, wenn die nur ausnahmsweise vorhandenen Gifte zunächst unberücksichtigt bleiben, die Gesundheit der Pflanze insofern abhängig, als es sich hier um eine Reihe wichtiger Pflanzennährstoffe handelt. Bei diesen ist es vor allem die Unentbehrlichkeit für die Ernährung, welche einen Mangel an denselben als schädlich für die Pflanze erscheinen lässt. Aber auch ein zu hoher Concentrationsgrad der der Pflanze dargebotenen Auflösung von Nährstoffen kann nachtheilige Folgen haben.

I. Krankheiten in Folge des Mangels der Nährstoffe.

Für jeden der im Boden und in den Bodengewässern vorhandenen Nährstoffe können wir die Krankheit oder die Störung in der Entwicklung der Pflanze

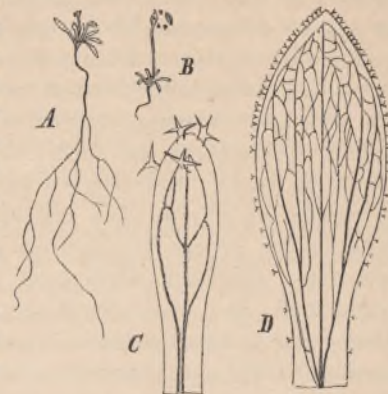


Fig. 22. (B. 110.)

Zwerge von *Draba verna*. A blühende Pflanze mit dem vollständigen Wurzelsystem, einem einblüthigen Stengel und einigen Wurzelblättern. Wenig vergrössert. B fruchttragende Pflanze, mit einem aufgesprungenen mehrsamigen Schötchen. Wenig vergrössert. C Blatt eines Zwerges mit wenigen Haaren an der Spitze und den vollständigen Fibrovasalsträngen. Vergr. D Blatt einer normalen Pflanze, mit zahlreichen Haaren und mit dem vollständig gezeichneten System der Nerven. Schwach vergrössert.

angeben, welche durch das Fehlen desselben hervorgerufen wird. Es braucht hier nur an die in der Pflanzenphysiologie näher zu besprechenden echten oder unentbehrlichen Nährstoffe, als welche wir überhaupt die Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel, Phosphor, Kalium, Calcium, Magnesium und Eisen kennen, erinnert sowie auf die ebenfalls auf jenem Gebiete zu führende Controverse, ob auch Chlor und Natrium für gewisse Pflanzen diese Bedeutung haben, verwiesen zu werden. Ebenso ist es Sache der Ernährungsphysiologie zu lehren, dass die chemischen Verbindungen, in welchen diese Elemente der Pflanze als Nahrung geboten werden müssen, bestimmte sind, so namentlich, dass der Kohlenstoff den chlorophyllführenden Pflanzen nur als Kohlensäure, den chlorophylllosen, als Saprophyten oder Parasiten lebenden Pflanzen nur in Form gewisser organischer Verbindungen, wie solche sich in den von diesen Pflanzen bewohnten Substraten finden, geliefert werden kann, und dass die chlorophyllführenden Pflanzen die übrigen genannten mineralischen Elemente in Form eines salpetersauren oder Ammoniaksalzes und als schwefel- und phosphorsaure Kali-, Kalk-, Magnesia- und Eisensalze beanspruchen. Wir müssen uns hier auf folgende Sätze beschränken. Wenn die eben genannten Nährsalze dem Boden oder dem Wasser, worin die Pflanze wurzelt, sämmtlich fehlen (wenn die Pflanzen in reinem Sand oder in destillirtem Wasser wachsen), so stockt nach Vollendung der Keimung die Entwicklung bald oder setzt sich in auffallend kümmerlicher Weise fort und endet jedenfalls vor ihrem normalen Abschluss mit dem Tode. Je vollständiger es dabei gelingt, der Pflanze jede Zufuhr von Aschenbestandtheilen abzuschneiden, desto genauer überzeugt man sich, dass unter solchen Umständen in den entwickelten Pflänzchen nicht mehr Asche, als der Samen enthielt, vorhanden ist. Wenn in der Nahrung der Pflanzen nur einer der genannten Stoffe fehlt, so ist ebenfalls keine normale Entwicklung möglich, wie dies schon aus dem Begriffe des nothwendigen Nährstoffes folgt. Handelt es sich dabei um ein Element, welches nothwendig zur Bildung einer jeden Zelle gebraucht wird, so muss eine eben solche Stockung oder Kümmermiss der Gesamtentwicklung eintreten, wie beim Fehlen sämmtlicher Nährstoffe; und es zeigt sich auch hier wieder, dass die Pflanze nur soweit in ihrer Entwicklung und Massenproduction fortschreitet als das schon im Samen vorhandene Quantum des betreffenden Nährstoffes solches gestattet. Es gilt dies vom Stickstoff, Schwefel, Phosphor, Calcium und Magnesium. Wieder andere Elemente, die nur zu besonderen Lebensfunctionen nöthig sind, bedingen durch ihr Fehlen eine entsprechende Krankheitserscheinung. Von diesen sei des Kaliums und des Eisens kurz gedacht.

Die Bedeutung des Kaliums für die Pflanze liegt in der nothwendigen Beziehung desselben zu den Kohlenhydraten, in deren Begleitung es in der Pflanze stets auftritt und zu deren Bildung, Wanderung und Niederlegung daselbst es nothwendig ist, so dass auch ohne Kalium keine Assimilation (Bildung von Stärkemehl in den Chlorophyllkörnern) möglich zu sein scheint. Die Versuche von NOBBE¹⁾ haben die soeben bezeichnete Rolle des Kaliums bestätigt. Buchweizenpflanzen in einer mit Kalisalz versetzten Nährstofflösung entwickelten sich völlig normal und kräftig; dagegen kamen die in einer eben solchen, aber kalifreien Lösung stehenden nur wenig über den Keimpflanzenzustand, und es zeigte sich, dass diese Pflanzen, obgleich sie sich im Lichte befanden, doch kein Stärkemehl in den Chlorophyllkörnern ihrer Blätter erzeugten, mit anderen Worten, dass sie nicht assimilirten, woraus denn ohne Weiteres die Stockung der ganzen Entwicklung erklärlich wird. — Von den Kaliumverbindungen, welche zur Ernährung

¹⁾ Landwirthsch. Versuchsst. XIII.

der Pflanzen in Betracht kommen, Chlorkalium, salpetersaures, phosphorsaures und schwefelsaures Kali ist die auffallend ungünstigere Wirkung der drei letztgenannten Salze gegenüber dem Chlorkalium eine unleugbare Thatsache. NOBBE drückte dieses Verhältniss dahin aus, dass das Chlor (Chlorkalium) zur Ueberführung des Stärkemehls aus den Blättern nach den Verbrauchsorten nöthig sei, indem bei Verabreichung schwefel- oder phosphorsauren Kalis diese Translocation nicht stattfinde. Wenngleich nun diese Krankheitserscheinungen in der Folge von BRASCH und RABE¹⁾ bei Wasserculturversuchen unter solchen Umständen nicht bemerkt worden sind, so haben diese Versuche doch die auffallend günstige Wirkung des Chlorkaliums gegenüber den anderen Kalisalzen auf die gesammte Production der Buchweizenpflanze in helles Licht gestellt.

Das Fehlen des Eisens hat, soweit bekannt, an den chlorophyllgrünen Pflanzen eine wolcharakterisirte Krankheit, die Gelbsucht (*icterus*) und die Bleichsucht (*chlorosis*) zur Folge. Es ist nöthig, an der Unterscheidung dieser beiden Krankheitsformen festzuhalten, welche zuerst MEYEN²⁾ nach ihren Symptomen richtig charakterisirte. Wir reden danach von Gelbsucht, wenn an einer im normalen Zustande grünen Pflanze bei Entwicklung am Lichte die jungen Blätter in gelber Farbe zum Vorschein kommen und dauernd gelb oder gelbgrün bleiben, wobei sie jedoch im Uebrigen ihre normale Beschaffenheit und Gestalt annehmen. Die Zellen des Mesophylls enthalten zwar in ihrem Protoplasma Chlorophyllkörner, aber an diesen ist der grüne Farbstoff nicht ausgebildet, sie haben einen gelben Farbenton und auch ihre Zahl ist geringer als in den Zellen gesunder grüner Blätter; in manchen Zellen finden sich wol auch keine Körner, und das Protoplasma zeigt die gelbliche Färbung, entsprechend dem ungeformten Chlorophyll. Als Bleichsucht dagegen bezeichnen wir den Krankheitszustand, wobei die Blätter einer im Lichte wachsenden Pflanze in weisser Farbe, übrigens in normaler Beschaffenheit und Gestalt sich entwickeln; die Zellen, welche im gesunden Zustande mit Chlorophyllkörnern versehen sind, zeigen hier nichts von solchen, sie enthalten einen farblosen, wässerigen, protoplasmaarmen, zum Theil wol auch luftführenden Inhalt. Hiernach sind diese Krankheiten von dem durch Lichtmangel verursachten Etiolement (pag. 408) hinlänglich unterschieden, indem bei diesem, ausser dem Unterbleiben der Chlorophyllbildung auch bedeutende Veränderungen in der Gestalt und Ausbildung der Theile eintreten. Die hier bezeichneten Krankheiten können durch Eisenmangel in der Nahrung verursacht werden. Es sind aber auch noch andere Einflüsse bekannt, welche die nämlichen Krankheitserscheinungen hervorrufen; von diesen (vergl. die durch die Temperatur und die durch unbekannte Bodeneinflüsse verursachten Krankheiten) ist hier nicht weiter die Rede. Zuerst haben GRIS, Vater und Sohn³⁾, entdeckt, dass man gelbstüchtige Pflanzen heilen kann, d. h. dass ihre gelben Blätter ergrünen, wenn man sie eine verdünnte Lösung eines Eisensalzes durch die Wurzeln aufnehmen lässt. Eine Reihe späterer Forscher⁴⁾ hat weiter durch Versuche erwiesen, dass man durch Cultur in eisenfreien Nährstofflösungen die Krankheit hervorrufen kann. So zeigte SACHS (l. c.) am Mais, dass die Krankheit erst dann eintritt, wenn die Pflanze alle Keimtheile auf Kosten der Reservestoffe entfaltet hat; die ersten drei bis vier Blätter werden grün, weil sie das im Samen enthaltene Eisen empfangen; die folgenden sind dann nur noch im oberen Theil grün, an der Basis bleich, endlich kommen lauter total kranke Blätter. Einen ganz ähnlichen Eintritt der Krankheit beobachtete er an Kohlpflanzen und Bohnen. Ebenso sah er die Gelbsucht auch an vollständig normal erzogenen Maispflanzen von mehr als 48 Centim. Höhe eintreten, nachdem sie aus der eisenhaltigen Nährstofflösung in eine eisenfreie gesetzt worden waren; nach 6 Tagen zeigten sich auf den jungen Blättern gelbweisse Längsstreifen, die später noch stärker hervortraten, die Befruchtung der Blüthen schlug fehl und das Trockengewicht der Ernte betrug nur $\frac{1}{4}$ von den in der Eisenlösung bis zu Ende gewachsenen Pflanzen. Nach KNOP⁵⁾ ist der Eisengehalt einer Eichel genügend um die Entwicklung der Pflanze auf 1 bis 2 Jahre zu unterhalten; erst im zweiten und dritten Sommer werden, wenn man nur eisenfreie Lösungen der Pflanze darbietet, die Blätter gelb und bleich. Meistens scheint die

