

# Zur Kritik der Lehre von den thermischen Vegetations-Konstanten<sup>1)</sup>, auch in Bezug auf Winterruhe und Belaubungstrieb der Pflanzen.

Von

**Dr. H. Bos** (Wageningen-Niederlande).

## 1. Uebersicht und Analyse des Stoffes.

Es ist bekannt, daß jede Pflanzenphase, sei es die Belaubung, die Blüte, die Fruchtreife oder die Laubverfärbung und der Laubfall, in unseren Gegenden ihre bestimmte Zeit hat. Jedoch stellt sie sich nicht jedes Jahr zu genau derselben Zeit ein; das Datum dieser Entwicklungsstufen ist nicht unerheblichen Schwankungen unterworfen. Erstens sind diese Zeitpunkte abhängig von der Lage des Beobachtungsortes; im Allgemeinen treten sie in nördlicheren und in höheren Regionen später ein als weiter südlich oder im Tieflande; auch die Entfernung vom Meere hat augenscheinlich Einfluß. Phänologische Daten für viele Orte anzuregen, diese Daten zusammenzustellen und nach verschiedenen Richtungen hin zu verarbeiten, das wird in der letzten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts von verschiedenen Forschern als „Phytophänologie“ betrieben; an deren Spitze stand früher H. Hoffmann in Gießen; sein Werk setzt seit 1891 E. Ihne in Darmstadt fort. Dieser ist jetzt in Deutschland der Hauptvertreter dieser Abzweigung der Botanik. Eine seiner Arbeiten ist die „Phänologische Karte des Frühlingseinzugs in Mitteleuropa, von Prof. Dr. E. Ihne“, welche in dem Bande 1905 (Heft V) von Petermanns Geographischen Mitteilungen zum Abdruck gelangte und zu der die gesammelten Beobachtungen von mehr als 900 Stationen, unter Berücksichtigung von noch weiteren mehr vereinzelt Angaben, das Material geliefert haben.

---

<sup>1)</sup> Da ich schon seit vielen Jahren meine Aufmerksamkeit auf das Erscheinen der Pflanzenphasen gerichtet habe und alljährlich die phänologischen Daten der niederländischen Mitarbeiter sammle, zusammenstelle und veröffentliche, da ich mich ferner mit den Belaubungserscheinungen in physiologischer Richtung beschäftige, habe ich den Versuch gemacht, das „Gesetz“ der thermischen Vegetationskonstanten etwas eingehender und nach mehr Seiten hin zu prüfen, als meines Wissens bis jetzt geschah.

Aber auch an demselben Orte ist der Zeitpunkt einer bestimmten Vegetationsphase in verschiedenen Jahren nicht der gleiche. Verschiedene Botaniker und auch speziell die Phänologen haben sich mit der Frage beschäftigt, worin dieser Unterschied seine Ursache finde, und in erster Linie lag es auf der Hand, die Differenzen in den Witterungsverhältnissen zu Hilfe zu rufen. Von allen Faktoren des Wetters hat vielleicht die Temperatur den größten und sichtbarsten Einfluß, und so kamen Viele leicht dazu, ein bestimmtes Verhältnis ausfindig machen zu wollen zwischen dem Datum einer gewissen Entwicklungsphase und den vorhergegangenen Temperaturen. Ohne viele Umstände hat man nun von gewisser Seite angenommen, daß dieses Verhältnis ein konstantes sei. So schreibt Julius Ziegler<sup>2)</sup> († 1902), mit Hoffmann ein Hauptvertreter der Lehre von den „Wärmesummen“:

„Nehmen wir die periodischen Vorgänge, so erscheint es uns beinahe als selbstverständlich klar, daß . . . vor allem die Wärme die Hauptbedingung der Tätigkeit sei; wie wir sagen, die „Arbeit leiste“. Indem wir letzteren Ausdruck gebrauchen, sprechen wir nun aber zugleich aus, daß eine Vegetationsleistung in einem bestimmten (konstanten) Verhältnis zum Wärmeverbrauch stehe . . . Sind wir auch nicht im geringsten im Zweifel, daß die angedeuteten Beziehungen tatsächlich bestehen, so vermögen wir doch leider keinen so einfachen Ausdruck hierfür zu finden, wie z. B. für eine Dampfmaschine im Kohlenverbrauch.“

Diesen Zieglerschen Ausspruch, namentlich den ersten Teil davon erwähne ich, weil er in allgemeinster und zugleich scharfer Form angibt, was manche andere, meistens frühere Beobachter weniger bestimmt oder weniger allgemein gesagt haben.

Die Ueberzeugung, daß Wärmemangel entweder die Entwicklungsphasen gar nicht zur Geltung kommen läßt oder wenigstens zu abnormen Erscheinungen führt, hat dazu geleitet, den angeführten Satz als bewiesen anzunehmen und hat die Aufmerksamkeit mehr gelenkt auf die Methode, wie man zu einem richtigen Ausdruck für den Wärmeverbrauch komme, als auf die Prüfung der allgemeinen Giltigkeit obigen Satzes.

Inzwischen will ich die Bemerkung machen, daß die Phänologie auch ohne diese Theorie von den „Wärmesummen“ sehr gut getrieben werden kann, da die Zusammenstellung der Beobachtungs-

<sup>2)</sup> Dr. Julius Ziegler. Ueber phänologische Beobachtungen und thermische Vegetations-Konstanten. Zwei Vorträge. Sonderabdruck aus dem Jahresbericht der Senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft für 1878/79. Frankfurt a. M. 1879.

daten uns einen Einblick gibt in das Verhältnis zwischen geographischer Lage, Klima und Vegetationszeit. Sie hilft dazu, das Bild der Gegend zu vervollständigen, und lenkt unsere Aufmerksamkeit auf die fördernden und hemmenden Faktoren des Klimas. Besser als Worte belehrt uns darüber die Vergleichung der oben erwähnten Karte Ihne's mit einer oro-hydrographischen oder Temperatur-Karte. Leider haben einige Phänologen in der Feststellung der Wärmesummen gleichsam den Endzweck dieses Wissenschaftszweiges gesehen. Ihne und auch Drude (Pflanzengeographie) drücken sich viel reservierter aus und behalten den Hauptzweck der Phänologie im Auge, ja sie haben schon manche Bedenken gegen die Wärmesummentheorie geäußert.

Boussingault war der erste, der den Versuch machte, dem konstanten Verhältnis einen Ausdruck zu verleihen in einer Summe von Temperaturen, täglich aufgenommen, von einem bestimmten Zeitpunkt an, von dem man annahm, daß sich ungefähr das neue Leben zu regen beginnt (z. B. 1. Januar) bis zu dem Eintritt der betreffenden Entwicklungsstufe. Er nahm die Mitteltemperaturen eines jeden Tages. Andere änderten das Verfahren in verschiedener Weise ab, indem sie die Grade unter Null nicht in Rechnung brachten oder von einem anderen Zeitpunkte an zu zählen anfangen, oder statt der Mitteltemperaturen die Maximaltemperaturen eines im Sonnenschein aufgehängten Thermometers notierten. Es waren hauptsächlich A. de Candolle, Fritsch, Tomascheck, Linsser, Hoffmann, Staub und Drude, welche sich um die Sache bemühten. Quetelet schlug den scheinbar sehr willkürlichen Weg ein, nicht die Temperaturzahlen selbst, sondern ihre Quadrate zu addieren. Ich werde hierauf später noch zurückkommen. Die eben erwähnte Verbesserung, die Maximaltemperatur im Sonnenschein zu nehmen, war von Hoffmann in Gießen eingeführt. In dieser Richtung arbeitete er jahrelang und ist so der Mann gewesen, der an der Hand eines großen Zahlenmaterials „die Lehre von den Wärmesummen“ oder besser „von den Temperatursummen“ mehr zur Geltung brachte. Er sagt, daß von einem bestimmten Augenblick (dem Nullpunkt des Pflanzenlebens) an bis zu dem Eintritt einer gewissen Entwicklungsphase in jedem Jahre die Summe der täglichen Maximaltemperaturen in der freien Sonne eine nahezu konstante sei. Diese Summe stellt natürlich weder einen Wärmegrad, noch eine Wärmequantität vor, obwohl sie in den Angaben gewöhnlich mit „Grade Reaumur oder Celsius“ bezeichnet sind. Es sind nur unter sich vergleichbare Verhältniszahlen ohne konkreten Begriff. Beispiele findet man in den später vorgeführten Zahlenreihen.

Schon Alph. de Candolle hatte in seiner „Geographie botanique raisonnée“ die Sache von vielen Seiten betrachtet und für den damaligen Standpunkt vielleicht erschöpft. Obwohl er selber viele Einwände erhebt, schiebt er diese doch schließlich immer wieder bei Seite; er gesteht, daß diese Einwände ihre Berechtigung haben, aber am Schlusse gibt er nicht zu, daß sie einen wesentlichen Einfluß haben auf die Durchführung seiner Idee, die sich schon bei ihm festgesetzt hatte. Vieles, was in den folgenden Seiten besprochen wird, hat auch schon de Candolle bemerkt, aber nur scheinbar gewürdigt, und seine Nachfolger haben den Standpunkt angenommen, als ob de Candolle schon alle diese Bedenken aus dem Wege geschafft hätte, und daß sie selber von dem von ihm „eroberten“ Standpunkt aus nur weiter zu arbeiten, also nur die Details, Methoden und Ausnahmen zu behandeln hätten.

Wenn man das Vorhergesagte überblickt und die Aussprüche Ziegler's und Hoffmann's vergleicht, so leuchtet es ein, daß der Begriff von thermischen Vegetationskonstanten und der von Temperatursummen wohl verwandt sind, aber sich nicht genau decken. Der erstere Begriff ist der allgemeinere, er besagt, daß, damit die Entwicklungsphase eintrete, vom Nullpunkte des Lebens an ein bestimmter Wärmeverbrauch nötig sei. Der zweite ist der beschränktere, er ist nur die Verkörperung des ersten Begriffes in einer bestimmten (obwohl bis jetzt der einzigen angewandten) Form. Wenn die Lehre von den Temperatursummen sich als falsch bekundete, so könnte sich vielleicht die von den thermischen Konstanten dessenungeachtet noch aufrecht erhalten.

