

Ueber thermische Vegetations-Constanten.

Vortrag, gehalten in der wissenschaftlichen Sitzung der Senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft am 5. April 1879

von

Dr. Julius Ziegler.

Bei dem Ihnen letztthin über phänologische Beobachtungen Vorgetragenen blieb, mit Rücksicht auf Kürze und Klarheit, das Ursächliche der Erscheinungen absichtlich möglichst unberührt. Lassen Sie uns dieses heute einer näheren Betrachtung unterziehen! Nehmen wir die periodischen Vorgänge, wie Belaubung, Blühen, Fruchtreifen und so weiter, so erscheint es uns, beinahe als selbstverständlich, klar, dass abgesehen von der nöthigen Nahrung (Wasser, Kohlensäure, Stickstoff-Verbindungen, Schwefel-, Kiesel- und Phosphor-Säure, Kali, Magnesia, Kalk und andere Aschenbestandtheile) vor Allem die Wärme die Hauptbedingung der Thätigkeit sei, wie wir sagen, die *Arbeit leiste*.« Indem wir letzteren Ausdruck gebrauchen, sprechen wir nun aber zugleich aus, dass eine Vegetationsleistung in einem bestimmten (constanten) Verhältniss zum Wärmeverbrauch stehe. So liegt es denn nahe, darnach zu fragen, welches Maass von Wärme- beziehungsweise Kraft-Verbrauch für eine bestimmte Arbeitsleistung, etwa zur Reifung der Frucht von der Befruchtung der Blüthe aus gerechnet, oder zur Blüthenentfaltung einer schon ausgebildeten Knospe von der Winterruhe ab, unumgänglich nöthig sei. Sind wir auch nicht im geringsten im Zweifel, dass die angedeuteten Beziehungen thatsächlich bestehen, so vermögen wir doch leider keinen so einfachen Ausdruck hierfür zu finden, wie zum Beispiel für eine Dampfmaschine im Kohlenverbrauch,

wo Arbeitsleistung und Wärme-Einheiten sich genau bestimmen lassen. Die Pflanze ist eben keine Maschine, ebensowenig wie ein Thier es ist, dessen innere Kraftäusserungen noch weit entfernt sind, verstanden werden zu können.

Eine Pflanze bedarf, obwohl in vielen Fällen schon beim Schmelzpunkt des Eises Vegetationsthätigkeit stattfindet, andere und zwar höhere Temperaturen, um zu blühen, als um Blätter zu treiben oder zu keimen. *) Es ist daher nicht gleichgültig, auf welcher Entwicklungsstufe eine bestimmte Temperatur zur Wirkung kommt.

Betrachten wir andererseits die gegebenen natürlichen Temperaturverhältnisse, so bietet sich eine grosse Mannigfaltigkeit. Wir haben allenthalben im Verlaufe des Jahres kurze und lange, heitere und trübe Tage, Tage mit bald kürzer, bald länger anhaltender, niederer oder höherer Temperatur; wir haben schroffe Gegensätze zwischen Tag- und Nacht-Temperatur, zwischen Sommer- und Winter-Temperatur im Binnenland, im Gegensatz zum Küstenklima mit seinen durch das Wasser gemässigten Schwankungen; zunehmende Tageslänge in höheren Breiten zur Sommerzeit, ebenso auch bei zunehmender Seehöhe, welche selbst dagegen eine unmittelbare Wärmeabnahme bedingt; in der Polnähe schiefere Einfallen der Sonnenstrahlen, steileres nach dem Aequator hin, desgleichen bei, nach der Mittagsrichtung abgedachten Lagen. Auch die durch die Winde gebotene Wärme schwankt gleichfalls nach der Lage. Allzugrosse Feuchtigkeit drückt wegen der Wasserverdunstung die Wirkung der Wärme für die Vegetation herab und so kommt hierbei auch der Wechsel in der meteorischen Wasserzufuhr in Betracht. Nicht minder die zeitliche Beschaffenheit des Bodens, ob feucht oder trocken, ob gefroren, bewachsen, schneebedeckt oder nicht; sowie die physikalischen Eigenthümlichkeiten des Bodens, dessen Erwärmbarkeit abhängig ist von seiner Farbe, seinem Strahlungsvermögen, seiner Lockerheit, seinem Wasserhaltungsvermögen und der Wärmecapacität und -Leitungsfähigkeit seiner Bestandtheile.

Diese und andere, zum Theil schon in meinem letzten Vortrag berührten Verschiedenartigkeiten liessen manchen Forschern,

*) Sachs, Julius. Jahrbuch für wissenschaftliche Botanik. 1860, Bd. II.

wie Sachs, *) Köppen, **) Askenasy ***) und kürzlich noch Schaffer †) die Lösung der Frage überhaupt zweifelhaft erscheinen.

In der That sind die nach den früheren Verfahren erhaltenen Thermometerwerthe, selbst als nur empirischer und indirecter Ausdruck für die erforderliche Wärme, ganz unzulänglich.

Alexander von Humboldt beschränkte sich auch darauf, die Beziehungen der Mitteltemperaturen zum Vorkommen im Allgemeinen zu beleuchten.

Leopold von Buch nahm an, dass die Erreichung einer bestimmten Vegetationsstufe vom Eintritt einer bestimmten Mitteltemperatur abhängt.