¹⁾ Citirt in JUST, Bot. Jahresber. f. 1876. pag. 889.

²⁾ Pflanzenpathologie, pag. 282 ff.

³⁾ Vergl. A. GRIS, Ann. des sc. nat. 1857. VII. pag. 201.

⁴⁾ Vergl. die Literatur bei SACHS, Experimentalphysiologie, pag. 144.

⁵⁾ Ber. d. kgl. sächs. Ges. d. Wiss. 6. Febr. 1869.

Krankheit in der Form der Gelbsucht aufzutreten. Aber häufig geht auch dieselbe in Bleichsucht über; es können einzelne Stellen der Blätter neben icterischen chlorotisch erscheinen, oder die Blätter kommen wol auch ganz weiss zur Entwicklung. Chlorose und Icterus sind also in ihrem Auftreten nicht streng geschieden. Vielleicht kommt es, wie ich schon oben bei der Störung der Chlorophyllbildung durch niedere Temperatur bemerkte, nur darauf an, in welchem Alterszustande der Zelle oder in welchem Entwicklungsstadium der Chlorophyllkörner der Eisengehalt der Zelle oder die Eisenzufuhr soweit erschöpft ist, dass die Chlorophyllbildung gehemmt wird. Gelb- und Bleichsucht ziehen andere schädliche Folgen nach sich, weil Pflanzen ohne Chlorophyll zur Assimilation unfähig sind. Es tritt daher eine schwächliche Entwicklung ein, wenn die Krankheit nicht gehoben wird; die Pflanzen erreichen den normalen Abschluss ihrer Entwicklung nicht, die bleichen Blätter fangen frühzeitig an zu welken und die Pflanze stirbt; die Analyse zeigt, dass die Trockensubstanz der Ernte gegen die des angewandten Samens nur unbedeutend zugenommen hat.¹⁾ Es scheint, dass die Chlorose immer einen sehr rapiden Verfall des Lebens nach sich zieht, icterische Pflanzen aber länger aushalten können, z. B. nach KNOP²⁾ durch Eisenmangel gelbstüchtig gewordener Mais bis zur Blüthe.

Ungenügende Menge von Nährstoffen überhaupt. Wenn die genannten unentbehrlichen Nährstoffe zwar vorhanden, aber sämmtlich oder auch nur einer von ihnen in ungenügender Menge dargeboten sind, so tritt eine Unvollständigkeit der Entwicklung oder krankhafte Affection der Art ein, wie sie für das Fehlen des betreffenden Nährstoffes im Vorhergehenden charakterisirt ist. Es muss hier daran gedacht werden, dass bei einer und derselben Pflanze der quantitative Bedarf an den einzelnen Nährstoffen ein verschiedener ist. Bei den meisten Pflanzen sticht der Bedarf an Phosphorsäure, Kali und wol auch Kalk und Magnesia durch grosse Zahlen hervor, während namentlich das Eisen in äusserst geringer Menge gebraucht wird. Es ist dann weiter der ungleiche Bedarf der verschiedenen Pflanzenarten zu berücksichtigen, indem der in grösster Menge beanspruchte Bestandtheil bei der einen Pflanze Kali, bei der andern Kalk, bei wieder anderen Phosphorsäure ist. Man kann also im Allgemeinen sagen, dass die Nährstoffe nur in ihrer Gesammtheit und zwar in demjenigen relativen Verhältnisse untereinander, wie es durch den Bedarf der betreffenden Species vorgeschrieben ist, für die Ernährung der Pflanze von Nutzen sind; mit anderen Worten, dass der Mehrgehalt an einem einzelnen Nährstoffe den Fehlbetrag eines anderen nicht aufwiegen kann. Da nun im Boden und in den Gewässern die Mischung der für die Pflanze tauglichen Nährstoffe eine zufällige ist, so ist es immer der jeweils im Verhältniss in kleinster Menge vorhandene Nährstoff, welcher die Entwicklung der Pflanzen und die Production vegetabilischer Substanz regulirt: vermindert er sich, so nimmt die Entwicklung ab, vermehrt er sich, so steigt dieselbe.

In vielen Fällen ist das Resultat, dass die Pflanze unter Zwergbildung, wie wir sie oben auch als Folge eines Mangels an Wasser im Boden kennen gelernt haben, den normalen Abschluss ihrer Entwicklung zu erreichen sucht. Dies wird besonders da zu erwarten sein, wo die im Samen enthaltenen Aschebestandtheile schon in einer Mischung vorhanden sind, die dem Verhältniss nahe kommt, in welchem dieselben bei der Entwicklung der Gesamtpflanze beansprucht werden, und ferner da, wo die geringe Menge, die der Boden spendet, gerade dazu beiträgt, das im Samen der betreffenden Pflanzenart etwa unrichtige Verhältniss mehr zu corrigiren.

II. Schädliche Wirkung des Konzentrationsgrades der Nährstofflösung.

Es giebt eine Reihe von Beobachtungen, nach denen Pflanzen, die in tropfbarflüssigem Medium leben oder mit ihren Wurzeln in solchem sich befinden, geschädigt

¹⁾ SACHS, l. c. pag. 146 ff.

²⁾ l. c. pag. 5.

werden, wenn die Flüssigkeit an den darin gelösten Nährstoffen concentrirter wird. FAMINTZIN¹⁾ hat dies von einer Anzahl Süßwasseralgen nachgewiesen, die er in Nährstofflösungen cultivirte. *Spirogyra* entwickelte sich z. B. in einer $\frac{1}{2}\%$ igen Lösung schon nicht mehr, während *Mougeotia*, *Oedogonium*, *Stigeoclonium* nicht nur in dieser, sondern selbst noch in einer Lösung von 3% vollkommen gesund blieben, *Protococcus viridis*, *Chlorococcum infusionum* und »*Protonema*«, sogar üppig gediehen; selbst 5% ige Lösung wurde noch ertragen. CONWENZ²⁾ behandelte *Cladophora* mit einer Lösung von salpetersaurem Kali und mit einer solchen von kohlensaurem Ammoniak in verschiedenen Concentrationen, und erkannte, dass die Wirkung einer zu concentrirten Lösung dieser neutralen Salze nur darauf beruht, dass dieselben wasserentziehend auf das Protoplasma einwirken, welches dadurch von der Zellwand zurückweicht und sich um so mehr contrahirt, je stärker die Concentration ist, dass man aber die schädliche Wirkung wieder aufheben kann, wenn die Alge schnell wieder in destillirtes Wasser gebracht wird, widrigenfalls sie zu Grunde geht. Die Wirkung wurde schon bei 2% iger Lösung bemerkbar; doch konnte selbst diejenige einer Lösung von 10% Salzgehalt durch schnelles Einlegen in reines Wasser reparirt werden.

Phanerogamen sind bei Wasserculturen, wo ihre Wurzeln in eine Lösung der Nährstoffe eintauchen, schon gegen viel geringere Concentrationen empfindlich, indem zu einer gedeihlichen Entwicklung derselben der Salzgehalt ungefähr zwischen $0,05$ bis $0,5\%$ sich halten muss, höhere Concentrationsgrade aber schon schädlich wirken und andererseits auch geringere Grade, z. B. $0,01\%$ für Mais nicht mehr tauglich sind.³⁾ Für die im Boden eingewurzelten Pflanzen sind dagegen viel stärker concentrirte Lösungen ohne Nachtheil, wie nicht bloss durch direkte Versuche erwiesen ist, sondern schon aus der Erwägung gefolgert werden muss, dass beim Austrocknen des Bodens ohne Schädigung der Pflanze eine hohe Concentration der noch verbleibenden Feuchtigkeit herbeigeführt wird. Wie der Boden die schädliche Wirkung einer concentrirteren Flüssigkeit verhindert, lässt sich wol vermuthen, ist aber nicht hinreichend ergründet.