Bei der Bestimmung der Temperatursummen sah man sich vor einige Fragen gestellt, von denen die hauptsächlichsten sind:

- 1) Welche Temperaturen sind es, die man addieren soll?
- 2) Auf welche Weise werden (technisch) diese Temperaturen gemessen?
- 3) Müssen alle Temperaturen in die Berechnung mit einbezogen werden oder nur die, welche über ein bestimmtes Minimum hinausgehen, sei dies 0° oder ein anderer, für verschiedene Pflanzen ungleicher Wert?
- 4) Von welchem Zeitpunkte an muß man mit der Zusammenzählung anfangen? Vom 1. Januar oder von einem oder verschiedenen anderen Tagen?

Was die erste Frage betrifft, so wurde schon erwähnt, daß Hoffmann die täglichen Mitteltemperaturen im Schatten durch die Maximaltemperaturen eines besonnten Thermometers ersetzte. Ursache dafür fand er hauptsächlich in einer besseren Uebereinstimmung der summierten Zahlen. Er sagt<sup>1)</sup>: „Immerhin sind auch bei dieser (der älteren Mitteltemperaturen-) Methode die Abweichungen von Jahr zu Jahr noch weitaus zu groß, um befriedigend genannt werden zu können. Ich habe daher eine andere Methode vorgeschlagen und durch eine längere Jahresreihe geprüft, welche darin besteht, statt der Schattentemperatur vielmehr die Temperatur eines der Sonne ausgesetzten Thermometers zu benutzen und zwar den täglich höchsten Stand, in Berücksichtigung der Tatsache, daß die meisten Pflanzen nicht entfernt im absoluten Schatten stehen wie jenes Thermometer.“ Obwohl der Anlaß zu der veränderten Methode das Verlangen nach besserer Uebereinstimmung war, hat er sich hier doch auch augenscheinlich durch bessere Anpassung an die natürlichen Umstände leiten lassen.

Jedenfalls wird aber die Lehre von den Temperatursummen von vornherein als richtig und das Auffinden der konstanten Zahl als Zweck angenommen.

Die zweite Frage, die der technischen Feststellung der Maximaltemperaturen, behandelt hauptsächlich die Wahl des Instrumentes und der Stelle, an welcher das Thermometer beobachtet werden soll. Obwohl nun die Ermittlung der richtigen Lufttemperaturen nicht leicht ist, kann in diesem Aufsatz meines Erachtens die Sache wohl so ziemlich aus dem Gewicht fallen, da es sich nicht gerade um die Temperatur der Luft, sondern um die der Pflanze handelt, und der folgende Abschnitt schon zeigen wird, daß der größere prinzipielle Fehler die kleineren technischen weit übertreffen wird. Es sei nur erwähnt, daß Ziegler sich in der Auswahl der Verbesserung und der Aufstellung der Instrumente viel Mühe gegeben hat.

Die dritte Frageberührt das Problem der sogenannten „Schwellenwerte“. Es ist bekannt, daß unter einer gewissen, für jede Pflanze und für jede Phase charakteristischen Grenze der Temperatur keine weitere Entwicklung stattfindet. Es scheint daher sehr verteidigbar, den „Nullpunkt“ des Lebens mit dieser unteren Grenze zusammenfallen zu lassen und die Temperaturen nur unter Abzug dieses Grenzwertes zu addieren. Gesetzt, die Grenze wäre 5° C. über Null, so würden alle Werte darunter nicht in Betracht kommen

---

<sup>1)</sup> H. Hoffmann. Phänol. Untersuchungen. Universitätsprogramm zum 25. 8. 1887. Gießen 1887.

weil man sagt: ob die Pflanze einer Temperatur von  $4^{\circ}$  oder  $0^{\circ}$  oder  $-3^{\circ}$  C. unterliegt, es ist alles einerlei, keine von diesen wirkt fördernd; man würde sie ganz ausfallen lassen, und nur die höheren Temperaturen zusammenstellen, jede aber unter Abzug von  $5^{\circ}$ . Man nennt also  $5^{\circ}$  in diesem Falle die Schwelle. Da nun aber bei den zusammengesetzten Erscheinungen, wie sie die phänologischen Momente, die keine einfachen Pflanzenfunktionen zur Unterlage haben, darstellen, diese Schwellenwerte äußerst schwierig zu ermitteln sind, hat man meistens einen gemeinschaftlichen Ausgangspunkt gewählt, nämlich  $0^{\circ}$  C. Es sind Versuche gemacht, die Schwellenwerte von verschiedenen Pflanzenphasen rechnerisch zu ermitteln, z. B. durch v. Oettingen, dessen Methode, kurz gesagt, darauf beruht, daß er aus den Beobachtungsreihen für je eine bestimmte Pflanzenphase nacheinander die Temperatursummen berechnet für die Schwellen  $0^{\circ}$ ,  $1^{\circ}$ ,  $2^{\circ}$ ,  $3^{\circ}$  usw. und nun nachsieht, für welche Schwelle die Abweichungen vom Mittel die geringsten sind. Das ist dann der wahrscheinlichste Nullpunkt. Man bemerkt auch hier sofort, daß das Prinzip der Temperatursummen als nicht anzweifelbar vorausgesetzt wird.

Was nun die vierte Frage anbelangt, sie geht in gewissem Sinne parallel mit der dritten. Bei dieser war es die Frage nach dem Nullpunkt der Temperatur, also nach dem Anfangspunkt der belebenden Wärme, hier ist es die Frage nach dem Nullpunkt der Zeit, nach dem ersten Augenblick, daß die Temperaturerhöhung einen belebenden Einfluß zur Geltung bringen kann. Es stehen auch hier zwei Meinungen einander gegenüber. Hoffmann nimmt entschieden immer den 1. Januar als Anfangspunkt, „um sämtliche Daten unter sich vergleichbar zu halten“. Andere wollen auch hier verschiedene Anfangspunkte annehmen, stehen aber vor der Schwierigkeit, solche aufzufinden. Wenn man bei genügender Temperatur und Feuchtigkeit Samen zum Keimen auslegt, kann man mit Recht diesen Termin als Anfangsmoment betrachten. Anders ist es aber mit den ausdauernden und zumal mit den holzigen Gewächsen; der genaue Zeitpunkt, wo ihre Winterruhe aufhört und die höhere Temperatur belebend auftreten kann, ist sehr schwierig festzustellen, und überdies vielleicht nicht jedes Jahr derselbe (näheres hierüber im physiologischen Teil). — Um dieses Problem nach dem Anfangspunkt zu umgehen, hat Ziegler folgende Methode vorgeschlagen und ausprobiert. Er zählt einfach von dem Zeitpunkt der nämlichen Phase im vorigen Jahre. Es leuchtet aber ein, daß hiermit die Sache wohl statistisch vereinfacht aber prinzipiell sehr verwickelt wird. Weiteres darüber im 3. Abschnitt.

Das Vorhergesagte soll nur dazu dienen, den Lesern die Hauptgedanken der Lehre von den Vegetationskonstanten in Kurzem beizubringen. Es war weder meine Absicht, die Sache historisch noch auch sofort kritisch näher zu beleuchten, konnte ich auch nicht umhin, dann und wann einzelne hervorragende Namen zu nennen oder die Unzulänglichkeit einer Methode darzutun. Daß ich die Zieglerischen Arbeiten in den Vordergrund gestellt habe und dies noch weiter tun werde, und daß die meisten zu besprechenden Zahlenreihen seinen Beobachtungen entlehnt werden, findet wohl seinen Grund darin, daß in diesen gewissenhaften Arbeiten, welchen ein zusammenhängendes Ganze von Material zu Grunde liegt, die Theorie der Vegetationskonstanten ihren letzten und auch besten und reinsten Ausdruck gefunden hat.

Um die Richtigkeit der obigen Theorie nach verschiedenen Seiten zu prüfen, habe ich mir die folgenden Fragen gestellt:

- 1) Können die Temperatursummen gelten als hinreichend genauer Ausdruck für die eventuellen thermischen Vegetationskonstanten?
- 2) Genügt der Uebereinstimmungsgrad der gewonnenen Temperatursummen für eine Pflanzenphase, um daraus auf ein gewisses Gesetz zu schließen?
- 3) Wenn die Temperatursummen nicht der Ausdruck sind für die thermischen Vegetationskonstanten und auch, untereinander verglichen, keine Ursachen zu einer festen Regel abgeben, ist es dann wahrscheinlich oder denkbar, daß man die Vegetationskonstanten auf eine andere Weise, in anderen Einheiten oder mit einem anderen Maß bestimmt, und das Gesetz der thermischen Vegetationskonstanten, unabhängig von der Form der Wärmesummen, bestätigt findet? Oder ist es von vornherein wahrscheinlich, daß ein solches Gesetz nicht besteht?

Man sieht aus Obigem, daß ich an dem Unterschied zwischen Temperatursummen und Vegetationskonstanten festhalte.

In der ersten Frage bespreche ich die Verbindung zwischen dem Maß und der Sache, die darin ausgedrückt werden soll.

Die zweite Frage befaßt sich mit dem Rechte, aus den gewonnenen Ergebnissen Schlüsse zu ziehen.

Die dritte Frage berührt die physiologische Seite des Problems und muß somit die ganze Anschauung von Ruheperiode und Belaubung darbringen.

## 2. Können die Temperatursummen als Maß gelten für eventuelle Vegetationskonstanten?

Die Lehre von den Konstanten spricht von dem stets gleichen Wärmeverbrauch der Pflanze vom Nullpunkt bis zu der erwähnten Phase. Abgesehen davon, daß die innere Arbeit der Pflanze wohl (abgesehen von der Assimilation) von der Atmung herrührt, ist ein eventueller Verbrauch zugeführter Wärme nicht abzuschätzen; an Stelle dessen tritt die Schätzung der Wärmemenge, welche der Pflanze zur Verfügung steht.

Ist nun aber die Wärmemenge (in Kalorien) oder die Temperatur maßgebend? Ohne weiteres hat man das zweite angenommen, wiewohl zwei zu gleicher Temperatur erhobene Organe ganz verschiedene Wärmemengen enthalten, zumal wenn sie ungleich wasserreich sind.

