

Ueber

# Pflanzenphaenologie.

Von

DR. A. POKORNY.

Vortrag, gehalten am 20. April 1863.



Einer der jüngsten Sprosse an dem vielverzweigten Baum der Naturwissenschaft ist die Phaenologie. So nennt man seit Morren die Lehre von der Periodicität gewisser mit den Witterungsverhältnissen innig zusammenhängenden Erscheinungen an Pflanzen und Thieren. Zwar datiren sich die Anfänge dieser Wissenschaft schon aus dem vorigen Jahrhundert und knüpfen sich an die berühmten Namen von Réaumur und Linnée. Allein selbst von den vielseitigen Anregungen des grossen schwedischen Naturforschers zu Beobachtungen der hieher gehörigen Erscheinungen hat sich fast nur der mehr sinnige, als praktische Gedanke einer Blumenuhr im Gedächtniss der Nachwelt erhalten. Die neuere Phaenologie reicht kaum über die letzten drei Decennien und ist gegenwärtig in einer raschen Entwicklung begriffen. Trotz ihres verhältnissmässig kurzen Bestehens erfreut sie sich einer nicht unbedeutenden Popularität. Sie zählt in allen Theilen der Welt zerstreut, fleissige beobachtende Theilnehmer; viele Tagblätter öffnen ihre Spalten phänologischen Notizen und das Erscheinen der ersten Lerche, des ersten Maikäfers, das Hervorsprossen der Schneeglöckchen und Veilchen werden nebst ähnlichen, das Erwachen

der Natur im Frühling kennzeichnenden Erscheinungen mit einer gewissen Spannung erwartet und erregen nicht nur beim Naturforscher und Naturfreunde, sondern selbst in weiten Leserkreisen lebhaftes Interesse. Dessenungeachtet sind die Aufgaben und Leistungen der Phänologie noch wenig bekannt und selbst bei Männern der Wissenschaft haben phänologische Beobachtungen mit den Vorurtheilen zu kämpfen, welche der verwandten Meteorologie so lange hindernd im Wege standen, bis es hier gelang aus dem scheinbar gänzlich sterilen Material zahlloser Daten allgemeine Naturgesetze abzuleiten. Ein kurzer Ueberblick der Aufgaben, Methoden und Resultate der Pflanzenphänologie, soweit der enge Rahmen eines Vortrags sie geben kann, soll zur Verbreitung richtiger Ansichten über diesen Gegenstand beitragen helfen.

Die Aufgabe der Phytophänologie ist eine doppelte: sie hat gewisse periodische Erscheinungen an Pflanzen zu beobachten und dieselben zu erklären. Aus der grossen Reihe von Erscheinungen, welche die Entwicklung der Pflanzen darbietet, müssen zunächst jene, die einer präzisen Beobachtung fähig sind, als fixe Punkte (sogenannte Entwicklungsphasen oder Entwicklungsstadien) hervorgehoben werden. Der Eintritt dieser leicht und sicher zu bestimmenden Fixpunkte im Pflanzenleben ist sodann nach einer einheitlichen Methode an den verschiedenen Pflanzenarten in verschiedenen Jahren

und an verschiedenen Orten genau zu beobachten. Diese phänologischen Daten, verglichen mit den gleichzeitig anzustellenden meteorologischen Beobachtungen, liefern den Beweis eines Zusammenhanges zwischen den klimatischen Factoren und der Pflanzenentwicklung, wodurch letztere als Erscheinung auf ihren Grund zurückgeführt, also erklärt wird. Das Endziel der Phänologie geht also dahin, den Zusammenhang zwischen Klima und Pflanzenentwicklung zu ergründen; sie strebt daher nahezu dasselbe an, wie die sogenannte Pflanzenklimatologie, welche aus der factischen Vertheilung der Pflanzen auf der Erde ihre klimatischen Bedürfnisse, die in der Verschiedenheit der Vegetation nach Zonen und Höhenregionen einen so sprechenden Ausdruck erhalten, zu erkennen versucht. Allein während die Pflanzenklimatologie ein äusserst complicirtes und schwieriges Phänomen im Ganzen und auf einmal zu lösen versucht, vereinfacht sich die Phänologie ihre Aufgabe sehr dadurch, dass sie zunächst für einen Ort, ja oft nur für ein bestimmtes Individuum, einzelne klimatische Factoren der verschiedenen Entwicklungsphasen einer Pflanzenart zu bestimmen sucht. Sie geht dabei von der Ansicht aus, dass diese klimatischen Bedürfnisse als in der Natur einer Pflanzenart begründet, innerhalb gewisser bestimmbarer Grenzen constant sind, eine Annahme, die nicht nur theoretisch richtig ist, sondern auch in der Erfahrung ihre Bestätigung findet.