F. Schädliche Wirkungen der Bestandtheile der atmosphärischen Luft.

Die Beziehungen der Bestandtheile der atmosphärischen Luft zum Pflanzenleben zu erörtern ist Sache der Physiologie. Es können daher auch hier die aus dieser Abhängigkeit resultirenden schädlichen Einflüsse nur kurz angedeutet werden.

Mangel an Sauerstoffgas hat den Erstickungstod der Pflanze zur Folge, während andererseits auch eine zu grosse Dichte dieses Gases Aufhören des Wachstums und Absterben bewirkt. Darum tritt letzteres in reinem Sauerstoffgas nur ein, wenn das Gas ungefähr die gewöhnliche Dichte der Luft hat; nicht, wenn es durch Auspumpen oder Beimengung von Wasserstoffgas auf den Partialdruck des atmosphärischen Sauerstoffes gebracht wird. Hierher gehören auch die Beobachtungen von BERT,⁴⁾ nach denen sowol ein verminderter wie ein erhöhter Luftdruck der Atmosphäre auf die Keimung und das Wachsthum schädlich einwirken, wobei nur der Partialdruck des Sauerstoffes das Wirksame ist.

¹⁾ Bot. Zeitg. 1871. Nr. 46.

²⁾ Bot. Zeitg. 1874. pag. 404.

³⁾ Vergl. besonders KNOP, Ber. d. kgl. sächs. Ges. d. Wiss. 1875, pag. 29 ff.

⁴⁾ Compt. rend. 16. Juni 1873.

Die Kohlensäure der Atmosphäre ist als Kohlenstoffquelle zur Bildung der organischen Substanz für alle grünen Pflanzen unentbehrlich. In kohlensäurefreien Medien gehen diese Pflanzen nach Aufzehrung ihrer Reservestoffe zu Grunde. Die Zersetzung der Kohlensäure durch die Pflanze wird aber durch Zunahme des Kohlensäuregehaltes der Luft nur bis zu einer gewissen Grenze begünstigt, die etwa bei 8% liegt (gewöhnliche Luft enthält nur 0,04%). Grösserer Gehalt hemmt die Assimilation und wird tödtlich.¹⁾ Ferner wird die Bildung von Chlorophyll, also die Ergrünung der Pflanze, die Keimung und das Wachstum gehemmt, sobald der Kohlensäuregehalt der Luft nur auf wenige Prozente steigt.²⁾

Der Gehalt der Luft an Wasserdampf oder der Feuchtigkeitsgrad der Luft kann in pathologischer Beziehung in Betracht kommen aus zweierlei Gründen: erstens weil seine Verminderung die Transpiration der Pflanze steigert und somit Veranlassung zum Welken (s. pag. 450) geben kann, zweitens wegen seiner Einwirkung auf die Zellenstreckung wachsender Organe. In letzterer Beziehung ist durch die Untersuchungen REINKE's³⁾ und SORAUER's⁴⁾ dargethan, dass unter sonst gleichen Umständen grössere Luftfeuchtigkeit ein Längerwerden der Stengelglieder und Blätter zur Folge hat und dieses auf Rechnung einer stärkeren Streckung der Zellen kommt. In der That ist auch eine Verlängerung der Stengel und eine Förderung der Blattentwicklung bei den unter Glocken oder in feuchten Glaskästen oder in Glashäusern gezogenen Pflanzen gegenüber den in der trockenen Luft des freien Landes oder der Zimmer sich entwickelnden unverkennbar. Aber das Trockengewicht der Stengel und Blätter der Feuchtigkeitspflanzen ist nach SORAUER's Beobachtungen an Gerste trotz des grösseren Volumens geringer als das der Trockenheitspflanzen, 0,1243 gegen 0,1642. Die feuchtere Luft producirt also wasserreichere oberirdische Organe.

Diese Thatfachen scheinen erklärlich durch die geringere Verdunstung von Wasser der in feuchter Luft befindlichen Pflanze bei reichlicher Wasserzufuhr, indem dadurch der Turgor der Zellen erhöht wird und dieser Druck auch ein stärkeres Wachstum der Zellmembranen, also eine Erweiterung des Volumens der Zelle oder eine Verlängerung derselben zur Folge hat. Die Organe sind scheinbar kräftiger, in Wahrheit aber nur wasserreicher und ärmer an fester Pflanzensubstanz. Die verminderte Production mineralischer Bestandtheile, sowie organischer Pflanzensubstanz in Folge unterdrückter Transpiration hat SCHLÖSING⁵⁾ an Tabakpflanzen constatirt. Diejenigen, deren Verdunstung gehemmt war, lieferten im Vergleich mit solchen, welche unter übrigens gleichen Umständen ungehindert transpirirten, weniger Mineralstoffe, weniger Nicotin, Klee-, Citronen-, Apfel-, Pectinsäure, Cellulose und Proteinstoffe, dagegen viel Stärkemehl. Es scheint daraus hervorzugehen, dass die unterdrückte Transpiration eine Minderzufuhr mineralischer Bodennährstoffe zur Folge hat, aber nicht die Bildung von Stärkemehl aus Kohlensäure und Wasser in den Blättern verhindert, also auch nur die Production derjenigen Pflanzensubstanz beeinflusst, zu deren Erzeugung zugleich Bestandtheile der Bodennährstoffe erforderlich sind.

G. Gifte.

Als Gifte für die Pflanzen muss man alle diejenigen zufällig im Boden oder in der Luft vorhandenen fremdartigen Stoffe bezeichnen, welche als solche einen direct nachtheiligen Einfluss auf das Pflanzenleben haben. Es handelt sich hier

¹⁾ GODLEWSKY in SACHS' Arbeiten d. bot. Inst. Würzburg III. Heft.

²⁾ BÖHM in Sitzungsber. d. Wiener Akad. 24. Juli 1873.

³⁾ Bot. Zeitg. 1876, pag. 138 ff.

⁴⁾ Bot. Zeitg. 1878, No. 1 u. 2.

⁵⁾ Compt. rend. T. 69. pag. 353, und Landw. Centralbl. 1870. I. pag. 143.

theils um gasförmige Stoffe, theils um Flüssigkeiten, die zunächst immer mit der Oberfläche der Pflanze in Berührung kommen, sei es dass sie den Wurzeln zur Aufsaugung zugeführt werden, sei es, dass sie die Blätter oder andere oberirdische Theile benetzen. Gewöhnlich tritt die Wirkung an dem unmittelbar von dem giftigen Gase oder Flüssigkeit getroffenen Theile ein, oder aber die Vergiftung erstreckt sich auch auf andere Organe, die nicht direkt mit dem schädlichen Stoffe in Berührung gekommen sind; letzteres besonders wenn giftige Lösungen durch die Wurzeln aufgesogen worden sind. Die Symptome der Vergiftung zeigen in den meisten Fällen viel Gleichförmiges: Contraction des Protoplasma in den Zellen, Zerstörung etwa vorhandenen Chlorophylls, Erschlaffung der Zellmembranen, Bräunung des getödteten Protoplasma und wol auch der Zellmembran und daher Entfärbung, Bräunung und Vertrocknung des ganzen Pflanzentheiles sind die häufigsten Erscheinungen.

1. Schweflige Säure. — Hütten- und Steinkohlenrauch. Wenn in der Nähe von Culturen industrielle Etablissements sich befinden, welche fortwährend grosse Mengen von Rauch produciren, der sich über die Pflanzen ausbreitet, so machen sich in mehr oder minder hohem Grade schädliche Einflüsse an den dem Rauche ausgesetzten Pflanzen bemerkbar. Diese Wirkungen können sich auf ziemliche Entfernungen erstrecken, wenn der Rauch in einer horizontalen Richtung sich auszubreiten vermag; besonders verheerend sind sie in Thälern, wenn die den Essen entsteigenden Rauchsäulen an eine bewaldete Thalwand sich anlehnen. Es ist hauptsächlich durch STÖCKHARDT's¹⁾ und SCHRÖDER's²⁾ Untersuchungen nachgewiesen, dass das Wirksame hierbei die im Rauche enthaltene schweflige Säure ist, dass der Russ, den man für den wahren Feind hielt, nichts schadet und dass auch die Dämpfe von Arsen, Zink und Blei, in den Mengen, in welchen sie im Rauche vorkommen, keinen merklichen schädlichen Einfluss haben. Dagegen ist die schweflige Säure, welche bei der Verbrennung schwefelhaltigen Feuerungsmateriales (besonders Steinkohlen) gebildet wird, für die Pflanzen eines der heftigsten Gifte.