Dove ††) wies die Abhängigkeit der voreiligen oder verspäteten Vegetation von den vorhergehenden günstigen oder ungünstigen Temperaturverhältnissen, an der Hand der von Eisenlohr veröffentlichten, in Karlsruhe von 1779—1830 angestellten Beobachtungen nach, ohne jedoch einen mathematischen Ausdruck dafür geben zu wollen.

Dies hatte dagegen schon Réaumur versucht und Cotte nahm dementsprechend vermuthungsweise eine bestimmte Summe von Temperaturgraden an, die erforderlich sei, damit eine Pflanze blühe.

Boussingault †††) glaubte diese in der Summe der Mitteltemperaturen während der Vegetationsperiode gefunden zu haben, welche letztere sich bei niederen Mitteltemperaturen verlängert, bei höheren entsprechend verkürzt.

*) Sachs, Julius. Geschichte der Botanik. 1875.

**) Köppen, Wladimir. Wärme und Pflanzenwachstum. Inauguraldissertation 1870 und Bulletin de la Société Impériale des Naturalistes de Moscou, 1870. Bd. XLIII, S. 41.

***) Askenasy, Eugen. Ueber die jährliche Periode der Knospen. Botanische Zeitung 1877. No. 50 b. 52.

†) Schaffer, Friedrich. Ueber die Abhängigkeit der Blütenentwicklung der Pflanzen von der Temperatur. Inauguraldissertation. Bern 1878.

††) Dove. Ueber den Zusammenhang der Temperaturveränderungen der Atmosphäre und der oberen Erdschichten mit der Entwicklung der Pflanzen. Verhandlungen der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften in Berlin. 1846. S. 16 b. 27.

†††) Boussingault. Traité d'économie rurale. Bd. II. S. 658.

Claepius, Regierungsadvocat aus Köthen, war nicht weit von dieser Auffassung entfernt. Sein wenig bekanntes, etwas gezwungenes Verfahren erörterte derselbe in einem am 19. December 1829 im Physikalischen Verein dahier gehaltenen Vortrag »über die genauere Bestimmung des Zeitunterschiedes, welcher durch verschiedene Temperaturen bei der Vegetationsentwicklung hervorgebracht wird. *) Die Berechnungen bezogen sich auf Beobachtungen des Aehrentreibens, der ersten Blüthe und der Ernte des Roggens und der ersten Süßkirschenblüthe in den Jahren 1824 bis 1828 und gingen darauf hinaus, nachzuweisen, wieviel Tage von einer gewissen höheren Mitteltemperatur zur Ausgleichung erforderlich wären, um zu dem gleichen Punkt zu gelangen, wenn die Vegetationsentwicklung gegen ein anderes Jahr zurückgeblieben war. Als Ausgangszeit wählte Claepius das Frühjahr, beziehungsweise den 1. März.

Quetelet **) änderte das Boussingault'sche Verfahren in der Art ab, dass er die Summen, willkürlicher Weise, aus den Quadraten der Mitteltemperaturen bildete. Eine wesentliche Verbesserung lag jedoch in der Verwendung bestimmter Pflanzen-Exemplare.

Fritsch ***) summirte dagegen vom 1. Januar, als der ungefährn Zeit tiefster Winterruhe beginnend, bis zur Eintrittszeit der verschiedenen Vegetationserscheinungen alle täglichen Mitteltemperaturen unter Ausschluss der Grade unter Null.

Tomascheck †) dividirte die auf diese Weise erhaltenen Summen durch die Zahl der verfloßenen Tage mit positiven Mitteltemperaturen.

*) Jahrbuch des Physikalischen Vereins in Frankfurt a. M. 1831. S. 91 b. 107.

**) Quetelet, A. Sur le climat de la Belgique. Chapitre IV. Phénomènes périodiques des plantes. Annales de l'Observatoire T. II. Bruxelles 1846.

***) Fritsch, Carl. Untersuchungen über das Gesetz des Einflusses der Lufttemperatur auf die Zeiten bestimmter Entwicklungsphasen der Pflanzen. Denkschriften der mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien, Bd. XV. 1858. S. 85 b. 180.

†) Tomascheck, A. Mitteltemperaturen als thermische Vegetationsconstanten. Verhandlungen des Naturforschenden Vereins in Brünn. 1875. Bd. XIV. S. 70 b. 81. Zeitschrift für Meteorologie Bd. XI. 1876. S. 81 b. 84.

De Candolle*) fing, im Uebrigen unter Beibehaltung des ursprünglichen Boussingault'schen Verfahrens, mit einem als »nützlich« bezeichneten Temperaturgrad zu zählen an, bei welchem und über welchem bis zu einer gewissen Höhe er eine entschiedene Vegetationsthätigkeit für eine Pflanze annahm — zum Beispiel für die Buche 5° C., für die Eiche 6° C. — und zählte bis zu dem Tage im Herbste fort, an welchem die Mitteltemperatur wieder auf den gleichen Stand herabgesunken war. Er beging jedoch hierbei, besonders in Anbetracht der Ungleichheit der Zahl der Tage, zunächst den Fehler, die als werthlos angesehene Temperaturhöhe nicht auch bei jeder höheren Tagestemperatur in Abzug zu bringen.