Sehen wir einstweilen auch über diese Schwierigkeit hinweg und denken wir uns für's nächste nicht die Wärmemengen, sondern die Temperaturen maßgebend. Sie werden an einem besonnten Thermometer abgelesen. Ob die absoluten Zahlen von dieser Reihe denen des Pflanzenkörpers gleich sind, ist ziemlich gleichgültig, wenn man nur wüßte, daß immer zwischen beiden das nämliche Verhältnis bestände. Prüfen wir einige Fälle in dieser Hinsicht.

a) Die Temperatur der noch unbeblätterten Baumkrone im Frühjahr. Die Untersuchungen von Ihne<sup>1)</sup> an *Acer platanoides* ergaben, daß an nicht sonnigen Tagen alle oberirdischen Baumteile, die dünneren wie die dickeren, den Schwankungen der Lufttemperatur im Großen und Ganzen folgen, daß aber an sonnigen Tagen sich entschieden ein Unterschied geltend macht zwischen dickeren und dünneren Teilen, die ersteren steigen nicht so rasch und kühlen auch langsamer ab, aber sie erreichen ein höheres Maximum, wobei auch Nord- und Südseite erhebliche Unterschiede aufweisen. Aus dem verschiedenen Verhältnisse zwischen Oberflächen- und Inhaltsgröße, sowie aus anderen Umständen, z. B. Verschiedenheit von Farbe und Glanz und der ungleichen Transpirationsgröße erklären sich diese Unterschiede. Die Baumtemperatur ist ein relativer Begriff, man kann nicht von einer Baumtemperatur reden wie von einer Lufttemperatur.

b) Die Temperatur der beblätterten Baumkrone ist womöglich noch mehr relativ. Die Schattenverteilung wird noch ungleicher, die Abkühlung durch Transpiration und Wassersteigung im Holze führen nicht nur unter sich ungleiche Faktoren an verschiedenen Tagen und Baumteilen ein, sondern auch das Verhältnis als Ganzes

<sup>1)</sup> E. Ihne. „Ueber Baumtemperatur unter dem Einfluß der Insolation“. Allgem. Forst- und Jagdzeitung. Supplementband. 1883.

zwischen Insolationsthermometeranzeige und Baumtemperatur ist ein anderes. Wenn eine Pflanzenphase nun später fällt als die Belaubung (z. B. erste Blüte von *Aesculus*), dann steht die Wärmeverfügung des Baumes von der Belaubung an in ganz anderem Verhältnis zur Insolationstemperatur des Thermometers als vorher; bei der Addition der Wärmesummen wird gar keine Rücksicht darauf genommen; die Dauer der ersten und zweiten Periode sind aber in verschiedenen Jahren proportional nicht gleich.

c) Die Temperatur der unterirdischen Organe der Zwiebel-, Knollen- und Rhizomgewächse (auch Stauden), deren oberirdische Teile im Winter abgestorben sind, wird durch die Bestrahlung nur mittelbar beeinflußt, indem erst der Boden erwärmt wird. Wenn sie nicht zu tief in dem Boden stecken, wird die Temperatur in den verschiedenen Teilen eine ziemlich gleichmäßige sein. Aber erstens sind die Individuen hier absolut unvergleichbar, da die tägliche Dauer der Bestrahlung und somit der Grad der Bodenerwärmung von dem Ort, wo die Pflanze steht, abhängt, die verschiedenen Bodenarten sich sehr ungleich erwärmen (Thon oder Sand, wasserreich oder wasserarm, dunkel- oder hellgefärbt) und auch die Neigung der Bodenfläche, selbst der Teilchen in der unmittelbaren Umgebung der Pflanze den Winkel, unter dem die Strahlen aufgefangen werden, und also ihre Absorption beeinflußt. Zweitens wird aber bei diesen Pflanzen weniger das Hervorsprossen als die erste Blüte als Entwicklungsphase notiert, und, soweit es sich nicht um Pflanzen mit vorgebildeten Blüten, wie Tulpen und Schneeglöckchen handelt, faßt man wieder, wie bei der beblätterten Baumkrone zwei Perioden zusammen, in denen die Wärmeverfügung der Pflanze zu den notierten Temperaturen gar nicht in derselben Proportion steht. Je nach der Zeit des Hervorsprossens fängt das zweite Verhältnis das eine Jahr früher an als das andere.

Aus den erörterten drei Beispielen folgt, daß, wie man sich auch Mühe gebe, die Thermometerstände in richtiger Weise zu notieren, die Beziehung zwischen Wärmeverfügung und diesen Temperaturen von allerei lokalen Verhältnissen abhängig bleibt und daß diese Abweichungen die Fehlergröße der Beobachtungen selber gewiß weit übertreffen müssen.

Während frühere Beobachter die Tagesmittel notierten, hat Hoffmann, wie schon in der Einleitung gesagt wird, vielleicht mit Recht, die Maxima im direkten Sonnenlicht in den Vordergrund geschoben, und andere sind ihm darin gefolgt. Aber die Dauer der Maximaltemperatur wird ganz vernachlässigt; wenn an zwei Tagen

das Maximum von 15° jedesmal eine Viertelstunde anhält, so zählt das in der Summe für 30°; wenn an einem Tage diese Temperatur eine halbe Stunde währt, nur für 15°. Das eigentliche Maximum wird gewöhnlich nur kurz anhalten; es ist aber gar nicht gleichgültig, ob es durch einen plötzlichen Wolkenriß an einem sonst kühlen Tage verursacht wurde, oder ob die Temperatur allmählich zu dem Maximum herangestiegen und auch allmählich wieder hinabgesunken ist. Mit a. W. alle Temperaturen, die nicht gerade Maxima sind, werden vernachlässigt, d. h. wenigstens 23 von den 24 Stunden.

Ziegler hat sich viel Mühe gegeben, sein Instrument zu verbessern; die Quecksilberkugel des Thermometers war erst zur Hälfte in das Holz der Unterlage eingesenkt, später hing er das Instrument frei auf. Er vergrößerte auch die Quecksilberkugel, damit nicht ein Maximum von nur wenigen Augenblicken sofort angezeigt wurde und in die Wage fiel; er schwächte also die Reizbarkeit des Instrumentes ab, um nur Maxima von einiger Dauer einzureihen, eine Maßregel, die den vorgenannten Bedenken schon etwas entgegenkommt, aber noch zu wenig Effekt hat, um den Zahlen wirklich einen viel größeren Wert zu geben. Die Versuche, das Instrument zu verbessern, wie löblich an und für sich, lassen mich denken an die eines Metzgers, der aus weit getriebener Gewissenhaftigkeit das Fleisch mit einer chemischen Wage abwägt, jedoch vergißt, erst die Knochen zu entfernen.

Meine Bedenken gegen die Meß- und Rechenmethode sind also:

- 1) daß man den Wärmeverbrauch identifiziert oder wenigstens sich proportional denkt mit der Wärmemenge, worüber die Pflanze verfügt;
- 2) daß man keine Rücksicht nimmt auf die verschiedene spezifische Wärme der einzelnen Pflanzenteile; daß man also Wärmemenge und Temperatur identifiziert;
- 3) daß man annimmt, die Thermometererhöhung stehe stets im nämlichen, geraden Verhältnis zu den sämtlichen Pflanzenteilen, sowohl ober- als unterirdischen, blattlosen als belaubten, massigen als dünneren Teilen;
- 4) daß, obwohl die große Thermometerkugel die allzuschnelle Steigung des Quecksilbers und also die Anzeigung eines nur augenblicklichen Maximums vorbeugt, man doch sonst der Dauer der Maxima und der nächstliegenden Temperaturen nicht Rechnung trägt.

Ich schließe deshalb, daß die Temperatursummen kein Maß abgeben für den angeblichen „Wärmeverbrauch“.

### 3. Genügt der Uebereinstimmungsgrad der gewonnenen Temperatursummen für eine Pflanzenphase, um daraus auf einen gewissen, gesetzmäßigen Zusammenhang mit dem Eintreten dieser zu schließen?

Angenommen, daß trotz der im vorigen Abschnitt aufgezählten Bedenken die Temperatursummen doch eine derartige Uebereinstimmung zeigten, daß kein Zweifel an einem Zusammenhange bestehe, dann würde es uns obliegen, nach der Ursache zu forschen, warum eine anscheinend unvollständige Methode doch immer die nämlichen Resultate bringe, und man würde verpflichtet sein, nach Gründen zur Entkräftung der vorhergenannten Bedenken zu suchen.

Natürlich werden die Temperatursummen derselben Pflanzenphase stets einigermaßen eine Uebereinstimmung zeigen, so daß es z. B. nicht vorkommen kann, daß die eine Summe das doppelte der anderen wäre. Nun ist es ein wenig der Schätzung des Beobachters überlassen, ob er die Uebereinstimmung der Summen, die sich natürlich nie ganz oder bis auf wenige Grade decken werden, für genügend ansieht, um auf eine konstante Zahl zu schließen. Wo man eine sehr genaue Uebereinstimmung findet, so bei *Lonicera alpigena* (Blüte) in Gießen, wo ich 1168, 1159, 1182, 1158 für 4 Jahre verzeichnet finde (gewiß sind mehrere Summen da, die aber nicht so starke Aehnlichkeit zeigen werden!), da wundert sich Ziegler<sup>1)</sup> selber darüber. Er sagt: Die Zahlenähnlichkeit ist wirklich so zufriedenstellend, daß man fragen muß, wie dies trotz der besprochenen entgegenstehenden Umstände möglich sei, zumal ein Vegetationsbeobachtungsfehler um einen einzigen Tag leicht einen Unterschied von über 30° mehr oder weniger bewirken kann.<sup>2)</sup> Hoffmann sagt, daß durch die nur einmalige Beobachtung in 24 Stunden die Phase schon seit 24 Stunden eingetreten sein kann, bevor sie notiert wird, wodurch sich der Fehler bis zu 3% der Totalsumme erheben kann.

Natürlich ist eine solche frappante Aehnlichkeit rein zufällig; aller hindernder Umstände eingedenk würde, auch wenn das Gesetz bestände, diese genaue Uebereinstimmung nicht Folge des Gesetzes sein. Wenn ich aus den Temperatursummen vom 1. Januar bis 1. Juni,

<sup>1)</sup> Ich nehme hier die Angaben von Ziegler, aus seinem Nachlaß im Jahresbericht des Physikalischen Vereins zu Frankfurt a. M. 1903, weil der Ort gleichgültig ist, und diese Zahlen mir zu Gebote stehen, und übrigens auch den übrigen später zu benutzenden Angaben von Ziegler entsprechen.

<sup>2)</sup> Dr. Julius Ziegler. Ueber thermische Vegetationskonstanten. Jahresbericht der Senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft 1878/79. Frankfurt a. M. Seite 108.

wie sie durch Ziegler selbst angegeben sind, einige herausgreife, so finde ich für 1873, 74, 75, 81 resp. 2658, 2673, 2669, 2699° C, ein Beweis dafür, daß man auch ohne Gesetz (d. h. kein anderes als der allgemeine Temperaturverlauf im Jahre) eine gute, selbst genaue Uebereinstimmung zufällig erreichen kann.