Nach STÖCKHARDT ist für junge Fichten ein 60tägiger Aufenthalt in einer Luft, welche nur ein Milliontel ihres Volumens schweflige Säure enthält, tödtlich, für Rothbuche und Spitzahorn $\frac{1}{100000}$; die ersten Zeichen der Erkrankung traten an Kartoffeln, Klee, Hafer und verschiedenen Gräsern ein, wenn dieselben zweimal der zweistündigen Einwirkung einer Luft mit $\frac{1}{100000}$ Volumenthail jenes Gases, ebenso wenn sie 15 bis 20mal einer Luft mit $\frac{1}{100000}$ schwefliger Säure ausgesetzt wurden. Nach SCHRÖDER wird die schweflige Säure von den Blattorganen der Laub- wie der Nadelhölzer aufgenommen und zum grösseren Theile hier fixirt; zum geringeren Theile dringt sie in die Blattstiele und Zweige ein. Die Symptome der Vergiftung bestehen im Allgemeinen in Welkwerden, mehr oder weniger Bräunung und endlichem Absterben der Blätter. Die Ursache kann wenigstens zum Theil in der Benachtheiligung der Transpiration und Stockung der normalen Wassercirculation gesucht werden. Denn es wurde nachgewiesen, dass die von schwefliger Säure getroffenen Pflanzen die Fähigkeit, normal zu transpiriren, verloren und dass die Störung der Wasserverdunstung um so grösser war, je grössere Mengen schwefliger Säure einwirkten. Das Gas wird von den Blättern nicht durch die Spaltöffnungen, sondern gleichmässig durch die ganze Blattfläche aufgenommen und sogar von der Oberseite in ebenso grossen Mengen wie von der spaltöffnungsreichen Unterseite. Aber dieselbe Menge schwefliger Säure, welche von der Unterseite eines Laubblattes absorbirt wird, desorganisirt das ganze Blatt in höherem Grade, als wenn die gleiche Aufnahme durch die obere Fläche erfolgt, was sich in

¹⁾ Chemischer Ackersmann 1863, pag. 255. — Tharander forstl. Jahrbuch. XXI. 1871, pag. 218 ff.

²⁾ Landwirth. Versuchsstationen 1872, pag. 321 ff. und 1873, pag. 447 ff.

Verbindung mit dem oben Gesagten daraus erklärt, dass diese Fläche vorherrschend diejenige ist, durch welche die Transpiration stattfindet. Unter sonst gleichen Verhältnissen absorbiert die gleiche Blattfläche eines Nadelholzes weniger schweflige Säure aus der Luft als die eines Laubholzes. Dem entspricht auch, dass ein Nadelholz bei gleicher Menge des Gases noch nicht sichtbar alterirt wird, wo sich eine deutliche Einwirkung bei einem Laubholz bereits zeigt. Trotzdem leiden in den Rauchgegenden die Nadelhölzer mehr als die Laubhölzer, weil sie wegen der längeren Dauer der Nadeln auch der schädlichen Einwirkung länger preisgegeben sind und weil bei ihnen die Fähigkeit einen einmal erlittenen Schaden durch Reproduction der Belaubung wieder auszugleichen, eine verhältnissmässig geringere ist. Licht befördert die schädliche Einwirkung der schwefligen Säure, während die Abwesenheit von Licht die Pflanzen zum Theil schützt. Auch Wasser, welches sich auf den Blättern befindet, unterstützt die Schädigung; Trockenheit der Blätter schützt dieselben zum Theil. Damit steht die Erfahrung im Einklange, dass die Rauchsäden bei starkem Thau, während des Regens und unmittelbar nachher grösser sind als ohne diese Niederschläge.

2. Leuchtgas. Wenn aus den Röhren von Gasleitungen Leuchtgas in den Boden ausströmt, so können dadurch in der Nähe stehende Pflanzen, also besonders Bäume in Alleen und Promenaden, wo Gaslaternen angebracht sind, beschädigt werden. KNY¹⁾ hat dies zuerst durch Versuche nachgewiesen: er sah Holzpflanzen, in deren Nähe im Boden eine Röhrenleitung gelegt war, aus welcher man fortwährend Leuchtgas ausströmen liess, eingehen und zwar unter Welk- und Gelbwerden der Blätter, und Vertrocknen des Holzes und Cambiums. Aehnliche Resultate erhielt BÖHM²⁾; auch fand Derselbe, dass Erde, welche in Folge langer Durchleitung von Leuchtgas mit solchem imprägnirt ist, auch wenn keine weitere Zuleitung erfolgt, giftig wirkt. Die Versuche von SPÄTH und MEYER³⁾ haben ergeben, dass Platanen, Silberpappeln, Robinien, Ahorn, Rosskastanien etc. mit Ausnahme der Linden, deren Knospen aber gleichwol später nicht austrieben, nach $4\frac{1}{2}$ Monaten getödtet waren, wenn täglich 0,772 Cubikm. Gas auf eine Fläche von 14,19 Quadratm. geleitet wurden, ja dass sogar ganz geringe Mengen, wie 0,0154 bis 0,0185 Cubikm. täglich auf 14,19 Quadratm., die selbst durch den Geruch nicht mehr wahrgenommen werden, schädlich sind, und dass zur Zeit der Winterruhe die Zufuhr von Leuchtgas weniger schadet als während der Zeit des Wachthums. Welchem der zahlreichen Bestandtheile des Leuchtgases die giftige Wirkung zuzuschreiben ist, weiss man nicht; wahrscheinlich ist er unter den verschiedenen schweren Kohlenwasserstoffen und den Verunreinigungen zu suchen. KNY fand die fingerdicken Wurzeln der dem Leuchtgas ausgesetzten Linden eigenthümlich blau gefärbt und die Färbung auf dem Querschnitt von der Mitte gegen die Peripherie hin fortschreitend, was dafür zu sprechen scheint, dass das Gas mit den Nährstofflösungen an den Wurzeln eindringt.

Es giebt noch eine Anzahl anderer Gase, welche für das Pflanzenleben direct schädlich wirken; so das Stickstoffoxyd, das Schwefelwasserstoff- und Schwefelkohlenstoffgas, Chlorgas etc. (Näheres ist in meinen »Krankheiten der Pflanzen« zu finden.)

3. Giftige Flüssigkeiten und Lösungen giftiger Substanzen. Gelegenheit zur Vergiftung der Pflanzen durch schädliche Bestandtheile, welche zufällig im Boden oder in dem zugeführten Wasser enthalten sind, ist oft genug gegeben, so z. B. wenn zum Düngen eine grosse Menge von Aetzkalk oder Asche und ähnliche Abfälle verwendet werden, in welchen stark alkalische oder sonst giftig

¹⁾ Sitzungsber. d. Gesellsch. naturf. Freunde zu Berlin, 20. Juni 1871.

²⁾ Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wissensch. 16. Oct. 1873.

³⁾ Landwirthschaftl. Versuchsstationen 1873, pag. 336.

wirkende Verbindungen enthalten sind, oder wenn an Orten, wo dergleichen Stoffe abgelagert worden sind, oder gelegen haben, Pflanzen aufgekeimt sind; ferner wenn Abflüsse aus chemischen Fabriken und dergl. mit den Pflanzen in Berührung kommen. Die Erscheinungen, welche beim Einsetzen von Pflanzen in giftige Lösungen oder beim Begiessen mit denselben, eintreten, zeigen im Grossen und Ganzen viel Uebereinstimmendes: Unterbleiben der Keimung der Samen, Welkwerden und Absterben der entwickelten Pflanze, oft unter Gelb- oder Braunfärbung der grünen Blätter, eigenthümliche Farbenänderungen der Blüthen und Starrwerden der reizbaren und periodisch beweglichen Organe. Wenn wir alle denkbaren derartigen Stoffe als Gifte bezeichnen, so ist damit über die Art ihrer Wirkung noch keine genaue Vorstellung gewonnen. Sie lassen sich in dieser Beziehung nicht unter einen gemeinsamen Gesichtspunkt bringen, und jedenfalls müssen zwei Arten unterschieden werden.

Wir wissen, dass viele neutrale Verbindungen, z. B. Salze, Zucker und dergl., wenn sie in einigermaassen concentrirter Lösung mit Pflanzenzellen in Berührung kommen, wasserentziehend auf dieselben wirken, in Folge dessen das Protoplasma von den Wandungen der Zelle zurückweicht und sich mehr oder weniger zusammenzieht. Dauert diese Einwirkung nicht über eine gewisse Zeit, so tritt der alte Zustand wieder ein, wenn die Zelle in verdünntere Lösung oder reines Wasser gebracht wird, und dieselbe bleibt am Leben. Wird aber jene Zeitdauer überschritten, so übersteht das Protoplasma den Wasserverlust nicht; es nimmt seine ursprüngliche Beschaffenheit nicht wieder an, und die Zelle geht in einen desorganisirten Zustand über. Es handelt sich hier um Stoffe, welche an und für sich keine tödtliche Wirkung haben, sondern nur um den wasserentziehenden Einfluss einer zu hohen Concentration, von welchem oben (pag. 459) die Rede war. Als Beispiel für diese Art der Giftwirkung, wenn wir sie als solche bezeichnen wollen, kann das Kochsalz dienen. In verdünnter Lösung ist dasselbe den Pflanzen unzweifelhaft unschädlich. Concentrirteren Lösungen gegenüber ist das Verhalten der einzelnen Pflanzenarten wieder ungleich. Den eigentlichen Salzpflanzen, an deren Standort der Boden oft von auskrystallisirtem Kochsalz überzogen ist, scheint eine concentrirte Kochsalzlösung unschädlich zu sein. BATALIN¹⁾ hat dies bestätigt, indem er *Salsola*-Arten cultivirte unter Begiessen mit einer fast gesättigten solchen Lösung. Bei Nicht-Salzpflanzen wirkt dasselbe nach NESSLER²⁾ entschieden schädlich auf Keimung und Wachsthum. Auf Raps-, Klee- und Hanfsamen zeigte sich die nachtheilige Wirkung schon bei einer Concentration von 0,5%, auf Weizen bei 1%. Eine concentrirte Lösung auf Blätter äusserlich aufgetropft hat eine intensiv schädliche Wirkung. Ich brachte solche Tropfen auf junge Blätter von *Acer platanoides* und erwachsene Blätter von *Primula officinalis*; nach einer Stunde hatten die betropften Stellen ein missfarbiges, durchscheinendes, welkes Aussehen bekommen; sie waren getödtet. Später, als die Versuchsblätter des Ahorn erwachsen waren, zeigten sie immer noch die getödteten Stellen, um die sich die Blattmasse faltig zusammengezogen hatte, weil diese todten Partien das Flächenwachsthum der umgebenden Theile der Lamina hinderten. Auf erwachsene Ahornblätter getupft, hinterliess dagegen dieselbe Kochsalzlösung keine wahrnehmbare Schädigung. Ebenso brachte eine concentrirte Salpeterlösung weder auf jungen noch alten Blättern von *Acer platanoides*, *Primula*, *Sempervivum*, Gräsern eine nachtheilige Wirkung hervor.