Linsser**) glaubte erwiesen zu haben, dass »die an zwei verschiedenen Orten den gleichen Vegetationsphasen zugehörigen Summen von (Mittel-) Temperaturen über Null den Summen aller (jährlichen) positiven (Mittel-) Temperaturen beider Orte proportional« seien und nahm an, dass dies auf der Anpassung der Pflanzen an das jeweilige Klima beruhe.

Trotz aller Bemühungen und mathematischen Wendungen kam aber keine rechte Uebereinstimmung zu Stande, wesshalb ich auch manches andere Hierhergehörige übergehe.

Was allen Verfahren bis dahin als gewichtiger Mangel anhaftete und erst von Hermann Hoffmann***) thatsächlich berücksichtigt wurde, ist, dass die Temperaturmessungen im Schatten

*) De Candolle, Alphonse. Géographie botanique raisonnée. Bd. I. 1855. — Sur la méthode des sommes de température appliquée aux phénomènes de la végétation. Archives des sciences physiques et naturelles. Bibliothèque universelle de Genève. 1875. Bd. LIII. S. 257 b. 280, Bd. LIV. S. 5 b. 47.

**) Linsser, Carl. Die periodischen Erscheinungen des Pflanzenlebens in ihrem Verhältniss zu den Wärmeerscheinungen. Mémoires de l'Académie impériale des sciences de St. Petersburg. VII^{me} Série. Tome XI. No. 7, 1867. — Erman's Archiv für die wissenschaftliche Kunde von Russland XXV, 4, 1867, S. 555 b. 619.

***) Hoffmann, Hermann. Das Problem der thermischen Vegetationconstanten. Hoyer's allgemeine Forst- und Jagdzeitung, December 1867. S. 457 b. 461. — Ueber thermische Vegetationsconstanten. Abhandlungen der Senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft Bd. VIII. 1872. S. 379 b. 405. — Zeitschrift für Meteorologie Bd. III. 1868. S. 93 b. 96, Bd. IV. 1869. S. 392 b. 393 und S. 553 b. 554, Bd. X. 1875. S. 250 b. 252.

geschahen, während die Pflanzen ihre Wärme nicht nur von der Luft übertragen, sondern mehr oder weniger unmittelbar von der Sonne selbst mitgetheilt erhalten und dabei, wie Askenasy *) gezeigt hat, ihre Temperatur, ohne dabei Schaden zu nehmen, beträchtlich (über 50° C.), erhöhen können; wogegen die Erwärmung der Luft nicht gleichen Schritt hält, indem die erwärmte fort und fort emporsteigt. H. Hoffmann stellte daher vergleichende Messungen an einem der Sonne ausgesetzten Thermometer an, welches in der nächsten Nähe der Beobachtungspflanzen aufgestellt war, und summirte vom Jahresanfang (1. Januar) an bis zur Eintrittszeit der verschiedenen Vegetationsstufen die täglichen Maximalstände über Null des besonnten Thermometrographen. Nur die täglich einmaligen höchsten Stände zu nehmen, erschien gerechtfertigt, da eine aus diesen hergestellte Curve einen nahezu vollkommen analogen Gang zeigte mit einer solchen, welche aus stündlichen Beobachtungen an dem besonnten Thermometer hervorgegangen war.

Ogleich das benutzte Instrument kein vollkommenes war, so waren die jährlich erhaltenen Ergebnisse, zumal mit den früher erzielten verglichen, von überraschender Uebereinstimmung. Nicht minder die auf gleiche Weise von mir **) seit 1869 in Frankfurt a. M. gewonnenen, auf welche ich noch zurückkommen werde.

Die Zahlenähnlichkeit — zum Beispiel 1168, 1159, 1182, 1158° R. für *Lonicera alpigena* in Giessen — ist wirklich so zufriedenstellend, dass man fragen muss, wie dies trotz der besprochenen entgegenstehenden Umstände möglich sei, zumal ein Vegetations-Beobachtungsfehler um einen einzigen Tag leicht einen Unterschied von über 30° mehr oder weniger bewirken kann.

Hier ist nun wohl zu bedenken:

1. dass, wenigstens in unseren gemässigten Klimaten und bei den Frühjahrserscheinungen die auftretenden höheren Temperaturen ***) nicht nur von den Pflanzen ertragen werden, sondern

*) Askenasy, Eugen. Ueber die Temperatur, welche Pflanzen im Sonnenlicht annehmen. Botanische Zeitung 1875 No. 27. S. 441 b. 444.

**) Abhandlungen der Senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft. Bd. VIII. 1872. S. 386 u. 388. — Ziegler, Julius. Beitrag zur Frage der thermischen Vegetations-Constanten. Jahresbericht der Senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft für 1873/74 S. 115 b. 123.