Es bleibt also die Frage, welchen Grad der Aehnlichkeit die Zahlen aufweisen müssen, um eine konstante Zahlunterlage als Ursache davon annehmen zu dürfen.

Frau Johanna Ziegler hat aus dem Nachlaß ihres Mannes in dem Berichte der Senckenbergischen Naturforsch. Gesellschaft, Frankfurt a. M. 1904, unter dem Titel: „Thermische Vegetationskonstanten“ als Beilage eine gewisse Anzahl der ursprünglichen Beobachtungstabellen abgedruckt, die gewöhnlich weniger häufig als die Tabellen der Mittelwerte der Oeffentlichkeit übergeben worden sind. Da Ziegler ein Hauptvertreter dieser Forschungsrichtung war, können sie gewiß als Muster gelten. Einige davon, ohne besondere Wahl, nehme ich hier in meinen Aufsatz auf; von einigen die ganze Tabelle, wie ich sie vorfunde, von anderen nur die Minimum- und Maximumwerte, wie auch die Mittelwerte, diese Abkürzung nur um nicht allzuviel Raum in Anspruch zu nehmen. Die Ueberschriften über den Kolonnen erklären die Zahlen zur Genüge; in der vierten Kolonne, die ich selber hinzugefügt habe, habe ich den aus den vorhergehenden Daten berechneten Mittelwert (unten an der dritten Kolonne verzeichnet) gleich 100 genommen, um die Abweichungen der einzelnen Summen prozentisch beurteilen und also diese Größe mit der Betrachtlichkeit anderer Abweichungen vergleichen zu können.

*Ribes Grossularia.*

Exemplar No. 5.

Erste Blüte.				Erste Frucht.			
Jahr	Datum	Temperatursumme in Celsius	Abweichung vom Mittelwert (Mittel = 100)	Jahr	Datum	Temperatursumme in Celsius	Abweichung vom Mittelwert (Mittel = 100)
1876	3. IV.	1048	83.8	1876	28. VI.	3404	93.1
1878	8. IV.	1124	92.3	1874	23. VI.	3423	93.7
1871	26. III.	1171	96.2	1872	21. VI.	3433	93.9
1877	6. IV.	1217	100.0	1878	28. VI.	3444	94.2
1874	3. IV.	1232	101.2	1875	30. VI.	3595	98.4
1873	2. IV.	1272	104.7	1877	4. VII.	3696	101.7
1872	31. III.	1281	105.2	1873	3. VII.	3721	102.4
1875	16. IV.	1390	114.2	1871	8. VII.	4346	119.5
Mittel: 1217 (100).				Mittel: 3633 (100).			

*Ribes rubrum.*

Allgemein.

Erste Blüte.				Erste Frucht.			
Jahr	Datum	Temperatur- summe in Celsius	Abweichung vom Mittelwert (Mittel = 100)	Jahr	Datum	Temperatur- summe in Celsius	Abweichung vom Mittelwert (Mittel = 100)
1876	3. IV.	1020	83.6	1876	13. VI.	2865	87.5
1879	9. IV.	1042	85.4	1878	13. VI.	2958	90.3
1877	4. IV.	1164	95.4	1879	27. VI.	3052	93.2
1871	26. III.	1171	95.9	1880	6. VI.	3126	95.4
1878	11. IV.	1197	98.1	1875	14. VI.	3138	95.8
1873	2. IV.	1272	104.3	1869	15. VI.	3229	98.6
1880	29. III.	1279	104.8	1874	17. VI.	3232	98.7
1872	31. III.	1281	105.0	1877	22. VI.	3301	100.8
1875	13. IV.	1324	108.5	1872	18. VI.	3332	101.4
1874	9. IV.	1347	110.4	1870	21. VI.	3415	104.3
1870	18. IV.	1397	112.9	1873	24. VI.	3442	105.1
1869	10. IV.	1448	118.6	1871	5. VII.	4207	128.4
Mittel 1220 (100).				Mittel 3275 (100).			

*Prunus spinosa.*

Allgemein.

*Crataegus Oxyacantha.*

Allgemein.

Erste Blüte.				Erste Blüte.		
Jahr	Datum	Temperatur- summe in Celsius	Abweichung vom Mittelwert (Mittel = 100)		Temperatur- summe in Celsius	Abweichung vom Mittelwert (Mittel = 100)
1876	9. IV.	1190	85.4	Min.	1787	88.5
1879	22. IV.	1240	88.9	Max.	2232	110.5
1878	13. IV.	1249	89.0			
1877	8. IV.	1275	91.5			
1873	3. IV.	1302	93.4			
1874	10. IV.	1372	98.4			
1869	10. IV.	1448	103.9			
1871	10. IV.	1512	108.5			
1875	21. IV.	1540	110.5			
1872	14. IV.	1583	113.6			
1880	13. IV.	1623	116.4			
Mittel 1394 (100).				Mittel 2019 (100).		

*Prunus avium.*

Erste Blüte.				Erste Frucht.		
		Temperatur- summe in Celsius	Abweichung vom Mittelwert (Mittel = 100)		Temperatur- summe in Celsius	Abweichung vom Mittelwert (Mittel = 100)
Exemplar						
No. 11	Minim.	1136	83.9	Minim.	2807	91.8
	Max.	1567	113.1	Max.	3374	110.3
	Mittel	1386	(100)	Mittel	3057	(100)
Exemplar						
No. 12	Minim.	1106	80.8	Minim.	2807	90.7
	Max.	1516	110.7	Max.	3442	111.2
	Mittel	1369	(100)	Mittel	3094	(100)

Ziegler gibt schon 1874 an, daß er mit Vorsatz nicht sämtliche Daten veröffentlicht. „Eben diese Nebenumstände sind es auch, welche mich von der ursprünglichen Absicht zurückgebracht haben, sämtliche Daten zu veröffentlichen. Fast jede müßte ihren Kommentar haben. Eine Reihe von glatten Fällen herauszugreifen, scheint mir hingegen wertlos.“ Und in der Schrift von Frau Johanna Ziegler wiederholt sich dieser obige Ausspruch. Man darf also annehmen, daß die Tabellen, welche sie als Anhang zu ihrer kleinen Schrift aus dem Nachlaß ihres Mannes herausnimmt, keine abnorme sind, die entweder unumgänglich eines Kommentars bedürfen, noch auch zu den „glatten Fällen“ gerechnet werden müssen.

Aus obigen Tabellen ersehen wir nun, daß die einzelnen Zahlen sich am dichtesten um den Mittelwert drängen. Das ist aber nichts anderes als das einfache Queteletsche Gesetz. Doch findet man nach den äußersten Grenzen hin auch viele Uebergänge; dann und wann steht eine der äußersten etwas isoliert da. Um die Uebersicht zu erleichtern, habe ich die Zahlen in aufsteigender Reihenfolge gruppiert (die zeitliche, Jahresfolge hat ja nur den zufälligen, historischen Grund).

Es erhellt nun, daß die äußersten Grenzen liegen (in ganzen, abgerundeten Zahlen) zwischen resp.:  $84^{\circ}/_{0}$ — $114^{\circ}/_{0}$ ;  $93^{\circ}/_{0}$ — $119^{\circ}/_{0}$ ;  $84^{\circ}/_{0}$ — $119^{\circ}/_{0}$ ;  $87^{\circ}/_{0}$ — $128^{\circ}/_{0}$ ;  $85^{\circ}/_{0}$ — $116^{\circ}/_{0}$ ;  $82^{\circ}/_{0}$ — $113^{\circ}/_{0}$ ;  $81^{\circ}/_{0}$ — $111^{\circ}/_{0}$ ;  $92^{\circ}/_{0}$ — $110^{\circ}/_{0}$ ;  $91^{\circ}/_{0}$ — $111^{\circ}/_{0}$ ;  $88^{\circ}/_{0}$ — $110^{\circ}/_{0}$ . Es gibt also eine Schwankung um das Mittel von resp.:  $30^{\circ}/_{0}$ ,  $26^{\circ}/_{0}$ ,  $35^{\circ}/_{0}$ ,  $41^{\circ}/_{0}$ ,  $31^{\circ}/_{0}$ ,  $31^{\circ}/_{0}$ ,  $30^{\circ}/_{0}$ ,  $28^{\circ}/_{0}$ ,  $20^{\circ}/_{0}$ ,  $22^{\circ}/_{0}$ .

Hoffmann gibt auch (Phänol. Untersuchungen. Programm, Univ. Gießen 1887) die Schwankungen vom Mittelwert für seine eigene Temperatursummen an. Diese Schwankungen sind in aufsteigender Reihenfolge: 7, 7, 9, 10, 10, 10, 10, 10, 11, 12, 12, 12, 12, 13, 13, 14, 14, 14, 14, 15, 15, 15, 15, 16, 16, 16, 16, 17, 17, 18, 19, 19, 19, 20, 21, 21, 21, 21, 21, 21, 22, 22, 24, 26, 26, 27, 27, 28, 29, 32, 33, 33, 37, 40, 41, 42, 45, 45, 48, 54.

In dieser größeren Zahl sind natürlich sowohl niedrigere als höhere Werte enthalten als in den von mir berechneten.

Schon ohne vergleichenden Maßstab ist nach meiner Schätzung diese Schwankung; die sich um  $30^{\circ}/_{0}$  bewegt, zu groß, als daß man eine konstante Zahl als Unterlage annehmen dürfte. Um aber einen solchen vergleichenden Maßstab anzulegen, verfuhr ich folgendermaßen: Ich nahm von 23 aufeinanderfolgenden Jahren 1871—1894

die Summen der Maximaltemperaturen vom 1. Januar bis zu einem festen Tag, z. B. vom 1. Januar bis 1. Mai, und vom 1. Januar bis 1. Juni. Das Material dafür lieferten mir die Beobachtungen von Ziegler selbst, ebenfalls aus seinem Nachlaß durch seine Frau der Oeffentlichkeit übergeben.<sup>1)</sup> Das sind also die nämlichen Zahlen, die er für oben abgedruckte Temperatursummen gebraucht hat; die Zusammenstellungen sind also absolut vergleichbar.

In der ersten Kolonne findet man wieder die Jahreszahl, in der zweiten und dritten die Temperatursumme, resp. 1. Januar bis 1. Mai, und 1. Januar bis 1. Juni, in der vierten und fünften wieder die prozentischen Abweichungen vom Mittelwert (Mittel = 100); also habe ich alles in der nämlichen Weise zusammengestellt wie vorher, nur folgte ich hier der fortlaufenden Jahreszahl.