Die Entwicklung der Pflanzen, mit welcher die beobachtende Phänologie sich zu beschäftigen hat, erleidet in unserm Klima alljährlich eine Unterbrechung im Winter, welche Jahreszeit alle Pflanzen im Zustande des Winterschlafes ohne bemerkbare Lebensthätigkeit zubringen. Dieses Stadium der Ruhe wird durch die steigende Wärme im Frühlinge unterbrochen, und sogleich zeigen sich Spuren des erwachten Lebens im keimenden Samen, im aufsteigenden Saftstrom der Bäume, im Anschwellen und Entfalten der Knospen an allen ausdauernden Pflanzen. Wenn gleich oft noch Rückschläge erfolgen, so geht die Pflanzenentwicklung dennoch im Ganzen unaufhaltsam vor sich, eine stetig zusammenhängende Reihe von Wachstums- und Entwicklungserscheinungen bildend. Ist es nun überhaupt für den Beobachter schon schwierig, den Eintritt des Erwachens aus dem Winterschlaf präcis festzustellen, so ist es oft noch schwieriger, in der allmählig fortschreitenden Entwicklung bestimmte, leicht kenntliche Abschnitte zu fixiren, deren Eintritt sich scharf beobachten lässt. Und doch hängt von der Bestimmung solcher Fixpunkte in der Pflanzenentwicklung, die Vergleichbarkeit und Benützung verschiedener Beobachtungen ab. Die Phänologen haben sich daher viele Mühe gegeben, jene Entwicklungsphasen festzustellen, deren Eintritt sich am schärfsten beobachten lässt, und berücksichtigen diese bei ihren Beobachtungen allein. Obwohl die Ansichten über die Zahl und die For-

mulirung der Entwicklungsphasen noch immer ziemlich getheilt sind und dieselben auch unmöglich für alle Pflanzen gleichmässig angenommen werden können, so einigte man sich in neuester Zeit doch darin, nur sehr wenige solche Entwicklungsstadien anzunehmen. Von grosser Wichtigkeit war das Uebereinkommen, welches bei Gelegenheit der 32. Naturforscherversammlung in Wien (1856) erzielt wurde, indem die namhaftesten Phänologen Deutschlands und Oesterreichs nur 4 Entwicklungsphasen als Grundlage ihrer Beobachtungen wählten, und zunächst eine beschränkte Anzahl weitverbreiteter Pflanzen (33 Arten) für solche Beobachtungen empfahlen. In Oesterreich werden die Beobachtungen, welche die k. k. meteorologische Centralanstalt leitet, nach genauen, von Hrn C. Fritsch entworfenen Instructionen ausgeführt. Trotz Uebereinkommen und Instructionen sind die Beobachtungen verschiedener Beobachter an verschiedenen Orten, zur Stunde noch mit zahlreichen Beobachtungsfehlern behaftet und daher wenig vergleichbar. Die Quellen dieser Fehler liegen theils in der subjectiven Verlässlichkeit der Beobachter, theils in dem Umstand, dass der Eintritt phänologischer Erscheinungen, namentlich bei Beobachtungen im Freien leicht übersehen werden kann, zum Theil aber auch in der trotz der genauesten Instructionen unbestimmten Feststellung einzelner Entwicklungsphasen, daher haben bisher die wichtigsten und sichersten allgemeinen Resultate die Beobachtungen einzelner Phä-

nologen von Fach, wie Quetelet in Brüssel, Hoffmann in Giessen, Lachmann in Braunschweig, Göppert und Cohn in Breslau, und Fritsch in Prag und Wien geliefert.

Als beobachtenswerthe Entwicklungsphasen werden gegenwärtig allgemein angenommen: die erste Blüte und die erste reife Frucht bei allen Phanerogamen; bei Holzpflanzen noch der Eintritt der Belaubung und Entlaubung, bei einjährigen Pflanzen das erste Keimen.

Zu den am leichtesten und sichersten zu beobachtenden Phasen gehört die erste Blüte. Es ist dies meist eine sehr auffallende Erscheinung, an die sich oft noch das Interesse des Botanikers, des Landwirthes, des Blumisten und Naturfreundes knüpft und die daher nicht leicht übersehen wird. Bei vielen Pflanzen mit grossen schönen Blüten, wie z. B. bei Obstbäumen, an Rosen tritt die Entfaltung der Blumenkrone aus der schon längst vorbereiteten Knospe plötzlich ein und ist ein scharf begrenztes, sicher festzustellendes Stadium in der Entwicklung der Pflanze. Freilich gibt es zahlreiche Pflanzen mit unscheinbaren Blüten, wo die Entfaltung der ersten Blüte nicht so auffällig ist; in solchen Fällen gibt das Stäuben der Antheren oft einen sehr guten Anhaltspunkt.