***) Die höchsten an meinen Instrumenten beobachteten Stände betragen 43°⁰ C. am 27. VII. 1872 und 39°⁵ R. am 18. und 19. VII. 1871.

auch zur mechanischen Arbeitsleistung Verwerthung finden; wenn gleich wohl ohne entsprechende Steigerung, selbst unter Abnahme der Wirkung jenseits einer gewissen Höhe;

2. dass relativ sehr niedere Temperaturen mit nur geringer Vegetationsleistung, gegenüber den höheren mit augenfälliger Wirkung, in den Summen zurücktreten und bei nicht sehr grossen Unterschieden in der Zahl der Tage immer einen nahezu gleichen Theil der Summe ausmachen;

3. dass die durch Winde zugeführte warme Luft, die Dauer der Erwärmung durch die Sonne nach Tageslänge und Bewölkung und die Durchstrahlbarkeit (Diathermanität) der Luft — welche erstere wiederum von der Dichtigkeit und dem Wassergehalt der letzteren abhängig ist, indem die zurückgehaltene Wärme (die Wärmeabsorption) mit diesen, rasch anwachsend, zunimmt — ebenso wie an der Grösse der den Pflanzen gebotenen Wärmemenge auch einen gewissen Antheil an der Höhe des vom Besonnungsthermometer angezeigten Temperaturgrades nehmen, wogegen der Wärmeverlust durch Rückstrahlung und Abgabe an die Luft die Temperaturgrade beider herabdrückt;

4. dass die Reihenfolge der Vegetationserscheinungen — soweit die geographische Verbreitung, entsprechend der den einzelnen Pflanzenarten innewohnenden oder mangelnden Anbequemungsfähigkeit keine Grenze zieht — eine in günstigster Weise der steigenden Temperatur des Sommers entsprechende ist, indem, wie schon gesagt, die anfänglichen Entwicklungsvorgänge ein weit geringeres Wärmebedürfniss haben, als die späteren.

Wofern wir uns nur an bereits in der Ruhezeit vorgebildet gewesene Organe halten, handelt es sich bei deren Entfaltung wesentlich nur um mechanische Wärmewirkung und Stoffumlagerung. Bei den meisten der beobachteten Erscheinungen tritt aber die Stoff-Neubildung (Assimilation) und Ansammlung von Baustoffen hinzu oder läuft nebenher so, dass wir auch den Einfluss des Lichtes mit in Rechnung ziehen müssen. Hier sind wir nun nicht besser daran, als bei den bezüglichen Wärmemessungen, vielmehr weit schlechter. Bleibt für Letztere immerhin noch ein Hoffnungsschimmer, wenigstens bei enger begrenzter Fragestellung einen unmittelbaren Ausdruck zu finden — hier in Wärmeeinheiten — so schwindet eine ähnliche Erwartung für das Licht vollends, da für jeden Theil seines Spectrums die chemische

Wirkung eine verschiedene, auch wieder im einzelnen Fall verschieden ist und ein Schluss von einer Lichtart auf die andere unzulässig erscheint. Da jedoch die erhaltenen Summen, wie gesagt, eine unleugbare Uebereinstimmung zeigen, und wenn sie dies auch weiterhin thun, so dürfen wir wohl annehmen, dass die täglichen Maximalangaben des Besonnungsthermometers ähnlich wie der Wärme-, so auch der ungefähr gleichlaufenden Lichtzufuhr, beziehungsweise dem Lichtverbrauch der Pflanzen im Grossen und Ganzen entsprechen.

Der vorwiegende Einfluss der Wärme tritt am reinsten hervor, wenn die Beobachtung zur Zeit der Winterruhe beginnt und bis zur Entfaltung eines schon vorgebildet gewesenen Theiles (Blatt, Blüthe) gerechnet wird; ein Vorgang, der sich unter gewissen Voraussetzungen mit abgeschnittenen Zweigen auch bei Lichtausschluss künstlich herbeiführen lässt und vom Wurzel- und Keimtreiben eines Samens — worüber Herr Dr. Eugen Askensky Ihnen von dieser Stelle seiner Zeit Mittheilung gemacht hat — nicht weit verschieden ist.

Die Wahl der Winterruhe und insbesondere des 1. Januar zum Ausgangspunkt der Berechnung ist übrigens nicht ohne Willkür und nur insofern ohne grosse Bedeutung, als einerseits die derzeitigen Temperaturgrade, andererseits die Vegetationsbewegungen nur geringe sind. Letztere sind aber thatsächlich vorhanden, wie die chemischen Umsetzungen der Vorrathsstoffe lange vor dem Knospenschieben und die Vorsprünge später abgeschnittener Zweige bei Treibversuchen bekunden. Winterblüthige Pflanzen, wie *Corylus Avellana*, der Haselnussstrauch, und *Daphne Mezereum*, der Seidelbast, eignen sich aus gleichem Grund vollends gar nicht zu dieser Zählungsweise, da sie zu allen Zeiten des Winters blühen können und es darum bisweilen zweimal in einem und demselben Jahre thun.

Der Mangel eines wahren Null- oder Ruhepunktes für die Vegetationsthätigkeit in der freien Natur hat mich daher bewogen, versuchsweise einen anderen Ausgangspunkt zu wählen, wofern der Zeitpunkt nur scharf zu bestimmen war. So vom Erscheinen der ersten Blüthe oder reifen Frucht in einem Jahre zählend bis wiederum zur gleichen Erscheinung im darauffolgenden und so fort, also von gleicher zu gleicher Vegetationsstufe, von einem Vegetationsjahre zum anderen. Dabei ist vorausgesetzt, dass von

der einen, schwer greifbaren, aber in der That bestehenden, anfänglichen Entwicklungsstufe (der ersten Anlage der Blätter und Blüten, der Befruchtung u. s. w.) bis zu der äusserlich wahrnehmbaren und zeitlich bestimmbar in thermisch-physiologischer Beziehung ein festes Verhältniss bestehe.