¹⁾ REGEL's Gartenflora 1876, pag. 136.

²⁾ Centralbl. f. Agriculturchemie 1877, II. pag. 125.

Von anderer Art ist die Wirkung einer Anzahl von Stoffen, wie freier Alkalien, freier Säuren, der Narcotica, wie Strychnin, Morfium etc., der Blausäure, des Kampfers, Terpenthinöls, Aethers, Alcohols etc. Gemeinsam ist diesen zwar auch, dass das Protoplasma der Zellen durch sie contrahirt und mehr oder weniger gebräunt wird. Aber hier tritt, auch bei sofortigem Wiedereinsetzen in Wasser nicht wieder der normale Zustand, sondern stets der Tod der Zelle ein, wie CONWENTZ¹⁾ betreffs der meisten der genannten Stoffe an *Cladophora*-Zellen beobachtet hat. Derselbe zeigte, dass diejenigen der oben genannten giftigen Flüssigkeiten, welche kein Wasser enthalten, wie Terpenthinöl und Aether, augenblicklich tödtlich wirken; aus wässerigen Lösungen giftiger Stoffe dagegen vermag das Protoplasma anfangs Wasser aufzunehmen, und die Vegetabilien befinden sich eine Zeit lang völlig frisch und gesund; erst später nehmen sie das Gift auf, und damit tritt die tödtliche Wirkung ein. An Algenfäden wurde durch Einlegen in eine 10%ige Lösung von salpetersaurem Kali die oben erwähnte an sich nicht tödtliche Contraction des Protoplasma hervorgerufen, darauf wurden sie abgetrocknet und in Kampferwasser gebracht; das Protoplasma dehnte sich wieder völlig aus und behielt 1—2 Stunden hindurch sein frisches Aussehen, dann erst machte sich die tödtliche Wirkung des Kampfers durch Contraction des Protoplasma geltend. Ganz ähnliche Einwirkungen waren mit den anderen genannten Giften in wässerigen Lösungen zu beobachten. Wir haben also hier Stoffe vor uns, welche durch ihre chemischen Eigenschaften selbst auf das Protoplasma eine lebenvernichtende Wirkung ausüben und also als Gifte im eigentlichen Sinne gelten müssen; doch ist uns freilich über die Art dieser Vergiftung etwas näheres nicht bekannt.

Bei DECANDOLLE²⁾ findet man bereits eine Liste von allerhand als Gifte bezeichneten Flüssigkeiten. Soweit dieselben unter den oben genannten nicht inbegriffen sind, bedarf es noch der Entscheidung, zu welcher der beiden im Vorstehenden nach der Art ihrer Wirkung unterschiedenen Kategorien gesundheitsschädlicher Stoffe sie gehören. Es hätte nur ein untergeordnetes Interesse, die schädlichen Folgen, die man von ihnen beobachtet hat und die in ihren Symptomen im Grossen und Ganzen viel Aehnlichkeit mit den oben bezeichneten haben, hier näher zu beschreiben. In meinen »Krankheiten der Pflanzen« findet man sie etwas näher behandelt. Es genüge hier, dieselben zu nennen: Arsen,³⁾ Quecksilberchlorid, Kupfersalze,⁴⁾ Eisenvitriol,⁵⁾ Bleizucker, Zinnchlorid, salpetersaures Silberoxyd, Lithiumsalze,⁶⁾ Brom- und Jodkalium,⁷⁾ Blutlaugensalz, Carbol-säure.⁸⁾ Hier würden sich auch die vergiftenden Wirkungen des Aschenregens bei vulkanischen Eruptionen anschliessen.⁹⁾

¹⁾ Bot. Zeitg. 1874, No. 26. u. 27. — Vgl. auch GÖPPERT, Einwirkung des Kampfers auf die Vegetation, in Verhandl. d. Ver. z. Beförd. d. Gartenbaues. Berlin 1829 und De acidi hydrocyanici vi in plantas commentatio. Breslau 1827, pag. 45. — Ferner WILHELM, über die Einwirkung des Kampfers auf die Keimkraft der Samen. Referat in JUST, Bot. Jahresber. f. 1876, pag. 884.

²⁾ Physiol. végét. III, pag. 1324 ff.

³⁾ Vgl. auch KLIEN, Chem. Ackersmann 1875; citirt in JUST, bot. Jahresber. für 1876, pag. 1241.

⁴⁾ Vgl. KUDELKA, referirt in JUST, bot. Jahresber. f. 1876, pag. 880.

⁵⁾ NESSLER in Centralbl. f. Agriculturchemie 1877 II, pag. 125.

⁶⁾ NOBBE in Landwirthsch. Versuchst. XIII. 1871, pag. 374.

⁷⁾ KNOP in Ber. d. kgl. sächs. Ges. d. Wiss. 6. Febr. 1869.

⁸⁾ Centralbl. f. Agriculturchemie 1877, pag. 188.

⁹⁾ Vgl. Bot. Zeitg. 1872, pag. 729.

Anhang.

Ungenau bekannte Krankheiten, bei denen Bodeneinflüsse zweifelhaft sind.

1. Gelbsucht und Bleichsucht. Panachirung. Unter ganz denselben Symptomen wie die durch Eisenmangel verursachte tritt bisweilen eine Gelb- und Bleichsucht auch bei Gegenwart von Eisen, bei günstigen Beleuchtungs- und Temperaturverhältnissen und normaler Beschaffenheit der Luft auf. KNOP¹⁾ erhielt bisweilen in Culturen, bei welchen Eisen in der Nährstofflösung vorhanden war, chlorotische oder icterische Pflanzen und zeigte, dass die kranken Individuen wirklich Eisen enthalten. Meistens lässt sich auch aus den Umständen, unter welchen diese Krankheit auftritt, erkennen, dass Eisenmangel nicht daran schuld sein kann. Sie kommt unter folgenden Formen vor.

1. Totale Bleichsucht der ganzen Pflanze. Schon MEYEN²⁾ beobachtete einen gelbsüchtigen *Cactus triangularis*, der trotz der verschiedensten Heilungsversuche mit der grössten Hartnäckigkeit seine Krankheit 5 Jahre lang behielt. CARRIÈRE³⁾ berichtet über Sämlinge von panachirtem *Ilex*, *Acer Negundo* und *Phormium*, von denen manche total bleichsüchtig oder gelbsüchtig geworden waren und deren Krankheit durch keine Pflege sich heilen liess. Ich sah von zwei Kirschensämlingen, die in einem und demselben Topfe wuchsen, den einen normal grün, den anderen rein weiss; die Entwicklung des letzteren stockte nachdem er eine Anzahl solcher Blätter gebildet hatte und er ging endlich ein. Nach BOUCHÉ⁴⁾ sind auch von Eichen, Buchen und Rosskastanien chlorotische Sämlinge beobachtet worden.

2. Total bleichsüchtige Sprosse übrigens normal grüner Pflanzen. SCHELL⁵⁾ hat an *Pelargonium zonale* und *Rhamnus Frangula* zwischen grünen Zweigen vollständig chlorotische beobachtet, welche keine Spur von Chlorophyllkörnern, wol aber eine grössere Menge Stärkemehl enthielten. Ich beobachtete mehrmals an erwachsenen Rosskastanienbäumen mit grüner Laubkrone an der Seite des Stammes Ausschläge in Form völlig weissblättriger Sprosse. In einem Falle wurde mir berichtet, dass der Stamm schon seit einiger Zeit alljährlich an derselben Stelle bleiche Ausschläge gebracht hatte. Die jetzt häufig cultivirten Ziersträucher mit panachirten Blättern scheinen besonders leicht einzelne Sprosse ganz chlorotisch zu entwickeln.