Viel schwieriger ist der Eintritt der ersten Fruchtreife zu bestimmen. Gewöhnlich geschieht es wohl, dass die Pflanzenfrucht zur Zeit, wo die Samen



ihre Keimfähigkeit erhalten haben, also die Fruchtreife eintritt, abfällt, oder die Samen austreut. Allein das Abfallen der Früchte erfolgt oft viel früher durch Krankheit, Insektenstiche oder Elementarer Ereignisse veranlasst. Es sind daher je nach der Art sehr verschiedene äussere Kennzeichen, von der Entwicklung, Färbung, Consistenz und ähnlichen Eigenschaften hergenommen, die zur Charakteristik der Fruchtreife dienen.

Bei den Holzpflanzen ist die Laubentwicklung, die sich in der Belaubung und Entlaubung kund gibt, eine der hervorragendsten periodischen Erscheinungen. Als fixe Punkte für die Beobachtungen gelten hier das erste Sichtbarwerden der oberen Blattfläche im Frühling und die erste völlige Entlaubung einer Baumart im Herbst. Bei der Belaubung muss man sich hüten, die Niederblätter, welche die Knospe einhüllen und bald abfallen, mit den eigentlichen Laubblättern zu verwechseln. Die Entlaubung ist von einer charakteristischen Verfärbung des Blattes begleitet und tritt oft sehr unregelmässig ein. Bekanntlich gründet sich auf die Entlaubung die Eintheilung der Holzpflanzen in sommer- und wintergrüne. Der Unterschied ist kein scharfer; auch ist die Lebensdauer der Blätter bei den winter- oder immergrünen Pflanzen sehr ungleich. Die Blätter unserer Nadelhölzer werden mitunter 6—8 Jahre alt, bis sie allmählig oder ruckweise abfallen.

Bei einjährigen Pflanzen ist das erste Keimen d. h. das erste Sichtbarwerden des aus den Samen sich entwickelnden Keimes über der Erdoberfläche eine scharf begrenzte Entwicklungsphase, von deren Eintritt an die Wirkung der klimatischen Factoren sich datirt.

Hat man durch eine Reihe von Jahren an einem Ort den Eintritt der Entwicklungsphasen einer bestimmten Pflanzenart beobachtet, so lässt sich aus diesen Daten ein Mittel ziehen, dessen Genauigkeit mit der Zahl der Beobachtungsjahre wächst. Die Kenntniss dieses Normalmittels) eines bestimmten Tages) mit dem Maximum der Abweichung (in Tagen) gibt ganz genau die Epoche der Entwicklungsphase einer Pflanze für einen bestimmten Ort. So z. B. ist nach 100jährigen Aufzeichnungen der Weinlese in Mautern, wie Kerner mittheilt, das mittlere Datum ihres Eintritts (welches ziemlich mit dem Eintritt der Fruchtreife der Weinrebe zusammenfällt) der 6. October; da aber die Lesezeit in diesen 100 Jahren zwischen dem 9. September und 28. October, also zwischen 49 Tagen schwankt, so ist das Maximum der Abweichung  $\pm 24$  Tagen. Der 6. October  $\pm 24$  Tagen ist daher der Ausdruck für die Epoche der beginnenden Fruchtreife der Weinrebe in Mautern.

Ordnet man die phänologischen Normalmittel der Pflanzenarten einer Flora chronologisch, so erhält man einen Florenkalender für eine bestimmte Gegend, der ein getreues Bild der alljährlich sich

abwickelnden periodischen Erscheinungen des Pflanzenlebens und des wechselvollen Charakters einer Landschaft nach Jahreszeiten gibt. Betrachten wir z. B. in Kürze den Verlauf der Hauptentwicklungsphasen der Pflanzen, wie er sich in der Flora von Wien nach mehrjährigen sehr genauen Beobachtungen herausstellt.

Die Belaubung der Bäume und Sträucher erfolgt in Wien mit geringen Ausnahmen in der kurzen Zeit von 6 Wochen, zwischen dem 26. März und 5. Mai so zwar, dass die Zahl der sich belaubenden Arten bis 15. April regelmässig wächst und dann wieder regelmässig abnimmt. Nur wenige Arten belauben sich früher (zwischen 6.—26. März) oder später (zwischen 6.—25. Mai). Ausnahmsweise gibt es einige Arten, die schon im Winter oder gar im vorangehenden Herbst Blätter entwickeln, wie der schwarze Hollunder (normal am 17. Jänner), oder die tatarische Heckenkirsche (normal am 28. Februar in milden Wintern schon am 21. December sich belaubend). Den Schluss der Belaubung bilden bei uns die Föhren, die erst in der zweiten Hälfte des Mai's zur Laubentwicklung gelangen.