Nach meiner ursprünglichen Erwartung sollte sich mit dieser Berechnungsweise bei ein und demselben Instrumente für alle einzelnen Versuchspflanzen und beobachteten Entwicklungsstufen alljährlich nahezu die gleiche Summe ergeben, welche der mittleren Summe vieler Jahre entsprechen, von jener des einzelnen Kalenderjahres dagegen bedeutend abweichen könnte.

Das Ergebniss meiner zum Theil jetzt elfjährigen Beobachtungen und Berechnungen, welche ich Ihnen vorlege, ist nun ein anderes. Zeigen auch ganze Reihen trotz der Verschiedenartigkeit der Pflanzenarten und -Individuen die überraschendsten Summen-Uebereinstimmungen, ist auch der Gesamteindruck des Erbrachten ein bis zu einem gewissen Grade befriedigender — zumal in Anbetracht dessen, dass hier immer zwei Vegetationsbeobachtungen und eine weit grössere Zahl von Thermometerständen, als bei der Zählungsweise vom 1. Januar an, in Rechnung kommen und ihre Fehler geltend machen, — so fällt doch sofort ins Auge, dass innerhalb mancher Zeitspannen übereinstimmend weit niederere, andererseits weit höhere Summen auftreten, aber nicht plötzlich, sondern in der Aufeinanderfolge der Erscheinungen allmählig zu- und abnehmend, ähnlich wie auch bei den nur aus je zwölf Monaten gebildeten Summenreihen.

Dies beruht offenbar darauf, dass bei der Zählung von einem zum andern Vegetationsjahr, einerseits die Gesamtmenge dargebotener Wärme und Lichts und die Gesamtleistung der Pflanze herangezogen werden, was immer innerhalb dieses Zeitraumes neben der phänologischen Leistung stattgefunden haben mag; andererseits über das Bedürfniss hohe Temperaturen in die Summen kommen und zwar ebenso auch in die bei Zählung vom 1. Januar an erhaltenen. Als die normalen Summen, oder doch solchen am nächsten kommende, werden darnach für beide Zählungsweisen die niedersten erhaltenen angesehen werden müssen. Die Minimalsummen stellen also die wahren Wärmeconstanten — wenn wir sie noch so nennen wollen — dar. Offenbar sind diese Werthe zugleich auch diejenigen, welche nach den

kälteren Gebieten zu, neben anderen Ursachen dem Vorkommen einer Pflanze eine Grenze ziehen, werden also vermuthlich auch da erhalten werden, wo ausnahmsweise günstige Lagen, etwa solche mit Rückstrahlung von Wasserspiegeln (wie bei unserem Main-Nizza) ein Gedeihen von auf höhere Temperaturen angewiesenen Gewächsen heisser Zonen ermöglichen.

Um eine sichere Grundlage zur Beurtheilung der durch kühleres Klima bedingten Verhältnisse zu gewinnen, habe ich in Anbetracht der schon erwähnten, gegen Frankfurt im Mittel 5 bis 6 Tage zurückbleibenden Vegetationsentfaltung in Giessen, seit Anfang 1875 gemeinschaftlich mit Prof. Hermann Hoffmann Beobachtungen in genau gleichem Sinne angestellt. *) Hierzu wurden zwei mit einander verglichene, nach meinen Angaben von Dr. H. Geissler in Bonn neu angefertigte Sonnenthermometer übereinstimmend und zwar in nächster Nähe der Versuchspflanzen aufgestellt. Letztere waren ausschliesslich durch Stocktheilung oder Stecklinge bestimmter Exemplare erhalten und folgende dazu erwählt: *Aster Amellus*, *Atropa Belladonna*, *Berberis vulgaris*, *Corylus Avellana*, *Prenanthes purpurea*, *Ribes rubrum*, *Salix daphnoides*, *Sambucus nigra*, *Syringa vulgaris* und *Vitis vinifera*. Durch gegenseitigen Austausch dieser Pflanzen sollte Abweichungen in Folge von Einzelunterschieden begegnet werden. Für *Ribes rubrum* wurde an beiden Orten überdies die gleiche Erde genommen, damit auch die mineralische Nahrung sowie die Erwärmbarkeit des Bodens übereinstimmten, während die Wasserzufuhr und die Exposition ungefähr als gleich angenommen werden durften.

Der schöne Erfolg, welchen die anfänglichen Beobachtungen versprochen, ist jedoch zu meinem grössten Bedauern, an unerwarteten, nicht in der Sache selbst liegenden Hindernissen gescheitert; hoffentlich nur vorerst und ohne Andere von der Nachlieferung abzuschrecken.

Aber auch ohne diese Beobachtungen vermag uns schon die heute wiederum aufgehängene Tafel der mittleren Vegetationszeiten in Frankfurt u. s. w. wohl zu belehren, dass der Trompetenbaum (*Catalpa syringaeifolia*), dessen Samen schon hier nicht

*) Hoffmann, Hermann. Thermische Vegetationsconstanten 1875. Zeitschrift für Meteorologie Bd. X. 1875. S. 250 b. 252.