3. Panachirung (*variegatio*). Von vielen Pflanzen, monocotyledonen wie dicotyledonen Kräutern und Holzgewächsen, giebt es Varietäten mit Blättern, die man panachirt, gebändert oder gesprenkelt nennt, weil sie nur theilweis grün und mit Streifen, Flecken oder Punkten von weisser oder gelber oder von beiden Farben zugleich gezeichnet sind. Da hier die Blätter wenigstens zum Theil Chlorophyll enthalten, so sind solche Pflanzen lebens- und entwicklungsfähig, verrathen aber doch einen gewissen Schwächezustand. Man hat schon längst gewusst, dass die Panachirung bei der Vermehrung durch Stecklinge oder beim Pfropfen sich mit fortpflanzt. Aber MORREN⁶⁾ hat von *Barbarea vulgaris* und einer Reihe anderer Pflanzen auch die Erblichkeit der Panachirung bei der Fortpflanzung durch Samen nachgewiesen. Die Keimpflanzen sind dabei gesund: Cotyledonen und die ersten Laubblätter rein grün, dann erst kommen gefleckte Blätter. Die Krankheit ist durch Pfropfung auch auf gesunde Individuen übertragbar, also ansteckend. Nach den von MEYEN⁷⁾ gegebenen Notizen war schon im Jahre 1700 die Beobachtung gemacht worden, dass wenn ein Zweig des Jasmin mit gesprenkelten Blättern auf ein gesundes Stämmchen desselben Jasmin gepfropft wird, auch die oberhalb und unterhalb des Pfropfreises sitzenden Zweige gesprenkelte Blätter bekommen. Neuerdings ist nach MORREN (l. c.)

¹⁾ Berichte der kgl. sächs. Ges. d. Wiss. 6. Febr. 1869, pag. 5.

²⁾ l. c. pag. 266.

³⁾ Revue horticole. Paris 1876, pag. 8. Referirt in JUST, bot. Jahresber. f. 1876, pag. 1244.

⁴⁾ Sitzungsber. d. Ges. naturforsch. Freunde zu Berlin, 17. Juli 1871.

⁵⁾ Referirt in JUST, bot. Jahresber. für 1876, pag. 926.

⁶⁾ Hérité de la Panachure. Bruxelles 1865, pag. 7.

⁷⁾ l. c. pag. 288.

dieser Versuch mit dem gleichen Erfolge in mehreren hundert Fällen mit geflecktem *Abutilon Thompsoni* gemacht worden, von welchem Pfropfreiser auf grünen *Abutilon striatum*, *venosum* und *vexillarium* gesetzt wurden. BOUCHÉ (l. c.) ist die Uebertragung der Panachirung auf rein grüne Individuen auch mit panachirtem *Evonymus japonicus* gelungen. Hiernach dürften diese Abnormitäten ins Gebiet der Variationen zu verweisen sein, wofür ja auch die Panachirung allgemein gilt, und es würde sich dieselbe, von der Qualität der Merkmale abgesehen, zunächst an die durch teratologische Merkmale charakterisirte Varietätenbildung, wie wir solche bei den Bildungsabweichungen kennen, anschliessen. Die Uebertragbarkeit durch Pfropfung ist ebenfalls schon von anderen Varietätenmerkmalen constatirt worden. Das Auftreten vollständig chlorotischer Sprosse und selbst ganzer Individuen würde auch noch unter diesen Gesichtspunkt sich bringen lassen, denn vollständige Chlorose ist ja im Grunde nichts als der stärkste Grad der Panachirung. Chlorotische Sprosse an normal grünen Pflanzen würde man dann als Knospenvariation betrachten müssen. Damit soll nicht behauptet sein, dass nicht gewisse äussere Umstände einen Einfluss auf diese Bildungen haben könnten, wie das ja bei der Bildung der Varietäten überhaupt auch nicht geleugnet werden kann. Worin aber diese Einflüsse thatsächlich bestehen, ist unbekannt.

2. Honigthau (*ros mellis*, *melligo*, *mel aëris*). Mit diesem Namen bezeichnet man einen klebrigen, süssschmeckenden, farblosen Ueberzug, der in vielen kleinen glänzenden Fleckchen oder Tröpfchen oder in Form eines zusammenhängenden Firniss auf der oberen Seite der Blätter bisweilen sich zeigt. Er schwitzt aus den Blättern selbst aus und ist als eine krankhafte Secretion zu betrachten. Am häufigsten ist er an Holzgewächsen, sowol an Zimmer- und Glashauspflanzen, als auch im Freien, wo er besonders im Hochsommer oft an allerlei Bäumen und Sträuchern sich zeigt. Genau in derselben Form tritt derjenige Honigthau auf, welcher von den Absonderungen der Blattläuse herrührt, und man ist sehr oft im Zweifel, ob ein aufgetretener Honigthau diesen Thieren zuzuschreiben oder als pflanzliches Product zu betrachten ist. Nun sind aber wiederholt Beobachtungen von Honigthau gemacht worden, bei dem Blattläuse in der That ausgeschlossen waren. Die älteren diesbezüglichen Angaben sind bei MEYEN¹⁾ zusammengestellt; in der Folge hat namentlich UNGER²⁾ derartige Beobachtungen gemacht, und neuerdings HOFFMANN. Absonderung von Honig an der Pflanze kommt als normaler Vorgang bekanntlich sehr verbreitet in den Blüthen, aber auch an grünen Theilen, z. B. an manchen Nebenblättern und besonders an drüsigen Bildungen von Blattzähnen und dergl. vor. Der krankhafte Honigthau ist dagegen nicht auf besondere Drüsen beschränkt, sondern tritt gleichmässig an der Oberseite des Blattes aus der Epidermis. Im Honigthau hat man von organischen Verbindungen hauptsächlich Zuckerarten, Gummi und Manit gefunden. Ueber die näheren Vorgänge bei dieser Ausscheidung von Honig haben wir keine Vorstellung. Ebenso wenig ist irgend etwas gewisses über die Ursache derselben bekannt. Die Erfahrung lehrt, dass die Erscheinung besonders bei heissem, trockenem Wetter eintritt und vorzüglich an Pflanzen, die dem Sonnenlicht und der Erwärmung sehr ausgesetzt sind, und man hat sie sogar schon als Vorläufer der Sommerdürre des Laubes bemerkt.

¹⁾ l. c. pag. 217.

²⁾ Beiträge zur Physiologie der Pflanzen. Wien 1857, pag. 11.

Kapitel 4.

Witterungsphänomene.

A. Niederschläge.

1. Regen kann schädlich wirken zunächst in mechanischer Weise, wenn er bei heftigem Ergüsse Blüthentheile und kleinere Blätter abschlägt, dünnstengelige Pflanzen zur Lagerung bringt. Ferner kann durch Regen Befruchtung der Blüthen vereitelt werden, indem benetzte Antheren sich nicht öffnen oder wenn sie geöffnet waren sich wieder schliessen, der Pollen durch Berührung mit Wasser verderben kann, auch die etwa zur Befruchtung nöthigen Insekten bei Regenwetter ferngehalten werden. — Das Aufspringen parenchymatöser Pflanzentheile bei Benetzung mit Wasser ist oben pag. 337 erwähnt worden.

2. Hagel. Die gröberen Hagelkörner oder Schlossen bringen Verwundungen oder vollständige Zerstörungen hervor, deren je nach Pflanzentheilen verschiedene Bedeutung schon oben bei den Wunden in Betracht gekommen ist.

Die Stengel der Kräuter sind an der von einem Hagelstück getroffenen Stelle entweder nur entrindet bis auf das Holz: sie haben lange weisse Flecken, welche an den Rändern wieder verheilen können. Oder es ist wirkliche Knickung des Stengels erfolgt; dies ganz gewöhnlich bei den Halmen des Getreides, die daher am ärgsten zugerichtet werden; selbst die dicken Halme des Schilfrohes werden vom Hagel geknickt. Ist durch die Quetschung das Gewebe getödtet, so ist das darüber befindliche Stück des Stengels verloren; bei den Getreidehalmen der gewöhnliche Fall. Bei Kräuterstengeln bleibt öfter der organische Zusammenhang an der Knickstelle erhalten; das umgeknickte Stück lebt dann fort, indem es sich durch negativen Geotropismus wieder mehr oder weniger aufwärts krümmt. Auch können aus dem unteren Theile des Stengels Seitenknospen sich zu Stengeltrieben entwickeln. Blätter, von der gewöhnlichen dünnen krautartigen Beschaffenheit werden durch den Hagel entweder ganz abgerissen oder durchlöchert oder zerfetzt, die Blätter des Getreides und anderer Gräser entweder der Länge nach zerrissen oder am Grunde durchschnitten, die Blattscheiden oft herabgeschlagen und dadurch die jungen Aehren entblösst. Aus den Getreideähren werden die Körner herausgebrochen, so dass die kahle Spindel stehen bleibt. An den voluminöseren Theilen der Succulenten bringen die Hagelstücke nur eine ihrer Grösse entsprechende Wunde oder Contusion hervor, welche Jahre lang sichtbar bleibende schadhafte Stellen hinterlassen. An Holzpflanzen bewirkt der Hagel ausser allerlei Verstümmelungen am Laub und den dünneren Zweigen Quetschwunden, an Zweigen und Aesten, indem an jeder von einem Hagelstück getroffenen Stelle Rinde, Bast und Cambium abgeschunden oder durch Zerquetschung getödtet werden. Solche Wunden heilen schwer durch Ueberwallung, indem sie häufig Ausgangspunkte tiefer sich erstreckender Fäulniss oder Desorganisation werden; Krebs, Gummi- oder Harzfluss entwickeln sich oft aus solchen Wunden und können später zu einem fortschreitenden Siechthum solcher Zweige und Aeste Veranlassung geben. Endlich sehen wir auch reifende Früchte, zumal Obst, durch Hagelverwundungen schadhafte Stellen bekommen. Auch der Samenbruch der Weinbeeren kann vom Hagel veranlasst werden, indem das Fleisch der jungen Beere an der Stelle, wo es durch den Schlag eines Hagelkornes getödtet ist, sich nicht ausbildet, so dass die Beere relativ kleiner bleibt und die Samen ein Stück aus der Schale hervorbrechen.¹⁾

Der Schnee hat auf die Pflanzen nur dann einen schädlichen Einfluss, wenn er durch seine Masse mechanisch zerstörend wirkt, wie beim Schneebruch in den Forsten, besonders an Fichten und Tannen, wo durch die Last des Schnee- und Eisanhanges dem Baume die Aeste brechen oder er selbst im Gipfel oder tiefer am Stamme gebrochen wird, und wie bei den Lawinen. Letztere richten entweder eine radicale Verwüstung an, indem Waldstriche durch

¹⁾ Vergl. MOHR, Bot. Zeitg. 1872, pag. 130.

sie vollständig niedergemäht werden, oder sie bringen in engen Alpentälern, an Stellen, wo Schneestürze eine regelmässig wiederkehrende Erscheinung sind, eigenthümliche Wuchsverhältnisse hervor: nur jüngere, biegsame Hochstämmchen bleiben erhalten und stehen alle schief nach vorn, thalabwärts gebogen, im Gipfel gebrochen oder nur an der thalabwärts gekehrten Seite beästet, dazwischen Krüppelformen von Buchen und dergl., welche durch die Lawinen fortwährend verstümmelt, zu niederen dichtbuschigen Sträuchern geworden sind, ähnlich den künstlich verschnittenen oder durch Wild verbißenen.