Die Entlaubung der Bäume und Sträucher tritt in Wien zwischen dem 25. September und 10. December, jedoch so ein, dass die grösste Zahl der entlaubten Arten zwischen den 1. und 15. November fällt. Zu den frühesten sich entlaubenden Hölzern gehören die Johannisbeeren, zu den spätesten Ulmen

Liguster und Lerchentannen. Eine nicht unbeträchtliche Zahl behält ihr Laub bis zum Eintritt des Winters, wo es erst durch starke Fröste getödtet, abfällt oder vertrocknend bis zum Frühling ausdauert. Solche Pflanzen bilden den Uebergang zu den immergrünen.

Besonders praktisch für den Botaniker sind die Blütenkalender. Während man sich früher begnügte, annähernd nach Monaten die Blüthezeit zu bestimmen, kann man gegenwärtig bei vielen Pflanzen den Tag angeben, an welchem sie bei uns normal zur ersten Blüthe gelangen. So stäuben z. B. die Kätzchen der Haselnuss bei uns normal am 14. Februar (mit einem mittlerem Fehler von 18 Tagen); das Schneeglöckchen blüht am 2. März (mit einem mittleren Fehler von 13 Tagen), während die Herbstzeitlose erst am 2. September (mit einem mittlern Fehler von 11 Tagen) ihre Blüthen entfaltet. Aber nicht nur das Normalmittel der ersten Blüthe ist bei verschiedenen Pflanzen ausserordentlich verschieden, auch andere Blütenverhältnisse sind sehr mannigfach. Manche Pflanzen blühen nur ganz kurze Zeit, andere, indem sie sehr ungleich zur Entwicklung gelangen oder sich mehrmal aussäen, fast das ganze Jahr; manche Individuen blühen im Herbst unter günstigen Umständen zum zweiten Male, und manche Pflanzen entwickeln ihre Blüthen je nach den Witterungsverhältnissen im Spätherbste oder im Frühling.

Ganz ähnlich lässt sich ein Pflanzenkalender nach der Fruchtreife zusammenstellen. Da jedoch diese Entwicklungsphase am schwierigsten zu bestimmen ist, so ergeben sich hier die grössten Abweichungen vom Normalmittel.

Es ist von jeher in der systematischen Botanik üblich, bei Beschreibung der einzelnen Pflanzenarten die Blütezeit, bisweilen auch die Zeit der Fruchtreife anzuführen, was freilich sehr unbestimmt nach Monaten und Jahreszeiten geschieht. Auf Grundlage phänologischer Beobachtungen gestalten sich solche Angaben so präciss, dass sie dadurch in die Reihe von Artmerkmalen eintreten und zur Unterscheidung nahe verwandter Arten benützt werden können. So haben 32jährige Beobachtungen hier in Wien gezeigt, dass die grossblättrige Linde (Wasserlinde, Sommerlinde) bei uns normal am 9. Juni blühe; diese Blütezeit tritt um 9 Tage früher ein, als bei der kleinblättrigen Linde (Steinlinde, Winterlinde) und um 22 Tage früher, als bei der Silberlinde. Man kann daher als einen wichtigen Artunterschied dieser 3 Linden anführen, dass (normal in Wien) die grossblättrige Linde am 9. Juni, die kleinblättrige am 18. Juni und die Silberlinde am 1. Juli zur Blüte gelangt.

Phänologische Beobachtungen derselben Pflanzen an verschiedenen Orten, zeigen meist einen bald grösseren, bald geringeren Zeitunterschied in der Entwicklung der Pflanze, der offenbar von der Lage

und von den klimatischen Verhältnissen der Orte abhängig ist. Abgesehen von diesen ursächlichen Momenten erfährt man durch diesen Zeitunterschied, bei zahlreichen Beobachtungen schon in einem Jahre, natürlich viel genauer nach mehrjährigen Mitteln, um wie viel die Pflanzenentwicklung eines Ortes der Vegetation eines andern Ortes im Allgemeinen vorausgeht oder nachfolgt. Sehr lehrreich sind in dieser Beziehung die Zusammenstellungen, welche Fritsch über die in den Jahren 1859 und 1860 im Kaiserthum Oesterreich angestellten phänologischen Beobachtungen veröffentlichte. Im Jahre 1859 gab es 62 phänologische Stationen in allen Theilen der österreichischen Monarchie zerstreut, von sehr verschiedener Lage und physischer Beschaffenheit. Vergleichen wir nun die Pflanzenentwicklung an den extremsten Stationen in den Monaten April, Mai und Juni mit der in Wien beobachteten, so ergeben sich folgende Differenzen: in der nördlichsten Station (Schössl in Böhmen) blühten die Pflanzen durchschnittlich 17 Tage später, in der südlichsten Station (Villa Carlotta am Comer See in der Lombardie) aber um 22 Tage früher als in Wien; in der tiefsten Station (Görz 222') blühten die Pflanzen durchschnittlich 16 Tage früher, in der höchsten (Gurgl, Ötztal in Tirol 5796') aber 51 Tage später, als in Wien. Annähernd berechnet sich hieraus mit Rücksicht auf Breite und Höhe ein Florenunterschied von