Jahr	Temperatursumme 1. Januar bis 1. Mai (Celsius).	Temperatursumme 1. Januar bis 1. Juni vom Mittel (= 100)	Abweichung (bis 1. Mai) vom Mittel (= 100)	Abweichung (bis 1. Juni) vom Mittel (= 100)
1871	2017	3017	108.3	109.4
1872	1995	2814	107.1	101.7
1873	1867	2658	100.2	96.0
1874	1898	2673	101.9	96.6
1875	1758	2669	94.4	96.5
1876	1668	2484	89.5	89.8
1877	1725	2506	92.6	90.5
1878	1702	2572	91.4	92.9
1879	1422	2230	76.3	80.6
1880	2059	2968	110.5	107.2
1881	1762	2699	94.1	97.5
1882	2189	3138	117.5	113.4
1883	2066	3072	110.4	111.0
1884	2327	3327	124.3	123.8
1885	1990	2782	103.9	100.5
1886	1737	2714	93.3	98.1
1887	1671	2446	89.7	88.4
1888	1555	2528	83.5	91.3
1889	1762	2859	94.6	103.3
1890	1943	3007	104.3	108.6
1891	1830	2746	98.3	99.3
1892	1950	2883	104.7	104.2
1893	2228	3275	119.6	118.3
1894	2152	3020	115.6	109.1
Mittel	1862	2767	(100)	(100)

<sup>1)</sup> Tägliche höchste Temperatur eines von der Sonne frei bestrahlten Maximum-Thermometers in Frankfurt a. M. in: Jahresbericht des Physikalischen Vereins ebendasselbst. 1901—1902.

Oder in aufsteigender Reihenfolge, in abgerundeten Zahlen

1. Januar bis 1. Mai: 76, 83, 89, 90, 91, 93, 93, 94, 94, 95,  
98, 100, 102, 104, 105, 107, 107, 108,  
110, 110, 116, 117, 120, 124.

1. Januar bis 1. Juni: 81, 88, 89, 90, 91, 93, 96, 96, 97, 97,  
98, 99, 100, 102, 103, 104, 107, 109,  
109, 109, 111, 113, 118, 124.

Auch hier findet man natürlich, wie immer, die Zahlen am dichtesten gedrängt um 100. Daneben sieht man viele größere Abweichungen, und diese gehen resp. von 76% bis 124%, und von 81% bis 124%. Es gibt also hier Schwankungen um das Mittel bis 48% und 43%. Diese sind bedeutend höher als die in den vorigen Tabellen, da die Jahresreihe aber größer ist, ist auch die Möglichkeit auf weitere Grenzen gegeben.

Wären nun die Schwankungen der Temperatursummen bis zu einem bestimmten, von der Pflanzenphase unabhängigen Datum nicht größer als die bis zu einem Pflanzenphasen-Datum, so würde uns das besagen, daß die Temperaturabwechselungen (innerhalb der Grenzen ihres möglichen Verlaufes) in gar keinem ursächlichen Verhältnis zu der Entwicklung der Phase stehe. Nun, da die Grenzen der ersten Summe wohl weiter, aber doch sehr gut vergleichbar sind mit den zweiten, mögen wir schließen, daß zwar die Temperatur ihren Einfluß auf die Förderung des Pflanzenlebens hat, daß aber von einer konstanten Temperatursumme in letzterem Falle keine Rede sein kann, mit a. W., daß die Abweichungen von dem Mittelwert liegen müssen in der Natur des Problems, weil sie zu groß sind um sie einer unterbliebenen Korrektur anzuhängen. Gerade wie Ziegler (Seite 75) sagt, daß jede einzelne Summe eigentlich ihren Kommentar brauche, ist auch Staub<sup>1)</sup> beflissen, seine Pflanzenphasen sozusagen zu entschuldigen, wenn sie zu große Abweichungen vom Mittelwert der Summen zeigen. Er zeigt, daß die abnormale Witterung (nicht hyperabnormal!) speziell die Wärmeverteilung über die vorhergegangenen Monate Schuld daran ist. Aber, daß sie gerade Schuld daran sein kann, beweist, daß die Phase nicht unabhängig von dieser Temperaturverteilung ist. Die Erklärung ist an und für sich eine Nichtigerklärung des „Gesetzes“.

Ziegler hat noch eine andere Zahlenreihe aufgestellt, der ich schon im ersten Kapitel (Seite 67) gedachte. Er fühlte sehr wohl, daß das Anfangsdatum des 1. Januar ein sehr künstlich angenommenes

<sup>1)</sup> Prof. Dr. M. Staub. Englers botanische Jahrbücher III. Bd. 5. Heft 1882. Leipzig, Engelmann.

war. Er suchte daher nach einem physiologischen Anfangstag und da er den richtigen Anfang der Wiederbelebung nicht finden konnte, nahm er seine Zuflucht zu dem Datum derselben Pflanzenphase im vorigen Jahre. Er summierte z. B. die Temperaturen (erste Blüte von *Ribes Grossularia*) von der Phase in 1874 (3. IV.) ab, bis zu derselben Phase in 1875 (16. IV.). In der Meinung, eine Unrichtigkeit auszuschalten, werden aber neue, nie berücksichtigte Faktoren wieder eingeführt, und das ganze Problem wird diffus gemacht. Man sieht leicht, daß man hier nicht mehr zu tun hat nur mit dem Wärmebedürfnis zur Wiederbelebung der Pflanze, sondern daß der Einfluß der Temperatur auf alle anderen Lebensperioden, namentlich der Absterbungs- und Ruheperioden, in die Berechnung mit eingezogen wird. Und die Summierung führt zu einem überraschenden Resultate, das eigentlich vorherzusehen war. Hat man als mittleres Datum für eine größere Pflanzenphase den 10. Juni, für eine andere den 10. Juli festgestellt, dann wird im Mittel die Summe vom 10. Juni eines Jahres bis 10. Juni eines darauffolgenden dieselbe sein müssen, wie die vom 10. Juli bis 10. Juli, und wieder wie vom 20. September bis 20. September, d. h. immer wird die Summe im Mittel der eines ganzen Kalenderjahres gleich sein. Für alle Phasen ist dieser Mittelwert also ungefähr 7700° C. (Frankfurt a. M.), was aus den Berechnungen ersichtlich ist. Wir finden in den Angaben Zieglers nur da größere Unterschiede von diesem Mittelwert, wo die Zahl der Beobachtungsjahre gering ist, und ein paar kalte oder heiße Jahre mit ihrem Einfluß zu stark überwiegen. Aber die nämlichen Abweichungsgrößen würden konstatiert werden, wenn man einfach die Summen der Kalenderjahre 1. Januar bis 1. Januar festgestellt hätte. Was diese Methode anbelangt, meine ich aus den Aeußerungen Zieglers auch schon zu bemerken, daß er selber nicht viel darauf hält, und nur darum damit fortgefahren ist, weil er damit begonnen, und weil er zu viel Zähigkeit und Ausdauer hatte, um es sofort wieder zu unterlassen.

Es sei nebenbei bemerkt, daß schon Hoffmann auch die Temperatursummen im selben Jahre, aber an verschiedenen Orten miteinander verglich. Aus einem Referat in deutscher Sprache im Beiblatt der Bot. Sektion der Königl. Ungarischen Naturwissensch. Gesellschaft (das Original in ungarischer Sprache ist mir leider nicht verständlich) 1905, Band IV, Heft 2 ersehe ich, daß Herr A. Kerékgyártó einen Vortrag hielt über die Wärmesummen in Bezug auf die pflanzengeographische Verbreitung von *Castanea vesca* (mit Wärmeschwelle 0° C.). Darin spricht er über minimale,

optimale und maximale Wärmesummen, und die können an verschiedenen Orten noch wieder sehr ungleich sein. Z. B. auf dem Festlande Europas ist das Minimum der Blütezeit  $1000^{\circ}$  C. auf den britischen Inseln  $800^{\circ}$ ; der Fruchtreife resp.  $2500^{\circ}$  C. und  $2000^{\circ}$  C. Während das Minimum der Fruchtreife, wie gesagt auf dem Festlande  $2500^{\circ}$  ist, beträgt das Maximum  $6000^{\circ}$ ! Ein erheblicher Unterschied. Offenbar ist es hier dem Verfasser nicht um das Finden von Konstanten zu tun (seine Ergebnisse beweisen gerade das Gegenteil), sondern um die Unterschiede, und es hat seine Berechnung also eigentlich mit der Lehre von den thermischen Vegetationskonstanten nichts gemein.

Die Vergleichung der Wärmesummen für eine Pflanzenphase, wie die Tabellen der Untersucher sie zusammenstellen, führt, wenn man den gehörigen Maßstab anlegt, um die Bedeutung der Abweichungsgrößen zu schätzen, zu dem Schluß, daß die Uebereinstimmung nicht groß genug ist, um die Wahrscheinlichkeit einer konstanten Summe für jede Phase in Aussicht zu stellen.

#### **4. Ist es wahrscheinlich, daß man auf eine andere Weise als durch Temperatursummen das Gesetz von den thermischen Vegetationskonstanten bestätigt findet und ihm Ausdruck verleiht?**

Diese Frage trifft das Prinzip der Vegetationskonstanten und damit die physiologische Seite des Problems. Meines Erachtens hat man (d. h. ein Teil der Phänologen) vom Anfange ab diese Seite viel zu wenig in den Vordergrund gebracht. Man hat zuviel das Prinzip als feststehend angenommen, und dadurch viel mehr in statistischer als in physiologischer Richtung gearbeitet. Hoffmann ging selbst so weit, daß er behauptete, die physiologische Frage stehe ganz abge sondert von der statistischen da.