mehr zeitigen, die Kastanie (*Castanea vesca*), welche in unserer Nähe noch herrlich gedeiht, in Giessen nur kümmerlich, und die Weinrebe (*Vitis vinifera*), welche zuweilen selbst hier nicht mehr zur vollkommenen Reife gelangt, als Fremdlinge aus wärmerem Lande sich in Frankfurt wenigstens noch etwas heimischer fühlen, als in Giessen. Dort kann zum Beispiel die niederste Wärmesumme zur rechtzeitigen Entfaltung der ersten Blüthe alt-eingebürgerter Pflanzen in mässigen Gaben bereits erreicht sein, ohne dass den grösseren Ansprüchen der Fremdlinge Genüge geschehen wäre, was in Frankfurt indessen vielleicht eintrat unter Verschwendung eines kleinen Temperaturüberschusses an die Anderen. — Hierin liegt wohl überhaupt die häufigste und wesentlichste Ursache für die öfters ungleiche Reihenfolge der Erscheinungen bei verschiedenen Pflanzen in verschiedenen Gegenden. Aehnlich verhält es sich an einem und demselben Orte in verschiedenen Jahren. Das eine Mal ist die, eine höhere Temperatur beanspruchende Pflanze *A* vor einer anspruchsloseren *B* voraus, da Letztere zu der betreffenden Vegetationsleistung von der ihr in höheren Temperaturgraden gebotenen Wärme keinen entsprechenden Gebrauch zu machen weiss, während sie ein anderes Mal bei niederen Temperaturen, welche für *A* noch unzureichend waren, schon ihr Ziel erreicht haben kann.

Im Gegensatz zu dem eben betrachteten Verhalten des Trompetenbaums, der zahmen Kastanie und der Weinrebe steht dasjenige von *Colchicum autumnale*, der Herbstzeitlose. Dieselbe blüht in Giessen durchschnittlich viel früher als in Frankfurt und, wie es scheint, in kühleren Spätsommern allgemein früher, als in wärmeren. Ohne Zweifel bedarf diese Pflanze zur Anlage ihrer Blüthe unter der Erde der sommerlichen Wärme und an manchen Orten, zum Beispiel Gurgl in den Oetzthaler Alpen, wo die Blüthezeit in den Frühling fällt, reicht die Wärmezufuhr gerade noch aus um vor Wintersonfang die Blüthenanlage zu vollenden. Dagegen sind höhere Temperaturen nicht dazu geeignet die äusserst zarte Blüthe zu treiben und zu entfalten, am wenigsten wenn sie von Trockniss begleitet sind; andererseits können verhältnissmässig niedere Wärmegrade noch wirksam sein, wie Craşan's *) Versuche beweisen.

*) Craşan, Franz. Beiträge zur Kenntniss des Wachsthum's der Pflanzen. Sitzungsberichte der mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Jahrg. 1873. Bd. LXVII. Abth. I. S. 143 b. 188 u. S. 252 b. 274.

Bezüglich des in höheren Breiten durchschnittlich, so auch in Giessen gegen Frankfurt früheren Eintretens der Laubverfärbung und des Laubfalls haben wir vorläufig nur den Ausweg, sie als auf der Accommodation der Pflanzen beruhend anzunehmen; abgesehen davon, dass das Fallen des Laubes sehr häufig durch den ersten Frost oder Reif erzwungen wird.

Kehren wir zurück zu unseren »niedersten Summen«, so wirft sich die Frage auf, was im anderen Falle das Anwachsen der Summen, auch der entsprechenden bei der Zählung vom 1. Januar an, zu bedeuten hat. Sehen wir von gelegentlichen, unzweifelhaften Schädigungen der mannigfaltigsten Art durch übermässige Hitze, zumal bei gleichzeitiger Trockniss, ab, so dürfen wir wohl annehmen, dass die über die zur Erreichung der betreffenden Entwicklungsstufe noch nützliche Temperaturhöhe und über die Normalsumme hinaus gebotene Wärme- und Lichtmenge, neben der phänologischen Wirkung eine weitergehende Arbeit leiste, wie ich es schon früher angedeutet habe*). Diese kann darin bestehen, dass im Allgemeinen eine grössere Menge von Stoffen verarbeitet, die Erzeugnisse zum Bau verwandt werden oder zur Aufspeicherung gelangen, mit anderen Worten, mehr Holz, grössere Früchte, mehr Laub entwickelt, mehr Blatt- und Blütenknospen angelegt werden, mehr Stärkemehl u. s. w. in die Zellen gelangt. Oder sie besteht darin, dass die Güte der Erzeugnisse gesteigert wird, dass das Holz, die Früchte u. s. w. frühzeitig, vor Frosteintritt, zur vollen Reife kommen, sich in ihnen die Stoffe derart umlagern, dass sie in unseren Augen an Werth gewinnen, das Holz an Festigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Frost, Früchte an Süsse, an Duft und Wohlgeschmack. Ob das Eine oder das Andere eintritt, das hängt offenbar davon ab, zu welcher Entwicklungszeit und in welchem Maasse der Wärmeüberschuss gespendet wird. Dies zeigt sich deutlich bei der Laubverfärbung, für welche durch die Beobachtungen und Berechnungen von Hermann Hoffmann und mir**) nachgewiesen worden ist, dass dieselbe durch sonniges Herbstwetter beschleunigt, durch trübes verzögert wird. Die nach-

*) Ziegler, Julius. Beitrag zur Frage der thermischen Vegetations-Constanten. Jahresbericht der Senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft 1873/74. S. 123.