4.1 Tage für einen halben Breitengrad und von 1 Tag für je 94' Elevation.

Während die beobachtende Pflanzenphänologie sich mit der Feststellung von Entwicklungsphasen und mit der Beobachtung des Eintritts derselben beschäftigt, hieraus Normalmittel ableitet und diese zu Artmerkmalen, Florenkalendern und zur Berechnung von Florenunterschieden benützt, sucht die erklärende Pflanzenphänologie die beobachteten Entwicklungsphasen mit den vorausgegangenen Witterungsverhältnissen zu vergleichen und hieraus die klimatischen Bedürfnisse für jede Entwicklungsphase zu ermitteln.

Selbst dem oberflächlichsten Blick kann es nicht entgehen, dass Wärme, Feuchtigkeit und Licht jene drei Hauptfactoren sind, ohne die eine gedeihliche Entwicklung von Pflanzen unmöglich ist. Sonnenschein und Regen, ersterer als Quelle der Luftwärme und des Lichtes, gehören selbst nach den Anschauungen des gewöhnlichen Lebens zu den unentbehrlichen Bedingungen der Vegetation im Grossen. Aufgabe der Wissenschaft ist es, das zur Hervorbringung der Entwicklungsphasen bestimmter Pflanzen nothwendige Mass von Wärme, Licht und Feuchtigkeit zu bestimmen. Leider sind wir noch weit davon entfernt, dieses Mass, den sogenannten klimatischen Coëffizienten einer Pflanzenart vollständig zu ermitteln. Namentlich ist es noch immer ein frommer Wunsch die Intensität der Insolation mittelst eines entsprechenden Instrumentes zu messen. Ebenso ist

man über den Einfluss und das Mass der Feuchtigkeit nichts weniger, als im Reinen. Bloss von der Wärme, diesem Hauptfactor des Pflanzenlebens, ist es gelungen, die den Bedürfnissen einer jeden Pflanze entsprechende Menge mit befriedigender Genauigkeit zu ermitteln.

Anfänglich hielt man zur Erklärung des Wärmebedürfnisses einer Pflanzenart die Maxima und Minima der Temperatur für genügend, welche an einer sogenannten Polargrenze derselben stattfinden. So wie ein höherer Kältegrad viele Pflanzen tödtet und dadurch ihrem Vorkommen unüberwindliche Schranken setzt, so bedürfen die Pflanzen nach dieser Ansicht eines bestimmten Temperatur-Maximums zur Fruchtreife. Allein solche Temperaturextreme sind wohl von Einfluss auf das Gedeihen der Pflanzen, jedoch für sich zu unbestimmt, um als Ausdruck des Wärmebedürfnisses einer Pflanze gelten zu können. Der Oelbaum erfriert regelmässig in einer bald längern bald kürzern Periode an der Nordgrenze seiner Cultur, ohne dass diese dadurch unmöglich würde. Ebenso gibt es wildwachsende Pflanzen, die trotz der bisweilen sie tödtenden Ungunst des Klima's sich doch noch in einer Gegend erhalten. Ebenso sind wohl Temperatursmaxima zur Hervorbringung mancher Entwicklungsphasen, z. B. zum Oeffnen mancher Blüthen erforderlich. Doch hängt die Fruchtreife nicht von dem oft zufälligen Erreichen eines hohen Wärmegrades allein ab, da sie vielmehr als Wirkung einer



längeren Zeit andauernden höheren Wärme sich herausstellt.

Da Temperaturextreme zur Erklärung der Wärmebedürfnisse der Pflanzen nicht ausreichen, glaubte Humboldt in den mittleren Temperaturen des Jahres und der einzelnen Jahreszeiten das Maass desselben und dadurch den Grund der obern und Polargrenzen der Pflanzen gefunden zu haben. Aber auch diese Annahme ist im Allgemeinen nicht stichhältig, wie schon der Umstand zeigt, dass die Pflanzengrenzen gegen die Pole zu weder mit den Isothermen des Jahres, noch mit denen der einzelnen Jahreszeiten zusammenfallen.