B. Luftbewegungen.

Die Folgen heftigen Sturmes an den Bäumen sind entweder Windfall oder Windbruch. Ersterer bezeichnet das Umstürzen des ganzen Baumes unter theilweiser Lösung der Wurzeln aus dem Boden, letzterer das Brechen des Baumes in der Krone, oder in einzelnen Aesten oder tiefer am Stamme unter Stehenbleiben der Wurzeln und wenigstens des unteren Stammstücks. Die den Windfall verursachende Entwurzelung hängt sowohl von der Wurzelbildung des Baumes als auch von der Beschaffenheit des Bodens ab. Alle Bäume, welche keine tiefgehende Pfahlwurzel, sondern eine mehr in der oberen Bodenschicht entwickelte Bewurzelung haben, daher vor allen unsere Nadelbäume, unterliegen unter sonst gleichen Umständen dem Windfall viel leichter als die tiefwurzeligeren Laubbäume. Auch tritt derselbe um so eher ein, je weniger kräftig und gesund der Wurzelbau ist; darum werden auch die aus Stecklingen erzogenen Bäume leichter entwurzelt, weil sie nicht wie die Sämlinge eine normale Pfahlwurzel, sondern nur Seitenwurzeln erzeugen können. Die Beschaffenheit des Bodens kommt insofern in Betracht, als Bäume, die auf flachgründigem Gebirgsboden wegen des nahe anstehenden felsigen Untergrundes in einer sehr dünnen Bodenschicht ihre Wurzeln bilden müssen, vom Sturme viel leichter geworfen werden als die, welche sich auf tiefgründigem Boden bewurzeln konnten. Auch erhöht jeder leichte, lockere Boden (besonders Sand) die Gefahr des Windfalles im Verhältniss zu schwereren festeren Bodenarten. Windbruch tritt leichter ein an Bäumen, welche spröde, brüchige Aeste besitzen als an solchen, deren Aeste biegsamer sind; am leichtesten aber erliegen ihm hohle oder kernfaule Stämme und Aeste. Die Bruchstellen liegen bald an der Ursprungsstelle eines Astes, bald von derselben entfernt und stellen selbstverständlich keine glatten Flächen, sondern Zersplitterungen dar; bisweilen werden Streifen von Splint und Rinde von der Bruchstelle aus weit herab am Aste oder Stamme abgeschält, oder es kommt eine Zerspaltung des Astes oder Stammes zu Stande. Es handelt sich also hierbei meist um Wunden, welche am schwersten heilen und in der Folge oft zu Krankheiten oder zu Wundfäule (pag. 402) führen. Ueberdies werden durch Stürme an den Bäumen, besonders während der Wachstumsperiode, auch viele kleinere Theile abgebrochen, als Blüthen, Blätter und ganze beblätterte Zweiglein. Verwundungen von Blättern, wobei diese zwischen den Seitennerven eine Reihe von Löchern zeigen oder gänzlich fiederförmig eingerissen sind, ähnlich denen, die oben als Frostwirkungen angeführt wurden, werden von CASPARY¹⁾, der dies bei Rosskastanien, und von MAGNUS²⁾, der es an Rothbuchen bemerkte, als Folgen der Reibung der noch gefalteten jungen

¹⁾ Bot. Zeitg. 1869. No. 13.

²⁾ Verhandl. bot. Ver. d. Prov. Brandenb. XVIII. S. IX.

Blätter bei Sturm betrachtet. CASPARY will es nach Sturm, wobei kein Frost herrschte, beobachtet haben.

Die Folge des Windfalles und Windbruches ist je nach Umständen und je nach der Baum-species verschieden. Windfall hat den Tod zur Folge, sobald der Baum nicht mehr genügend im Boden bewurzelt ist, also die Wurzeln grösstentheils mit ausgehoben oder abgerissen sind. Wenn vom Sturm geworfene Fichten und Tannen noch einigermaassen mit den Wurzeln befestigt geblieben sind und ernährt werden können, so vegetiren sie unter eigenthümlichen Formen weiter. Ist der Baum in horizontaler Lage auf den Boden hingestreckt, so bekommen mehrere der an der zenithwärts gekehrten Seite des Stammes entspringenden ungefähr vertical stehenden Aeste die Fähigkeit unter kräftigerer Entwicklung senkrecht aufwärts fort zu wachsen, wie eine Hauptachse, und sich mit horizontal abstehenden Zweigen zu bekleiden, so dass auf dem gefallenem Stamme eine Reihe kleiner secundärer Bäumchen aufgewachsen ist, die dann gewöhnlich am Grunde Wurzel schlagen und selbständig werden können, wenn die sie trennenden Stücke des Hauptstammes trocken geworden sind. Dieselben Wuchsverhältnisse sah SCHÜBLER¹⁾ auch an einer umgestürzten Birke. Wenn Fichten, welche an schmalen Absätzen steiler Felswände gewachsen sind, geworfen werden, so hängen sie bisweilen kopfüber an der Felswand herunter, während der Gipfeltrieb durch Geotropismus in fast halbkreisförmiger Krümmung sich aufgerichtet hat und vertical nach oben weiter gewachsen ist.

Die Folgen des Windbruches sind im Allgemeinen schon oben im Kapitel von den Wunden angedeutet worden. Es ist dort die Rede davon, dass die Nadelhölzer den abgebrochenen Gipfel durch einen aufwärts wachsenden Seitentrieb zu ersetzen suchen, dass sie aber mit wenig Ausnahmen nicht die Fähigkeit besitzen, durch Adventivknospen unter den Wundstellen den Verlust älterer Aeste zu ersetzen, daher zu Grunde gehen, wenn ihnen der Sturm die ganze Krone abgebrochen hat, weil sie aus dem Stocke keine Ausschlüsse zu bilden vermögen, dass dagegen die Laubhölzer dadurch nicht getödtet werden, weil sie Stockausschlüsse machen. Die bedeutendste Einwirkung auf die Baumform haben die Stürme an der Baumgrenze in den Gebirgen und im hohen Norden, sowie an den Meeresküsten, weil bei den hier herrschenden heftigen Stürmen der Windbruch zu einem ständigen immer wiederkehrenden Ereigniss wird. An der Baumgrenze auf den Gebirgen können sich die Fichten, selbst die alten mit schenkelstarken Stämmen nicht über einen oder wenige Meter erheben: ihr Gipfel wird immer verbrochen, und fast alle sind hier gipfeldürr. Die Beästung ist vorwiegend einseitig, und zwar sind die Aeste aller Individuen nach einer und derselben Himmelsgegend gekehrt. In unseren norddeutschen Gebirgen, wie auf dem Brocken, auf den Kuppen des Erzgebirges und auf dem Kamme des Riesengebirges, ist das die östliche Richtung, weil hier die herrschenden Stürme aus Westen kommen und der Sturm nothwendig zur Folge hat, dass die ihm entgegen strebenden Aeste gebrochen werden, während er auf die an der entgegengesetzten Seite des Stammes befindlichen nur als Zug wirken und ihnen daher weniger schaden kann. Alle diese Krüppel sind vom Boden an beästet, und gerade diese untersten Aeste sind, weil sie in dem Heide- und Vacciniengestrüpp oder zwischen den umherliegenden Steinblöcken, im Winter unter dem Schnee den besten Schutz gegen Sturm finden, die längsten und wohlgebildetsten und gehen um den ganzen Stamm herum. An den exponirtesten Stellen im Gebirge verlieren die Fichten das ganze Stämmchen bis auf einen niedrigen Stock, der nie einen Gipfeltrieb aufbringt und an welchem nur ein oder ein paar nahe übereinanderstehende Astquirle dicht auf dem niederen Gestrüpp sich ausbreiten, so dass man bequem über diese Fichten hinwegschreiten kann. Im Riesengebirge fand ich über den Schneeegruben die letzten Versuche der Fichte in einer Gebirgshöhe, die schon weit über der Baumgrenze lag (bei ungefähr 4400 Fuss); sie bringt es hier nur zu liegenden Trieben, die sich auf dem Moose und über Steinblöcke hinbreiten. Ganz ähnliche Krüppelformen nimmt die Lärche an der Baumgrenze in den Nordländern an, wie aus den Beschreibungen in MIDDENDORFF's Sibirischen Reisen (pag. 601—606) hervorgeht. Derselbe unterscheidet ebenfalls kriechende Formen, die auf oder unter dem Moose leben und in dieser Form ebenfalls noch jenseits der Baumgrenze angetroffen wurden, und aufrechte, grade oder gebückte Formen, welche gipfeldürr und ast- und laubarm sind. Von den letzteren werden wieder verschiedene Gestalten beschrieben, unter denen die sonderbarsten die

¹⁾ Pflanzenwelt Norwegens, pag. 166 u. 184.

spalierbaumartigen sind, bei denen die Zweige, die zum Theil der ganzen Stammlänge gleichkommen, nach zwei Seiten hin stehen, an unsere Spalierbäume erinnernd, worin sich die herrschende Windrichtung ausspricht.