**) Hoffmann, Hermann. Ueber Blattverfärbung. Centralblatt für das gesammte Forstwesen. Wien, 1878. Jahrg. IV. No. 7.

herige Vegetationsthätigkeit wird hiervon entschieden beeinflusst werden können. Nehmen wir die Weinrebe als Beispiel, so ist der Farbenwechsel des Laubes begleitet von der Ablieferung wesentlicher Bestandtheile an das Holz wie an die Beeren. Ihm folgt bald der normale Laubfall und weiterer Sonnenschein trifft unmittelbar die freigelegten Trauben, deren Säuregehalt sich mindert, deren Zuckergehalt zunimmt, und ermöglicht die Bildung derjenigen Stoffe, die nach der Vergärung erst zur rechten Geltung kommen.

Ich erwähne dies vornehmlich auch um darauf hinzudeuten, wie wichtig die Ergründung der Wärme- und Lichtbedürfnisse der Pflanzen ganz besonders zur Nutzenanwendung ist und wie wenig geeignet es erscheint, Bestrebungen in dieser Richtung aus theoretischen Bedenken von der Hand zu weisen. Damit kommen wir nicht weiter. Weiter kommen wir durch geduldiges, um den Erfolg unbekümmertes, gewissenhaftes Weiterbeobachten mit offenen Augen für alle Thatsachen und Irrthümer und durch möglichste Beseitigung der Fehler. Langen wir einmal oben an, so werden wir uns freilich vielleicht sagen müssen, dass wir den richtigen oder den kürzesten Weg nicht eingeschlagen haben; vielleicht haben wir aber dabei an Ueberblick und Einblicken gewonnen, mehr gelernt! —

So möchte auch ich unverdrossen weiter an die Arbeit gehen in der Hoffnung, gelegentlich abermals etliche Schritte vorwärts zu kommen.

Lassen Sie mich daher zum Schluss noch einige Worte über meine Beobachtungen, Beobachtungspflanzen und Instrumente sagen!

Nach längeren Versuchen, welche anderweitige Apparate entweder nicht geeignet, oder vorerst wenigstens nicht erforderlich erscheinen liessen, wurde vor Beginn des Jahres 1875 das obenerwähnte, von Dr. H. Geissler in Bonn nach meinen Angaben besonders zu dem vorliegenden Zwecke verfertigte Thermometer (No. 4) aufgestellt, welches dem obersten, längeren, der vor Ihnen stehenden genau gleicht. Dasselbe hat sich nach meinen bisherigen Erfahrungen recht gut bewährt; denn es zeigen die den Vegetationszeiten entsprechenden Summen der Maxima bei diesem mehr Uebereinstimmung, als bei den anderen Instrumenten. Sein Gefäss 258.6 Gramm reinen Quecksilbers enthaltend, ist aus farblosem, möglichst gleichmässig-dickem Glase, nahezu kugel-

förmig und freistehend der Sonne, beziehungsweise dem Süden, so zugewandt, dass zu allen Tageszeiten eine gleich grosse Fläche den Strahlen ausgesetzt ist. Während eine kurz vorübergehende Besonnung, deren Wirkung auf die Pflanzen nur eine geringe sein kann, in Anbetracht der verhältnissmässig grossen Masse des Quecksilbers auch nur eine geringe Erwärmung des Instrumentes hervorbringt, die sich bei der, eine sichere Ablesung von Zehntelsgraden gestattenden Theilung jedoch immer deutlich anzeigt, ist erst eine längere oder beträchtlich starke Besonnung im Stande, die gleiche Temperaturerhöhung wie an einem kleinen Thermometer zu bewirken.

Soweit stimmt die Einrichtung mit derjenigen des anderen grösseren Thermometers (No. 3) überein, welches nach Art des Hick'schen Thermographen angefertigt wurde, von welchem der Sicherheit halber ein Exemplar (No. 2) noch heute neben dem ersteren im Gebrauch ist. Leider hat sich das vergrösserte Hick'sche Instrument nicht bewährt, indem die grössere Röhrenweite den Reibungswiderstand so sehr verringerte, dass schon kleine Erschütterungen die Lage des Quecksilberfadens zu verändern vermochten. Der Maximalstand des Geissler'schen Thermographen wird dagegen durch ein in der wagrechten Skalenröhre liegenbleibendes Glasstäbchen bezeichnet, welches durch ein kleineres an dem Quecksilber leicht anhaftendes von diesem getrennt ist. Sollte durch einen unglücklichen Zufall sich Quecksilber vorbeischieben, so sind die Stäbchen bei der grossen Weitung der Röhre und einer am Ende angebrachten grösseren Erweiterung ohne Schwierigkeit wieder in Ordnung zu bringen, was bei anderen Stäbchen-Thermographen fast nie gelingt und bei dem vorgelegten anfänglich benutzten vollkommen zur Unmöglichkeit wurde.

Die beiden zur Zeit benutzten Instrumente sind 1.5 Meter über der Erde in nächster Nähe der genau gekennzeichneten Beobachtungspflanzen aufgestellt. Letztere geniessen eine gleichmässige gute Pflege, sowohl in der Sorge für ihre Nahrung u. s. w., als auch im Schutze gegen ihre Feinde.