Immer war das Streben darauf gerichtet, eine Art von Wahrnehmungen und Zusammenstellung der Zahlen ausfindig zu machen, deren Resultat so wenig als möglich von dem gewünschten abwich, statt umgekehrt die Methode prinzipiell zu verbessern und alsdann nach den Resultaten die Richtigkeit der Annahmen zu beurteilen.<sup>1)</sup> Und wenn nun vielleicht schon aus Beobachtungen

<sup>1)</sup> Einen merkwürdigen Beitrag zu dieser Art Arbeitsweise liefert Prof. A. J. von Oettingen in seiner „Phänologie der Dorpater Lignosen.“ Dorpat 1879 (H. Laakmann). Er unternahm es, auf Grund von Beobachtungen, die unteren Grenzen der nützlichen Temperaturen, die „Schwellen“ (s. Seite 66) für eine größere Anzahl von Gewächsen festzustellen. Er gelangte hierzu,

und daraus folgenden Betrachtungen festgestellt werden könnte, daß der totale Wärmeverbrauch nicht über den Zeitpunkt der Pflanzenphase entscheidet, dann würde es ziemlich fruchtlos und unnötig heißen können, nach einem guten Ausdrucke für thermische Vegetationskonstanten zu suchen. Man könnte vielleicht einige Beobachtungen anstellen, um zu sehen, ob, ungeachtet der Unwahrscheinlichkeit, doch die eine oder andere konstante Zahl zum Vorschein käme, jedoch nach einigen nicht gelungenen Versuchen ganz gerechtfertigt sein, die Sache aufzugeben.

Prüfen wir jetzt also den Wahrscheinlichkeitsgrad, daß thermische Vegetationskonstanten bestehen, vom physiologischen Standpunkte.

Wenn wir dem Satz, daß jeder Pflanze vom „Nullpunkt ihres Lebens“ an beim Erwachen aus der Winterruhe bis zu einer gewissen Entwicklungsstufe eine bestimmte Wärmemenge zugeführt werden muß — ein Satz, der etwas Bestechendes hat — eine andere, weniger allgemeine Form gäben, dann würde sie lauten: Der Eintritt der Pflanzenphase ist nur abhängig von der totalen Wärmemenge, die seit dem Ende der Ruheperiode genossen worden ist, und ganz unabhängig von der Art und Weise, wie diese Wärme über die Zwischenperiode verteilt ist. Wenn man nun auch dabei absieht von den unmöglichen Fällen, die als äußerste niemals in der Natur vorkommen, z. B., daß die Temperatur vom 1. Januar bis 1. Mai im großen ganzen von einer höheren zu einer niederen herabsänke, — dann sieht doch sofort der Sinn der gesperrten Worte viel weniger natürlich aus, gar nicht so, daß man sie ohne weitere Bestätigung als feststehende Regel annehmen möchte, und jedermann würde nach den beweisenden Versuchen oder Beobachtungen fragen.

Wenn der obige Satz richtig und die nötige Wärmemenge konstant wäre, würde man dann aus Beobachtungszahlen diese Menge berechnen und ausdrücken können?

Man behalte im Auge, daß die Pflanze nicht nur den Temperaturänderungen, sondern auch der Abwechslung der anderen unorganischen

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 Anfangstemperatur ermittelte, bei welcher sich die größte Uebereinstimmung der entsprechenden Summen von Jahr zu Jahr ergab. Diese Temperatur nahm er dann als „Schwelle“ an. Man sieht, daß v. Oettingen hier schon von dem unbewiesenen Prinzip, daß die Wärmesummen konstant sein sollen, ausgeht, um theoretisch eine Anfangstemperatur daraus abzuleiten, statt umgekehrt die Schwelle experimentell zu ermitteln, und dann nachzusehen, ob die Wärmesummen stimmen.

Einflüsse, wie Feuchtigkeitsgrad von Luft und Boden, Licht, Luftströmungen, Ionisierungsgrad der Luft (Versuche von Lemström und Guarini), ausgesetzt ist. Man könnte den Einfluß an Temperatur nur dann registrieren, wenn entweder:

- 1) die anderen Faktoren immer so günstig wie möglich gestellt wären, wodurch die Pflanze stets im Stande war, die angebotene Wärme ungehindert zur Genüge auszukosten, — oder
- 2) der Einfluß der anderen Faktoren bekannt wäre, so daß man ihn in Rechnung ziehen könnte, — oder
- 3) dieser Einfluß so gering wäre und der der Temperatur so vorherrschend, daß die Feuchtigkeits-, Lichts- und sonstigen Faktoren nur einen korrektiven Einfluß auf das Totalresultat ausüben könnten, so wie z. B. die Temperatur auf den Quecksilberbarometerstand.

Außerdem ist es aber erforderlich, daß man überzeugt sei, daß die Temperaturänderungen stets die verschiedenen Pflanzenfunktionen in korrespondierender Richtung beeinflussen werden.

Von den drei Voraussetzungen ist natürlich die erste unmöglich. Das Weiterschreiten einer Entwicklung, welche von mehreren Faktoren abhängt, wird sich dem Gesetze des Minimums, aus der Düngerlehre wohl bekannt, unterordnen müssen. Derjenige fördernde Einfluß (oder Stoff), welcher im Verhältnis zu der benötigten Quantität, Kraft oder Umfang in geringster Prozentenzahl zugänglich ist, wird den Grad oder die Geschwindigkeit der Entwicklung bestimmen, und von den übrigen Einflüssen oder Stoffen wird nur ein Teil zur Geltung gebracht und nützlich gebraucht werden können. Nun ist es nicht wahrscheinlich, daß die Temperatur immer im Minimum sein werde. Während man bei einem Düngerversuch die Quantitäten regulieren kann, muß man die Witterungsfaktoren nehmen wie sie eben ausfallen, wobei die Temperatur nicht immer im Minimum sein wird. Jedenfalls wird die Beobachtung eine höhere Wärmemenge aufweisen als unbedingt notwendig war, denn, sobald einer der anderen Faktoren im Minimum ist, wird nicht alle Wärme benutzt werden können, und ein Ueberschuß unverbraucht bleiben. Ziegler ahnt das auch schon, und macht schon die Bemerkung für einzelne Fälle, daß bisweilen unnötig viel Wärme zugeführt wird und daß dieser Ueberschuß eigentlich nicht zu den Temperatursummen gehört. Damit ist aber die Unzulänglichkeit dieser Summen und der Unterschied zwischen Wärmeverfügung und Wärmeverbrauch (siehe S. 69) schon dargetan. — Auch die zweite Voraussetzung gehört nicht zu

den Möglichkeiten. Nicht nur die Effektgröße der übrigen Faktoren ist unbekannt, sondern auch die Richtung. Man weiß nicht, ob z. B. ein größerer Feuchtigkeitsgrad hemmend oder fördernd wirkt, und ob ihre Wirkung zu jeder Zeit und auf jede Pflanze, und unter allen Temperaturverhältnissen in derselben Richtung geht. Und wenn man auch vielleicht später besser über diese Einflüsse urteilen können sollte, so wird es doch unmöglich sein, die Effekte in der quantitativen Form von Temperaturnäquivalenten als Korrektur anzubringen.

Es bleibt also nur die dritte Voraussetzung übrig, nämlich, daß der fördernde Einfluß der Wärme so stark vorherrscht, daß die anderen Einflüsse dagegen verschwinden. Dieser Standpunkt wird von vielen Verteidigern der Vegetationskonstanten eingenommen, bewußt oder unbewußt, meistens doch, ohne ihn ausdrücklich hervorzuheben. Es ist aber nichts weiter als eine Meinung, welche durch keine Beobachtungen oder Versuche gestützt wird. Möchte es indessen gelingen, die Wahrheit dieses Satzes darzutun, dann scheint auch wieder die Möglichkeit gegeben, nach einem Ausdruck für thermische Vegetationskonstanten zu suchen in anderer Form als die der Temperatursummen.

Aber das ist nur dann möglich, wenn die Bedingung, Seite 81 in gesperrtem Druck angeführt, erfüllt ist, daß nämlich die Temperaturänderungen die verschiedenen Pflanzenfunktionen in derselben Richtung beeinflussen.

Ich gedenke in den folgenden Zeilen darzutun, daß diese Bedingung im Pflanzenleben nicht erfüllt wird.

Und hier findet sich ein Hauptpunkt vor, worüber meine Meinung der de Candolle's gerade entgegengesetzt ist. Dieser sagt: „c'est la question, de savoir quelle est la temperature utile aux végétaux, comment on peut la dégager dans les observations météorologiques des temperatures inutiles, et, après cette correction, en calculer les effects“. Aus diesem Ausspruch erhellt, was er übrigens auch anderswo sagt, daß er die Pflanze als eine Maschine, zwar eine zusammengesetzte, betrachtet, und die ihr zugeführte Wärme als die Treibkraft dieser Maschine. Nur kann nicht jeder Wärmegrad als Treibkraft ausgenutzt werden. Meiner Meinung nach ist die Wärme nur zum Teil Treibkraft, zum Teil aber auch Anlaß, wodurch die inneren Treibkräfte der Pflanze zur Geltung kommen können, und somit wird die Arbeitsleistung der Pflanze nicht mit der zugeführten Wärme proportional sein können. Quetelet geht soweit, daß er dieser Wärme, als Treibkraft benutzt, die Arbeitsleistungen der lebendigen

Energie zuschreibt, und da diese dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional ist ( $\frac{1}{2} mv^2$ ) meint er auch, die Arbeitsleistung sei hier den Quadraten der Temperaturen proportional (siehe Seite 64).

Es gibt unter den von den Phänologen notierten Pflanzenphasen viele, z. B. das Blühen von Linde, *Lilium candidum*, Hollunder, sowie die Fruchtreife im allgemeinen, die zusammenhängen sowohl mit dem Zeitpunkt der ersten Belaubungsphase dieser Pflanze als mit den äußeren Verhältnissen, welche nachher auftreten; diese Phasen sind nicht einheitlich, ich möchte sie „zusammengesetzte Phasen“ nennen und stehe von deren Besprechung als von der eines weit komplizierteren Problems ganz ab. Unter „einfachen Phasen“, wovon von nun an die Rede sein wird, verstehe ich also die Laubentfaltung und die Entfaltung der Blüten, soweit sie vorgebildet in den Knospen liegen, also vor, gleichzeitig mit, oder sehr kurze Zeit nach der Entfaltung der Laubblätter. Da die phänologischen Daten sich größtenteils auf holzige Gewächse beziehen, wird es hier am Platz sein, in Kurzem einige Bemerkungen zu machen über die Ruheperiode und Laubentfaltung.