Nicht mit Unrecht vergleicht Alphons De Candolle eine Pflanze mit einer Maschine, welche unter dem Einfluss der klimatischen Factoren (Wärme, Licht und Feuchtigkeit) eine bestimmte Arbeit ihre Entwicklung zu verrichten hat. Diese Arbeit ist eine constante; sie lässt sich beschleunigen oder verzögern, aber stets nur durch ein bestimmtes Maass von Kräften ausführen. Es wird daher auch von dem Hauptfactor dabei, der Wärme, ein bestimmtes Maass erforderlich sein, zu dessen richtiger Bestimmung aber nicht blos der Grad der Temperatur, sondern auch die Länge ihrer Einwirkung, die Zeit mitberücksichtigt werden muss. Erst das Product von Temperatur und Zeit ist der wahre Ausdruck der verwendeten Wärme, die eine bestimmte Wirkung, hier eine Entwicklungsphase hervorgebracht hat. Es

handelt sich hier also nicht so sehr um Temperaturgrade, als um Wärmemengen und die Aufgabe der Phänologie besteht darin, die zur Hervorbringung der Entwicklungsphase einer Pflanze nöthige Wärmemenge aufzufinden, und ihr einen passenden Ausdruck zu geben. Allgemein pflegt man diese Wärmemenge durch Summirung der mittleren Tagstemperaturen zu bestimmen. Doch herrschen über die Berechnung solcher Wärmesummen verschiedene Ansichten.

Zuerst ist der Zeitpunkt, von dem an die Tagesmittel zu summiren sind, streitig. Bei einjährigen Pflanzen kann man hierüber nicht im Zweifel sein; die Wärme fängt auf sie von dem Moment des Keimens zu wirken an und ist daher auch von dem Eintritt des Keimes an zu summiren. Bei den ausdauernden Pflanzen und Lignosen dauert der Winterschlaf nicht gleichmässig lang, so dass eine Pflanze früher, andere später Zeichen des erwachten Lebens gibt, die sich namentlich im Anschwellen und Strecken der Knospen, deren Schuppen dadurch lichte Zonen erhalten, äussern manche Phänologen (wie Quetelet, Babinet, Gasparin, De Candolle) nehmen daher für jede Pflanze eigene Ausgangspunkte (Nullpunkt) der Entwicklung an, von deren Eintritt erst die mittleren Tagestemperaturen summirt werden, während die Wärmemenge, die der Pflanze vor diesem Nullpunkt zukam, als unnütz weggelassen wird. Diese Nullpunkte liegen meist zwischen Tagsmitteln von  $+ 4$  bis  $+ 7^{\circ}$  R., bei mancher tiefer, bei an-

dem höher. So schwellen die Knospen des Apfelbaumes schon bei  $+ 2 \cdot 2^0$ , die der Weinrebe erst bei  $8 \cdot 5^0$  mittlere Tagstemperatur. — Manche Umstände sprechen jedoch gegen die Annahme solcher Nullpunkte. Sie sind oft nur schwer wahrzunehmen und unsicher zu fixiren; es ist ferner gewiss, dass der Saffttrieb, der doch auch als Zeichen des erwachten Lebens gelten muss, schon früher sich steigert, ehe die Knospen schwellen; dazu kommt, dass oft lange und wiederholte Unterbrechungen nach den ersten Lebenszeichen eintreten. Es scheint daher viel zweckmässiger, statt dieser problematischen Nullpunkte, einen fixen Zeitpunkt für alle ausdauernden Pflanzen zu wählen und von diesem an die über  $0^0$  sich erhebenden täglichen Temperaturmittel zu summiren, wenn gleich ein Theil der so berechneten Wärme für die Pflanze unbenützt verloren geht.

Aber auch für die Berechnung der Wärmesummen (thermische Constanten = C) wurden verschiedene Formeln aufgestellt.

Boussingault hält die einfache Summe der mittleren Tagstemperaturen ( $C = St$ ) für den genügenden Ausdruck der Wärmebedürfnisse einer Pflanze eine Ansicht, die bereits von Réaumur und Cotte ausgesprochen wurde, und gegenwärtig immer allgemeinen Anklang findet.

Quetelet glaubt, dass die Wärme nach Art der lebendigen Kräfte auf die Pflanzen einwirke, und dass daher ihr Einfluss nicht nach der einfachen

Summe, sondern nach der Summe der Quadrate der mittlern Tagstemperaturen abzuschätzen sei. Ueberdies geht er bei ausdauernden Pflanzen von eigens zu bestimmenden Nullpunkten der Entwicklung aus und addirt zu der so gefundenen Summe, noch eine Quadratsumme ( $S_2$ ), welche ihrer Wirkung nach der im vorigen Jahre bereits erreichten Entwicklung gleich kommt ( $C = S_2 + S t^2$ ).