Im Ganzen sind es, da zu den im Jahresbericht für 1873/74 aufgeführten mittlerweile noch einige (nämlich: *Atropa Belladonna*, die Tollkirsche, *Aster Amellus*, die Sternblume, *Prenanthes purpurea*, der Hasenlattich und *Salix daphnoides*, die Schimmelweide) hinzugekommen sind, jetzt 27 Pflanzenarten, von welchen

die erste offene Blüthe und 9 davon (darunter *Atropa Belladonna*), deren erste reife Frucht beobachtet wird. Einzelne Versuchspflanzen, einschliesslich der Beete, sind 60 vorhanden, indem für die meisten Arten mehrere Vertreter da sind. Wollte ich jeder derselben für die erste Blüthe, sowie für die erste Frucht eine einzelne Tabelle einräumen, so würden es, mit Hinzunahme einiger allgemeiner Beobachtungen deren 117 sein. Weder diese noch die mitgebrachten Haupttabellen möchte ich Ihnen übrigens zumuthen jetzt durchzusehen, am allerwenigsten aber Ihnen ermüdende Zahlenreihen vorlesen. Es wird wohl zur Bekräftigung meiner Darlegung genügen einige Blätter*) herauszugreifen, denen ich noch die Zusammenstellung der (berichtigten) Thermometer-Beobachtungen an den zwei Instrumenten für das Jahr 1878, beispielshalber, zugebe, mit der Bitte, dieselben, ebenso wie die aufgelegten Bücher und Schriften in Augenschein zu nehmen.

Kurz nachdem der obenstehende Vortrag gehalten worden war, erhielt ich Kenntniss von einer am 30. März erschienenen, höchst beachtenswerthen Abhandlung des Herrn Prof. Dr. **A. J. von Oettingen**: Phänologie der Dorpater Lignosen, ein Beitrag zur Kritik phänologischer Beobachtungs- und Berechnungsmethoden. Dorpat 1879. Druck von Heinrich Laakmann. Näher auf diese Arbeit hier einzugehen gestattet der Raum leider nicht, doch möge wenigstens das Hauptergebniss derselben kurz angedeutet werden.

von Oettingen unternahm es, auf Grund der in Dorpat von 1869 bis 1875 angestellten pflanzenphänologischen und der dortigen meteorologischen Beobachtungen, die untere Grenze der nützlichen Temperaturen (vergl. oben S. 107 bez. A. de Candolle!), die »Schwelle«, wie er sie nennt, für eine grössere Anzahl von Gewächsen festzustellen. Er gelangte hierzu, indem er unter Berücksichtigung des wahrscheinlichen Fehlers, die Wärmesummen, von der Winterruhe an, für verschiedene Pflanzen und Vegetationsstufen und für verschiedene Ausgangstemperaturen (von 0 anfangend bis 10° C.) berechnete, und allemal diejenige ermittelte, bei welcher sich die grösste Uebereinstimmung der entsprechenden Summen von Jahr zu Jahr ergab. Die gefundenen Schwellenwerthe haben in der That eine grosse Wahrscheinlichkeit.

*) Nachstehend sind auf Seite 118 bis 121 neun derselben vervollständig abgedruckt. Eine ausgedehntere Veröffentlichung ist erst für eine spätere Gelegenheit in Aussicht genommen.

Ich hoffe bei nächster Gelegenheit wieder auf dieses Buch zurückzukommen und das Verfahren von Oettingen's an meinen phänologischen Beobachtungen, sowohl bezüglich der Mitteltemperaturen, als auch der Besonnungsmaxima zu erproben. Ferner gedenke ich den, nach meiner Meinung nicht aussichtslosen Versuch zu machen, darnach auch die oberen Grenzen (Schwellen) der in phänologischem Sinne nützlichen Temperaturgrade annäherungsweise zu bestimmen, und zwar durch fortgesetzte Herabminderung der höchsten an der Sonne erhaltenen Maximalstände bis zum Gleichwerden der höheren Summen mit den entsprechenden niedersten (vergl. oben S. 111).

Beobachtungen über die Abhängigkeit der Vegetationszeiten von der Besonnung,

angestellt in Frankfurt am Main von Dr. Julius Ziegler, während der
Jahre 1869 bis 1879.

A n m e r k u n g e n.

Die dem Namen beigefügte Zahl bedeutet die laufende Nummer der Versuchspflanze, die in () daneben stehende die Bezeichnung derselben im Garten (Feldstrasse 8).

Beim Summiren der Sonnenmaxima wurde das am Tag des Eintritts einer Phase beobachtete Maximum nicht mitgezählt, wofern letztere nicht erst gegen Abend eintrat und die Wärme des Tages als wesentlich mitwirkend angesehen werden musste; die Vegetationsbeobachtung ist in diesem Fall, der Gleichförmigkeit halber, auf den folgenden Tag eingetragen. Die eingeklammerten Angaben sind nur annähernd genau.

Die Thermometerstände sind, mit Ausnahme derjenigen vor dem 21. II. 1870, berichtigt.

Am 21. II. 1870 trat an die Stelle der bis dahin benutzten das Maximumthermometer °R. No. 1. Am 16. III. 1871 kam das Maximumthermometer °R. No. 2 für No. 1 und am 1. VI. 1871 das Maximumthermometer °C. No. 3 in Gebrauch. Das Maximumthermometer °C. No. 4 wurde am Nachmittag des 31. XII. 1874 an die Stelle von No. 3 gesetzt. Den mit den älteren Instrumenten erhaltenen Summen ist ein * beigefügt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Bericht über die Senckenbergische naturforschende Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1879

Band/Volume: [1879](#)

Autor(en)/Author(s): Ziegler Julius

Artikel/Article: [Ueber thermische Vegetations-Constanten. 103-118](#)