Die Ruhezeit, welche die meisten unserer einheimischen Pflanzen im Winter durchmachen, ist keine einheitliche Erscheinung, sondern aus zwei Faktoren zusammengesetzt. Einmal ist sie Folge einer für die Pflanze notwendigen Ruhe; dazu kommt aber, daß, auch wenn dieser Zustand beendet ist, die äußeren Verhältnisse vielfach noch nicht so sind, daß die Pflanze noch nicht warten müsse. Die erste nenne ich die notwendige, die zweite, welche gewöhnlich über die erste hinausgreift, die gezwungene Ruheperiode. Es würde uns zu weit führen, die Belege hierfür darzubringen; die Erfahrung bei dem Treiben von Blütensträuchern, sowie manche Versuche, z. B. die von Askenasy (Bot. Zeitung 1877), haben dies zur Genüge festgestellt. Wenn die notwendige Ruhe vorüber ist, tritt die Phase lediglich auf äußere Veranlassung ein; die Knospe ist wie eine geladene Büchse, die nur auf einen Fingerdruck wartet um loszubrennen.

Ich wähle dieses Bild nicht nur wegen der Gleichheit, sondern auch der Ungleichheit, womit ich den Fall der Pflanze erläutern will. Denn erstens ist es hier nicht ein Fingerdruck der entscheidet (also z. B. eine Bestrahlung), sondern der Anlaß nimmt mehr oder weniger Zeit in Anspruch (unter Umständen zwar nur wenige Tage). Und zweitens ist eine Büchse entweder geladen oder ungeladen, sie kann nicht mehr oder weniger geladen sein: die Pflanze aber hat in ihrem Entfaltungsvermögen Abstufungen. Während sie im Anfange

der Ruheperiode<sup>1)</sup> gar nicht zur Aktivität zu bringen ist, tritt die Möglichkeit dazu nach Verlauf einiger Zeit schon einigermaßen ein. Zwar bringt sie dann, in entsprechende Umstände gebracht, nur noch dürftige Neubildungen, und oft Abnormalitäten zum Vorschein. Nach längerer Ruhezeit kann ein kräftiger Anlaß die Entfaltung hervorbringen unter normalen Erscheinungen. Bleibt aber dieser Anlaß aus, dann nimmt das Entfaltungsvermögen zu; ein weit schwächerer Impuls genügt jetzt schon, und wenn der auslösende Anlaß noch immer ausbleibt, geht das Belaubungsvermögen über in Belaubungstrieb und endlich in Belaubungsdrang, so dass jetzt eine geringe Ursache die Pflanze (und dann in kurzer Zeit) zur Entfaltung bringt (Frühjahr mit zurückhaltender Witterung). Das nämliche Wetter, das im Februar nur die Knospen etwas schwellen macht, wird im April Anlaß zur normalen Belaubung. Von einem absoluten Anfangspunkt der Wiederbelebung kann also keine Rede sein, und damit gibt sich das Problem des Schwellenwertes (im Sinne vom 1. Januar oder früher oder später) als kaum aufzulösen kund.

Die Frage nach den äußeren Einflüssen zerfällt also in zwei Teile: a) wie wirken sie auf die Vorbereitung, und b) wie wirken sie als Anlaß zur Entfaltung selber? Beide Fragen sind noch lange nicht endgültig erledigt, doch ist es möglich, einige Gedanken darüber hervorzuheben. Die Untersuchungen von Askenasy am Kirschbaum (Bot. Zeitung 1877) haben schon dargetan, daß die Zeit der Vorbereitung keine absolute Ruhezeit ist, sondern daß Änderungen in den Knospen stattfinden, die ihr Volum und Gewicht kaum beeinflussen, also auf inneren chemischen Umwandlungen beruhen werden. Spätere Untersuchungen u. a. von Fischer, Mer, Petersen, Rosenberg, Russow, sowie die neuesten von Bronislaw Niklewski (Beihefte Bot. Zentr.-Blatt 1905) haben gezeigt, daß im Winter in Stämmen und Zweigen manche Umwandlungen stattfinden, von denen die von Zucker in Stärke und Fett und umgekehrt, die am meisten hervorragenden sind.

Soll eine Knospe zur Entfaltung fähig sein, dann müssen folgende drei Bedingungen erfüllt werden: 1) Es muß ein neuer Belebungsreiz in dem Zellenprotoplasma geweckt sein. 2) Das Material für das Wachstum muß in brauchbarer Form hinreichend

<sup>1)</sup> W. Johannsen, (Das Aetherverfahren beim Frühreiben. 2. Aufl. Jena, Fischer 1906), unterscheidet Vorruhe, Mittelruhe und Nachruhe. In der ersten nimmt die Austreibungsfähigkeit ab, in der dritten zu, nur die zweite entbehrt absolut diese Fähigkeit. Die drei sind aber nicht scharf zu begrenzen. Was ich hier Anfang der Ruheperiode nenne, stimmt also mit Johannsens Anfang der Mittelruhe.

zur Verfügung stehen. 3) Es müssen mechanische Vorrichtungen getroffen sein, damit die Kräfte, die von der Außenwelt ausgehen, nützlich arbeiten können.

1) Auf welche Weise und in welcher Zeit das Protoplasma den Reiz für das neue Leben empfängt, ist meines Wissens nicht bekannt; jedenfalls ist im Winter das Leben nicht so stark herabgedrückt wie bei einem Samen, und man soll unter „Wiederbelebung“ gewiß nicht eine, sondern einen Komplex von Erscheinungen begreifen, von denen sich vielleicht bei genauer Kenntnis manche als mehr zum mechanischen oder chemischen Teile gehörig herausstellen werden. Was man jetzt unter Wiederbelebungszusammenfassen kann, ist gewiß außer von anderen Umständen, z. B. Verwundung, Narkose, Eintrocknung, auch von der Temperatur abhängig, aber nicht proportional, mit Temperaturerhöhung; im Gegenteil, auch niedere Temperaturen wirken als Reiz, und bisweilen gerade abwechselnde, intermittierende Temperaturen. In der Natur wie in der Kultur findet man dafür Belege, auf welche ich hier, des Raumes halber, nicht näher eingehe. Jedenfalls darf man schließen, daß die „Wiederbelebungskraft“ sich gar nicht proportional mit der Temperatur entwickelt; daß sie im Gegensatz bisweilen in umgekehrtem Sinne davon abhängig ist, und daß die Temperaturen unter 0° C. dafür nichts weniger als gleichgültig sind, womit auch die Schwelle von 0° C. und das Weglassen der Frosttemperaturen unzulänglich erscheint.

2) Das Material für das Wachstum soll in genügender Menge zur Verfügung stehen. — Die Entfaltung der Knospe beruht in ihrer ersten Periode hauptsächlich auf Zellstreckung der schon vorgebildeten Organe; dafür ist in erster Linie eine ziemlich große Quantität löslicher Kohlenhydrate nötig. Diese Kohlenhydrate sollen durch Umlagerung von hauptsächlich Stärke oder Fett entstehen. Die letzten Untersuchungen von Niklewski (s. oben) haben dargetan, daß die Fettbildung und Fettlösung in den Bäumen (Linde, Birke) unabhängig von der Richtung der Temperaturveränderung von statten geht, daß es also durch entgegengesetzte Temperaturfolge nicht gelingt, den Prozeß umzukehren. Was die Umwandlung von Stärke in Zucker anbelangt, so wird diese durch Kälte beschleunigt; es ist aber nicht wahrscheinlich, daß, ähnlich wie bei der Kartoffel (Müller-Thurgau), bei erhöhter Temperatur der Zucker sich wieder zum Teil in Stärke zurückbilde. Meine eigene Untersuchungen<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> H. Bos. Handelingen van het 6<sup>e</sup> Ned. Nat. en Geneesk. Congres, und H. Bos. De rusttijd der planten. Tijdschrift v. Tuinbouw, Jaarg. 1897.

mit der Einspritzung von diastasehaltiger Flüssigkeit in Erlenzweige zeigen auf eine Abhängigkeit der Erlenblüte von der Anwesenheit dieses Enzyms, d. h. von der des gebildeten Zuckers. Ohne weiter in Einzelheiten hierauf einzugehen, versteht man doch schon, daß die verschiedenen chemischen Umwandlungen, welche schließlich zu der Anwesenheit des Wachstummaterials in geeigneter Form führen, oder wenigstens damit enden, keine einfache Funktion der Temperatur darstellen, ja, daß bisweilen niedere Temperatur bisweilen besser in dieser Richtung wirkt als höhere. De Candolle gibt zu, dass auch unter 0° C. chemische Umwandlungen stattfinden, aber er ist der Ansicht, daß man diese ruhig unbeachtet lassen darf.

3) Die Belaubungsfähigkeit ist am Ende auch noch abhängig von der Frage, ob die äußeren Agentien, die die Entfaltung hervorrufen sollen, die mechanischen Vorrichtungen in der Pflanze vorfinden, worauf sie ihren Einfluß zur Geltung bringen können.

Es ist sowohl durch Versuche als durch Beobachtungen konstatiert worden, daß der Anlaß zur Belaubung, wenigstens in den meisten Fällen nicht ausgeht von der Außenwirkung auf die Wurzeln, sondern auf die Zweige und Stämme. Der Baumsaft steht im Frühjahr unter einem Drucke, der mehr im Inneren des Holzes, als in den Wurzeln seine Ursache findet. Durch Erwärmung des Holzes, zumal durch direkte Bestrahlung wird sie gesteigert, und die Erhöhung der Bestrahlungstemperaturen wirkt also fördernd. Es liegt also nahe, anzunehmen, daß in der Belaubungsperiode selbst die Entwicklung, zwar vielleicht nicht proportional, doch in gleicher Richtung mit der Temperatur weiterschreitet, und ich habe auch nirgendwo leugnen wollen, daß die zugeführte Wärmemenge die Entwicklung selber beeinflusst. Wie kann nun aber diese Wärme einwirken? Vielleicht auf mehr als eine Weise. Aber gewiß ist hier auch in erster Linie mit im Spiele die Ausdehnung der in den Gefäßen enthaltenen Luftblasen, welche, zwischen den Flüssigkeitssäulchen eingeschaltet, die sog. „Jaminsche Kette“ bilden. Die Luft in diesen Blasen stammt aber aus dem im Winter aufgenommenen Wasser; und je öfter dieses erneuert wird, desto mehr Luft wird eingeführt. Diese Erneuerung hängt nun aber in erster Linie mit der relativen Feuchtigkeit zusammen, welche in kalten Wintern gewöhnlich geringer ist, und somit günstiger wirken kann als in weniger kalten, in welchen Niederschläge größer sind. Diese mechanische Vorbereitung würde also auch nicht im mindesten proportional mit der Temperatur sein; wohl, wie oben gesagt, die Art, wie sie bei der Entwicklung mitwirkt. Ich gehe auf die Sache

selber hier nicht weiter ein, ich bringe sie nur vor, um die Vielseitigkeit der Vorbereitungsperiode zu demonstrieren.