De Gasparin multiplicirt die Zeit in Tagen ( $z$ ) mit dem Unterschied der während der Entwicklungszeit beobachteten mittleren Temperatur ( $t$ ) und der Anfangstemperatur ( $a$ ). ( $C = z (t-a)$ ).

Babinet multiplicirt das Quadrat der Zeit mit diesem Temperaturunterschied ( $C = z^2 (t-a)$ ).

Fritsch berechnet die Temperatursummen wie Boussingault, substituirt jedoch die Temperatur, beobachtet am nassen Thermometer (Psychrometer) ( $C = S t'$ ).

Zur Beurtheilung der Richtigkeit dieser Formeln so wie der ganzen Methode und Theorie von Wärmeconstanten gibt es ein untrügliches Prüfungsmittel. Ist eine gewisse Wärmemenge zur Hervorbringung der Entwicklungsphasen einer Pflanze in der That unentbehrlich, gibt es also thermische Constanten und ist unsere Berechnungsmethode die richtige, so müssen alle Beobachtungen derselben Pflanze in verschiedenen Jahren und an verschiedenen Orten berechnet, nahezu gleiche Resultate liefern. Man muss sich hier mit nahezu gleichen Resultaten begnügen, da absolut übereinstimmende bei der Menge von störenden Ein-

flüssen nicht zu erwarten sind. Doch lassen sich manche derselben eliminiren, wenn z. B. derselbe Beobachter ein Pflanzenindividuum durch mehrere Jahre beobachtet. Auf Grundlage solcher genauer Beobachtungen im botanischen Garten zu Wien, hat Fritsch den Werth obiger Formeln geprüft und gefunden, dass nur die Formeln von de Gasparin und Babinet extravagante Fehler geben, während die Berechnungen nach Quetelet, Fritsch und Boussingault viel kleinere, meist innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler von  $\pm 3$  Tagen eingeschlossene Fehler enthalten und daher hinreichend grosse Sicherheit gewähren. Vor Allem empfiehlt sich Boussingault's Formel zur Berechnung der Wärmeconstanten als die einfachste und mit den kleinsten Fehlern behaftete.

Nach dieser Methode hat Fritsch die thermischen Constanten der Laubentwicklung bei 218 Bäumen und Sträuchern, und die der ersten Blüten und Früchte bei 889 Pflanzenarten, theils Kräutern, theils Holzgewächsen berechnet. Die Sicherheit dieser Bestimmungen ist sehr befriedigend, da z. B. der wahrscheinliche Fehler der Blüthezeit bei 96 Prozent der beobachteten Pflanzen nur  $\pm 1-2$  Tage, und der wahrscheinliche Fehler der berechneten Constanten bei 97 Prozenten der beobachteten Pflanzen nur  $\pm 1-3$  Prozent der berechneten Summe ist.

In neuester Zeit hat Herr Prof. A. Tomaschek eine noch grössere Uebereinstimmung, als die Wärme-

summen darbieten, in der positiven Mitteltemperatur der Entwicklungszeit der Pflanzenphasen gefunden. Multiplicirt man diese Mitteltemperatur mit der Entwicklungszeit, so erhält man nahezu dieselbe Temperatursumme, wie bei der gewöhnlichen Berechnung der Constanten. So ergibt sich z. B. nach Tomasek für die Blüthe des Flieders eine tägliche Mitteltemperatur von  $4.5 \pm 0.1^{\circ}$  für den Zeitraum von 100 Tagen, was unter Voraussetzung einer gleichmässigen Vertheilung der Wärme einer Wärmesumme von  $450^{\circ} \pm 10^{\circ}$  entspricht, während die direct aus den täglichen Mitteltemperaturen abgeleitete Summe für den 6. Mai  $\pm 3$  Tagen, (an welchem Tage der Flieder in Wien zu blühen beginnt)  $424^{\circ} 1 \pm 20.3^{\circ}$  beträgt. Bei den Mitteltemperaturen hat man den Vortheil, kleinere Zahlen und Differenzen (die stärkste Differenz beträgt  $0.5^{\circ}$ ) und grösserer Uebereinstimmung in den einzelnen Jahren.

Dass constante Wärmemengen zur Hervorbringung der Entwicklungsphasen von Pflanzen erforderlich seien, lässt sich nicht nur aus Beobachtungen zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Orten berechnen, sondern es ergibt sich dies auch aus Versuchen. Bringt man Haselnusszweige mit unentwickelten Blütenkätzchen in ein gewöhnlich temperirtes Zimmer und lässt sie fortvegetiren, so beginnen sie genau zur Zeit zu stäuben, wo die zu ihrer Entwicklung nöthige Wärmemenge im Zimmer erreicht wird; diese Erscheinung tritt daher um so

früher ein, je grösser die Differenz zwischen der mittleren Zimmertemperatur und jener im Freien ist. Gärtner können bekanntlich Tage, ja Wochen lang die Entwicklung von Blüten beschleunigen oder verzögern, durch entsprechende Regelung der Temperatur des Raumes, in dem die Pflanzen sich befinden.