C. Blitzschlag.

Das Einschlagen des Blitzes in die Bäume stellt sich immer als eine grobe Verwundung dar, die aber in ihrer Form in den einzelnen Fällen verschieden ist. Diese Unterschiede glaubte COHN¹⁾, dem wir eine Zusammenstellung eigener und fremder Beobachtungen über diese Phänomene verdanken, nur aus der Intensität des Blitzstrahles und nicht aus der specifischen Natur des Baumes ableiten zu müssen. Neuerlich hat aber DANIEL COLLADON²⁾ eine Reihe von Beobachtungen mitgetheilt über Blitzschläge, welche im Thale des Genfer Sees hauptsächlich die italienischen Pappeln, Eichen, Ulmen, Birnbäume und Fichten betroffen hatten, aus denen unzweifelhaft hervorgeht, dass für die einzelnen Baumarten eine gewisse charakteristische Art besteht, wie sie vom Blitze verwundet werden, wiewol die Blitzschläge, welche ein und dieselbe Baumart betreffen, immer auch in den einzelnen Fällen mancherlei Unterschiede zeigen, die von der individuellen Natur des Baumes, von äusseren Verhältnissen und wol auch von der Natur der electrischen Entladung abhängig sein mögen. So bleibt bei der italienischen Pappel (*Populus pyramidalis*, Roz.) der ganze obere Theil der Krone unversehrt, und erst etwa in einer Höhe von 6 bis 8 Meter über dem Boden beginnt die am Stamme herablaufende Verwundung. Die Ulmen werden mehrere Meter unter dem unverletzt bleibenden Gipfel getroffen. Bei den Eichen aber schlägt der Blitz in die am meisten vorstehenden Aeste des Gipfels, bricht diese Aeste zum Theil und tödtet sie, und nahe unter den getroffenen Aesten beginnt die herablaufende Blitzspur. Letztere ist bei allen diesen Bäumen ein in senkrechter oder spiraliger Richtung laufender, bald schmalerer, bald breiterer Streifen, an welchem die Rinde abgerissen, der Splint entblösst oder wol auch zum Theil mit abgeschlagen ist. In der Mitte des Streifens befindet sich eine einige Millim. breite und mehrere Centim. tiefe Spalte. Bei den Eichen können diese Spalten zu einem Zerspalten des Stammes senkrecht zur Oberfläche führen, oder es werden die Jahresringe von einander getrennt, oder auch in beiden Richtungen tritt Spaltung des Holzes ein, so dass ein besenartiges Bündel vieler dünner Splitter entsteht. An den Rändern des Wundstreifens ist die Rinde in einer gewissen Breite vom Splint abgehoben; ja es kommt vor, dass die gesammte Rinde vom Stamme abgeschlagen und der Splint ringsum entblösst wird. Blitzschläge in Birnbäume sind in verschiedenen Formen beobachtet worden, von denen das eine Extrem war, dass der ganze Baum bis auf einige mit den Wurzeln in Verbindung stehende Splitter verschwand, das andere, dass nur einige abgelöste Rindestücken an Stamm und Aesten vorhanden waren. Die Blitzspur verläuft am Stamm bis in den Boden oder endigt wol auch schon oberhalb desselben. Der spiralige Verlauf derselben hängt mit dem schiefen Verlauf der Holzfasern zusammen. COHN (l. c.) nahm an, dass der Hauptstrom der Electricität durch die Cambiumschicht gehe und deren Wasser in Dampf verwandele, die Blitzspur nur die Stelle sei, wo die Rinde der Explosion den geringsten Widerstand leistet. CASPARY³⁾ und DANIEL COLLADON (l. c.) machen dagegen wol mit Recht geltend, dass die

¹⁾ Einwirkung des Blitzes auf Bäume. Denkschr. d. schles. Ges. f. vaterl. Cult. Bresl. 1853.

²⁾ Mém. de la soc. de Phys. et d'hist. nat. de Genève, 1872, pag. 511 ff.

³⁾ Schriften d. phys.-ökon. Ges. zu Königsberg, 1871, pag. 69. ff.

In Carl Winter's Universitäts-Buchhandlung in Heidelberg ist soeben erschienen:

Dr. N. J. C. Müller,

Professor an der Königl. Forstakademie zu Hannöv. Münden,

Handbuch der Botanik.

Erster Band.

Allgemeine Botanik.

Erster Theil.

Anatomie und Physiologie der Gewächse.

Mit 480 Abbildungen in Holzschnitt. Lex. 8. Eleg. brosch. 30 Mk.

Bei der Herausgabe dieses Handbuchs hat sich der Verfasser die Aufgabe gestellt, nach einheitlichem Plane das ganze Gebiet der Botanik in gedrängtem Zusammenhange gleichmässig zu behandeln. Das Werk zerfällt in zwei Abtheilungen, die allgemeine und die systematische Botanik. Der zweite Band, die Morphologie und Entwicklungslehre mit circa 250 Abbildungen in Holzschnitten erscheint im Jahre 1880. Die systematische Botanik, in ca. drei Bänden, wird später erscheinen. Jeder Theil ist einzeln käuflich.

Flora für Deutschland.

Herausgegeben von den Universitäts-Professoren von Schlechtendal, Langethal und Dr. Schenk. Fünfte Auflage. Revidirt, verbessert und nach den neuesten wissenschaftlichen Erfahrungen bereichert von Prof. Dr. Ernst Hallier in Jena.

I. billige Ausg. des seit 40 Jahren in 4. Aufl. erschienen. Werkes. Compl. in ca. 150 Lief. à 16—18 color. Kupfertaf. u. Text. Monatlich 3 bis 4 Lieferung. à nur Mk. 1. Probe-Lieferung auf Verlangen franco.

Verlag von Fr. Eug. Köhler, Gera-Untermhaus.

Achromatische Mikroskope

zu Vorlesungen (No. 17, für 8 Präparate, patentirt), Handmikroskope mit und ohne Beleuchtungslinse (für schärfere Vergrößerungen) und Mikrometereinstellung, Arbeitsmikroskope etc.; ferner sämmtliche Utensilien, Materialien und Nebenapparate für Mikroskopie. Allein-Debit von H. C. J. Duncker's mikroskop. Präparaten.

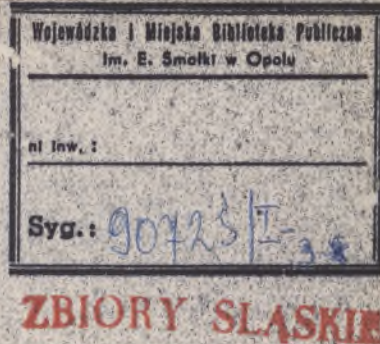
Illustriertes Preisverzeichniss franco gratis.

Berlin S., Prinzenstr. 56.

J. Klönne & G. Müller,
Werkstatt für Mikroskopie.

In J. U. KERN'S VERLAG (MAX MÜLLER) in
alle Buchhandlungen zu beziehen:

Kryptogamen von Schles



Im Namen der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur

herausgegeben von

Professor Dr. Ferd. Cohn.

Diese erste, das Gesamtgebiet der Kryptogamen umfassende, streng wissenschaftliche, deutsche Flora ist für alle Botaniker, auch ausserhalb Schlesiens, von hervorragender Wichtigkeit.

Erschienen ist:

Band I. **Gefäss-Kryptogamen**, von Dr. K. G. STENZEL, **Laub- und Lebermoose**, von K. G. LIMPRICH, **Characeen**, von Prof. Dr. ALEX. BRAUN. 1877. Preis 11 Mark.

Band II. 1. Hälfte. **Algen**, von Dr. O. KIRCHNER. 1878. Preis 7 Mark.

Band II. 2. Hälfte, **Flechten**, von B. STEIN. 1879. Preis 10 Mark.

Für 1880 in Aussicht genommen: Band III. **Pilze**, von Dr. J. SCHRÖTER.

Beiträge zur deutschen Kryptogamenflora.

Verlag von EDUARD TREWENDT in Breslau:

Koerber, Dr. G. W., **Systema Lichenum Germanicae.**

Die Flechten Deutschlands systematisch geordnet und charakteristisch beschrieben. Gr. 8. Mit colorirten Steindrucktafeln. Eleg. brosch. 16 Mk.

— — **Parerga lichenologica.** Ergänzungen zu
Systema Lichenum Germanicae. Gr. 8. Elegant broschirt
16 Mk.

Nitschke, Dr. Th., **Pyrenomycetes germanici.** Die Kernpilze Deutschlands. Gr. 8. Elegant brosch. Erster Band.
Lieferung 1 und 2 à Lieferung 5 Mk.

Durch alle Buchhandlungen zu beziehen.

Breslau. Eduard Trewendt's Buchdruckerei (Setzerinnenschule).