Es erleuchtet aber aus voriger Betrachtung der Ruheperiode, daß erstens die Vorbereitung nicht in derselben Richtung mit der Temperatur fortschreitet, also keine einfache Funktion der Temperatur darstellt, und zweitens, daß wenigstens der Faktor der relativen Feuchtigkeit nicht vernachlässigt werden darf, daß also die dritte Voraussetzung (Seite 81) an Wahrscheinlichkeit verliert. Da weiterhin im Verlauf der Auseinandersetzung schon betont wurde, daß weder von einer zeitlichen Schwelle noch von einer Temperaturschwelle die Rede sein kann, so erweist es sich als unwahrscheinlich, daß man den fördernden Wärmezufuß, dem die Pflanze untersteht, in einer mathematischen Form je wird ausdrücken können.

Etwas anderes würde es sein, wenn man die Belaubungsperiode an und für sich betrachten könnte. Wegen des Uebereinandergreifens der Vorbereitung und der eigentlichen Entwicklung ist das nicht tunlich, aber gesetzt es gelänge, dann könnte vielleicht in der Theorie eine Verbindung aufgestellt werden, da gewiß die Temperatur dann bei weitem den größten Einfluß ausübt. Da die Temperaturen dieser letzten Wochen nun die höchsten sind, und in der Temperatursumme also viel Einfluß haben, kann man verstehen, daß die ganze Temperatursumme, obwohl irrationell, doch unter den Einfluß dieses mehr rationellen Teiles kommt und größere Konstanz zeigt als die eines festen Datums.<sup>1)</sup>

Wo man nun für die von mir sogenannten „einfachen“ Phasen prinzipiell keine thermischen Vegetationskonstanten annehmen kann, da ist es selbstredend bei der „zusammengesetzten“, wie späte Blüte, Fruchtreife und dergl., erst ganz unmöglich.

Ich möchte im Lichte meiner Betrachtungen über die Ruhezeit und den Entwicklungstrieb noch hinweisen auf eine in der Lehre von den thermischen Vegetationskonstanten ganz unverständliche abnormale Entwicklung, welche sich in verspäteten Frühlingsen nicht selten zeigt und unter dem Namen „Inversion“ bekannt ist. Während sich z. B. bei den Schlehen normaler Weise erst die Blüten und nachher die Laubblätter entfalten, kommt es mitunter in verspäteten Frühlingsen vor, daß die Reihenfolge umgekehrt wird. Mit der

<sup>1)</sup> Die Methode Quetelets, der die Temperaturquadrate addiert, gibt auch, obwohl aus einem anderen Grunde angewendet (siehe Seite 83), das Uebergewicht an die höheren (also durchweg die spätesten!) Temperaturen, und dadurch ergibt sich die Möglichkeit einer noch größeren Uebereinstimmung.

Temperatursummenlehre läßt sich das nicht reimen. Ich erkläre mir aber solches wie folgt: Die Blütenknospen waren schon lange vorbereitet, sie konnten es aber durch Wärmemangel nicht zur wirklichen Entwicklung bringen. Unterdessen sind die Blattknospen mit ihrer Vorbereitung fertig geworden, und eines Tages sind sie also beide fertig. Kommt nun die auslösende Temperatursteigerung, so schreiten sie beide zur Entwicklung, aber die Blattknospen, die sich zu größerer und schnellerer Entwicklung gerüstet, entziehen den Zweigen das meiste Wasser, die Blütenknospen bleiben zurück und können sich nun erst entfalten, wenn das Wurzelsystem sich energisch an der Entwicklung beteiligt und also der Drang nicht mehr allein bloß von der Zweigerwärmung ausgeht.

### 5) Schlußfolgerungen.

- 1) Die Methode, welche man bei den Temperaturmessungen behufs der Temperatursummen für eine bestimmte Pflanzenphase befolgt hat, gibt kein Maß für die Wärmeverfügung und erst gar nicht für den Wärmeverbrauch der Pflanze.
- 2) Die Temperatursummen, nach obiger Methode zusammengestellt, zeigen keine genügende Uebereinstimmung, um der Voraussetzung Raum zu geben, daß sie eigentlich konstant sein sollen und ihre Schwankungen nur den Beobachtungsfehlern und dem Mangel der Korrekturen zuzuschreiben sind.
- 3) Es ist nicht wahrscheinlich, daß, auf anderem Wege erhaltene oder in einer anderen Einheit ausgedrückte Beobachtungszahlen ein einfaches Verhältnis aufdecken werden zwischen dem vorhergehenden Wärmeverbrauch und dem Datum einer Pflanzenphase. Die sogenannten thermischen Vegetationskonstanten sind somit prinzipiell nicht zulässig.

Es sind gegen die Lehre der Temperatursummen von der Seite der Physiologen schon manche Einwände erhoben. Auch der Pflanzengeograph Drude hebt in seinem Handbuch der Pflanzengeographie (1890) manche der von mir erörterten Bedenken hervor. So sagt er: „Nun ist aber nicht einmal vom theoretischen Standpunkte aus ein konkretes Verhältnis zu fordern“, ein Ausspruch, für den ich im Vorigen meine, die Belege dargebracht zu haben. Auch zählt seines Erachtens die Zeitdauer der Ruheperiode an und für sich mit, also auch die Tage mit Temperaturen unter 0° C.; und die oben besprochenen Inversionen sind auch ihm ein Widerspruch gegen die Theorie.

Merkwürdiger Weise fußt er aber in einer anderen Schrift: „Die Kulturzonen Sachsens beurteilt, nach der Länge der Vegetationsperiode (1892)“ ganz auf de Candolle und benutzt Temperatursummen, die in diesem Sinne gezählt werden, wenigstens für einjährige Pflanzen. In seinem Buche: „Deutschlands Pflanzengeographie“ (1895) bespricht er das Problem kritisch. Staub wirft den Physiologen vor, daß sie an die Stelle der Wärmesummen „nichts anderes zu setzen wissen.“ Das ist aber eben, was ich angestrebt habe, zu beweisen, nämlich, daß es nichts in dieser Richtung geben kann.

Daß man mit einer Theorie wie obenstehende zum Vorschein gekommen, kann man sich denken; man hat aber die orientierenden Beobachtungen zu lange fortgesetzt, da man zu keiner genaueren Uebereinstimmung gelangen konnte und durch statistische Künsteleien ersetzen wollen, was auf dem natürlichen Wege nicht erreichbar erschien, dabei den Beobachtungsfehlern und „Ausnahmefällen“ zugeschrieben, was in der Natur des Problems liegt.

Zum Schlusse noch eine Bemerkung in der Richtung der Praxis. Die Bodenkultur benutzt öfters die Resultate der Wissenschaft, und, indem einerseits diese Resultate schwer bei ihr zur Geltung kommen, verehrt sie andererseits bisweilen die Wissenschaft unbedingt. Speziell der Gartenbau, in dem der Zusammenhang mit der Wissenschaft noch nicht so groß ist als in der Landwirtschaft, ist bisweilen geneigt, sich wie ein Raubtier auf die Ergebnisse der Wissenschaft zu stürzen, wenn diese ihre Resultate in leicht faßbarer, und zumal in zahlenmäßiger Form präsentiert. Er hat noch zu wenig Ahnung von dem richtigen Gebrauch der Zahlen und von ihrer Verfügblichkeit, er nimmt sie und ihre Schlußfolgerungen ruhig an, da er sich nicht für diese verantwortlich fühlt. Er assimiliert öfters die halbreifen Ergebnisse der Botanik, obwohl er sich damit eigentlich mehr schmückt, als daß er sie benutzt. Wenn er sie aber benutzt und sie zu verkehrten Resultaten in der Praxis führen sieht, dann wirft er sie jähzornig wieder aus seinem Gebiete hinaus, und die ganz reifen Ergebnisse folgen dann auch leider den halbreifen. Es sind nicht die rein praktischen Leute, die so denken, diese nehmen, einzelne hervorragende Vertreter ausgenommen, vielfach nur schwierig das Dargebotene an. Es sind vielmehr die halbreifen Praktici, die auf die ersten herabsehen, und sich breit machen auf Grund ihrer sogenannten wissenschaftlichen Bildung.

Die Lehre von den Temperatursummen hat in der oben bestrittenen Form noch nicht oder nur vereinzelt ihren Einzug in den wissenschaftlichen Gartenbau gehalten. Zwar hat man, auf

de Candolle fußend, für den Weinbau Temperaturregeln aufgestellt (z. B., daß die Vegetation anfängt bei einem Monatsmittel von  $10^{\circ}$  C., und endet bei der nämlichen Temperatur, daß die Temperatursumme in den Vegetationsmonaten mindestens  $2900^{\circ}$  C. sein soll, daß die Zahl der Tage, an welchen es regnet, in dem Monat der Reife nicht größer als 12 sein soll usw.), die für West- und Mittel-Europa vielleicht mehr oder weniger gültig sind, aber für andere Gegenden, z. B. für Süd-Rußland und Ost-Amerika nicht zutreffen. — Aber von den Temperatursummen im oben erwähnten Sinne ist jetzt der Gartenbau noch frei; es steht jedoch zu befürchten, daß die Regel, ihres bestechenden Scheins wegen, vielleicht unter den halb theoretisch gebildeten Gärtnern ihre Anhänger finden möchte. Und gerade davor möchte ich warnen, wenn die Zahlen der thermischen Vegetationskonstanten vielleicht einmal ihren Weg zu einer Fachzeitschrift finden möchten. Man wird z. B. einmal gewiß dazu kommen, eine bessere Einsicht zu gewinnen in die jetzt noch locker zusammenhängenden speziellen Regeln und Regelchen, z. B. beim Treiben von allerhand Blütensträuchern, und vieles, was jetzt noch vereinzelt in kümmerlicher Form bekannt ist, wird alsdann von einem höheren Standpunkte aus betrachtet, verbunden und von unnützen Anhängseln befreit werden. Aber gerade dann möchte die Gefahr nahe liegen, sich auf die thermischen Konstanten als auf eine wissenschaftliche Basis stützen zu wollen.

---

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen des Botanischen Vereins Berlin Brandenburg](#)

Jahr/Year: 1906

Band/Volume: [48](#)

Autor(en)/Author(s): Bos H.

Artikel/Article: [Zur Kritik der Lehre von den thermischen Vegetations-Konstanten, auch in Bezug auf Winterruhe und Belaubungstrieb der Pflanzen. 62-90](#)