Die Ermittlung von Wärmeconstanten für die Pflanzenentwicklung ist die erste sichere Errungenschaft auf dem Gebiete der erklärenden Phänologie. Sie darf in ihrer Wichtigkeit, als ersten Schritt zur Messung der klimatischen Bedürfnisse der Pflanzen nicht unterschätzt werden. Mag auch in Beobachtung und Berechnung noch Manches zu verbessern sein, so steht doch schon jetzt als allgemein giltiges Naturgesetz fest, dass jede Pflanze zur Hervorbringung ihrer Entwicklungsphasen ein bestimmtes und bestimmbares Mass von Wärme bedarf. Dass dieses Resultat bereits erreicht ist, verdient volle Anerkennung, wenn man bedenkt, wie viele störende Einflüsse die Erkenntniss dieses Naturgesetzes erschweren und ein scheinbar regelloses Eintreffen der Erscheinungen hervorrufen können. Die Subjectivität des Beobachters, das Schwankende in der Fixirung der Entwicklungsphasen, die Verschiedenheit gleichartiger Pflanzen nach Individuen und Abarten, die mitunter, besonders bei Culturpflanzen sehr gross sein kann, der Einfluss des Standortes und der übrigen klimatischen Factoren — diess Alles sind schwer zu eliminirende und oft nur schwer zu beurtheilende

Störungen, welche in ihrer Gesamtwirkung berücksichtigt werden müssen, um sich nicht oberflächlich durch die Beobachtung mancher scheinbaren Ausnahme verleiten zu lassen, die Gesetzmässigkeit gut beobachteter phänologischer Erscheinungen selbst zu bezweifeln.

Die Kenntniss thermischer Constanten an Pflanzen gewähren eine Menge theoretisch und praktisch wichtiger Vortheile. Die systematische Botanik gewinnt eine neue Categorie von Merkmalen zur Unterscheidung der Arten. Aus Florenkalendern mit Wärmeconstanten, lässt sich in jedem laufenden Jahr täglich die Pflanzenentwicklung vorausbestimmen, wenn von Beginn des Jahres bis zu dem betreffenden Tag Temperaturbeobachtungen vorliegen. Obere und Polar Grenzen von Pflanzen erhalten, wie schon A. De Candolle nachweist, so fern sie rein klimatisch sind, durch Wärmesummen ihre befriedigendste Erklärung. Cultur- und Acclimatisirungsversuche von Pflanzen können mit einiger Aussicht auf Erfolg nur an Orten unternommen werden, wo die zu ihrer Entwicklung nöthige Wärmemenge regelmässig binnen der Vegetationsperiode erreicht wird. Umgekehrt zeigt das Vorkommen und die Entwicklung einer Pflanze, deren Wärmebedürfnisse bekannt sind, die thermischen Verhältnisse des Standortes an. Wenn krautartige Pflanzen in einer Gegend an verschiedenen Standorten zu sehr verschiedenen Zeiten zu blühen beginnen, so ist dies nicht etwa eine Ausnahme von



obigem Naturgesetz, sondern vielmehr der sprechendste Beweis, wie verschieden das Klima einer Gegend nach Standörtlichkeiten sein kann. Ein kurzer Zwischenraum trennt oft Localitäten, die in der Pflanzenentwicklung um Tage, ja selbst um Wochen differiren.

Diese und ähnliche Folgerungen, gleich wichtig für Theorie und Praxis, lassen sich aus den bisherigen Leistungen der Phänologie ableiten. Es reicht mir zur besonderen Befriedigung, hier auf die Verdienste unseres Vaterlandes im Gebiete phänologischer Forschungen hinweisen zu können. Oesterreich hat im letzten Decennium die umfangreichsten und wichtigsten Arbeiten auf diesem Gebiete geliefert. Man verdankt dieses Resultat vorzüglich den Bemühungen Eines Mannes, Herrn Karl Fritsch, Vicedirektor der k. k. meteorologischen Centralanstalt in Wien, der mit unermüdlicher Ausdauer seit 1828 zuerst in Prag, sodann in Wien höchst sorgfältige phänologische Beobachtungen anstellte, und gegenwärtig die nach seinen Instructionen und auf seine Anregung an zahlreichen Stationen des Kaiserstaates gemachten Beobachtungen leitet, und deren Ergebnisse in einer Reihe von Abhandlungen veröffentlichte. Möge die rege Theilnahme, welche die Phänologie in Oesterreich gefunden, noch lange fortwähren und gleich erfreuliche und ehrenvolle Früchte bringen!

---