

Studien

über das

Wärmebedürfniss der Pflanzen

mit Rücksicht auf den Darwinismus

von

A. Tomaschek.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 10. April 1872)

Den Gegenstand der nachfolgenden Auseinandersetzung soll insbesondere die Frage bilden, ob unter der Voraussetzung der Variabilität des pflanzlichen Organismus, bei der Annahme der Unbeständigkeit der Arten, zur Bestimmung der Abhängigkeit der Phasenfolge von den Temperatur-Verhältnissen constante Werthe erlangt werden können.

Wir setzen in der Pflanze eine Reihe physiologischer Vorgänge voraus, welche in ihrer bestimmten Aufeinanderfolge und in ihrem wechselseitigen Ineinandergreifen, allerdings von äusseren Agentien beeinflusst, die Individualität des pflanzlichen Organismus ausmachen.

Indem der Pflanzenkörper sich aus dem ihm zu Gebote stehenden Materiale, nach der ihm inwohnenden Gesetzmässigkeit, unter Benützung der ihn umgebenden Verhältnisse, selbst aufbaut, ist derselbe durchaus nicht einer Maschine, die von Aussen getrieben wird zu vergleichen.

Dieser im Innern der Pflanze waltende individualisirte Bildungs- und Gestaltungsprozess ist nicht einfach Produkt der jeweilig sie umgebenden Kräfte. Er hat vielmehr in Folge des generationsweisen Zusammenhanges der Individuen, in allen Einzelheiten seine Geschichte.

So kann ein Individuum, zu Folge der besonderen Einflüsse, denen es unterliegt, sich neue Befähigungen erwerben oder bereits ihm zugekommene verlieren. Beides aber, die Erwerbung und der Verlust können nach dem anerkannten Gesetze der Erblichkeit auf neue Individuen übergehend, diesen entweder zur Sicherung ihrer Existenz nach Umständen überwiegende Kräfte gegenüber den anderen Individuen gewähren, oder in anderen Fällen ihren Untergang veranlassen.

Was insbesondere die Beziehungen der Pflanze zur Wärme anbelangt, so können wir uns dieselben nach dem Gesagten als eine Anpassung, als eine oft höchst überraschende Harmonie in den Bewegungserscheinungen des Pflanzenlebens mit den Bewegungen der Wärme vor-

stellen deren Ziel die Erhaltung und der Fortbestand des Individuums und der Nachkommenschaft ausmacht.

Es würde zu weit führen hier die oben erwähnte Anpassung im Gebiete der Pflanzenwelt ins Einzelne zu verfolgen. Nur soviel muss hier herausgehoben werden, dass die Pflanzen nicht allein in dem Verlaufe der physiologischen Prozesse und der Phasenfolge ihrer Entfaltungs-Erscheinungen der Wärme akkomodirt erscheinen, sondern selbst die morphologischen Eigenthümlichkeiten das Gepräge jener Einflüsse an sich tragen unter denen die Wärme besonders hervorragt.

Werfen wir nun einen Blick auf die wunderbare Anpassung, welche die Flora der arktischen Zone, die der Alpenwelt oder nur die uns näher liegende des Frühlings, in allen Einzelheiten erkennen lässt.

Die Oekonomie in der Massenentwicklung, die mangelhafte Streckung der Internodien und die damit im Zusammenhange stehende Annäherung der Blattkreise, das Verbergen der zur Ausdauer bestimmten Theile unter der Erde, die direkten Schutzmittel gegen die Kälte in der Behaarung und in dem Ueberzuge mit Harzen, die Ausnützung der Insulations-Wärme durch oberirdische Theile, das Hervortreten grösserer prachtvoll gefärbter Blüthen zur leichteren Ermöglichung der Befruchtung durch die Vermittlung der Insekten sind lauter Beweise der erwähnten Harmonie.

Wie evident einerseits die Abhängigkeit des Pflanzenlebens von der Wärme erscheint, so dass ein inniges Zusammengehen der Pflanzen-Entwicklung mit dem Steigen der Temperatur für Niemanden zweifelhaft erscheint, ebenso schwierig erscheint die Frage über die Wärmebeziehungen der Pflanzen, wenn es sich um die Feststellung eines numerischen Massstabes zur Messung des Fortschrittes der Wachstums-Erscheinungen handelt.

An Versuchen aller Art diese Frage zu lösen fehlte es zu keiner Zeit, doch blieben bis jetzt die Methoden derjenigen, die sich mit dieser Aufgabe befassen sehr auseinandergehend.

Während die überwiegende Mehrzahl der Forscher die Lösung dieser Frage über die Abhängigkeit der Pflanzenentwicklung von der klimatischen Wärme in der Feststellung constanter Werthe sucht, hält neuerdings Wladimir Koeppen die Aufstellung solcher Werthe für eine blosser Illusion. (Wärme und Pflanzenwachsthum etc. Bulletin de la société impr. des naturalistes de Moscou 1870.)

Allerdings ist das allmähliche Steigen der Wärme nicht der einzige Faktor, der den Fortschritt in der Entwicklung der Vegetation normirt; wir sind vielmehr noch nicht einmal zur Kenntniss aller jener Potenzen gelangt, welche die Entwicklung der Vegetation und ihre Anpassung an

die Jahreszeiten bedingen, doch bleibt gewiss die Anhäufung und Steigung der Wärme vor allem am wirksamsten.

Krašán (Studien über die periodischen Lebenserscheinungen der Pflanzen etc. Verhandlungen der k. k. zoolog. bot. Gesellschaft in Wien. 1870 p. 351) hat grösstentheils theoretisch das Wechselverhältniss der wichtigsten Faktoren Feuchtigkeit, Licht, Nährstoffe und Wärme zu bestimmen gesucht und darauf hingewiesen, dass sich diese Grössen im Wachstumsprocesse nicht bloß wie Faktoren verhalten, sondern sich auch nach einem bestimmten Verhältnisse gegenseitig in Wirksamkeit versetzen, während die Ueberschüsse unbenützt bleiben oder zu anderen Functionen verwendet werden. Er hat dieses Verhältniss Bindungsverhältniss genannt, weil durch jede bestimmte Menge von Feuchtigkeit ein bestimmtes Quantum von Licht, Nährstoff und Wärme durch jede bestimmte Menge von Wärme ein bestimmtes Quantum von Feuchtigkeit, Licht und Nährstoff wirksam gemacht, gleichsam gebunden wird. Es ist begreiflich, dass auch diese Methode nur dann eine sichere Begründung erlangen kann, wenn durch passende Beobachtungen bestimmte Werthe numerisch festgestellt werden.

Zur Bestimmung constanter Werthe gibt Alex. v. Humboldt (Kleinere Schriften 1. B. 1853. Von den isothermen Linien etc. p. 275) folgende Andeutungen:

An allen Orten, deren Mittel-Temperatur unter 17° ist, tritt das Wiedererwachen der Natur im Frühlinge ein: in dem Monate, dessen Temperatur 6° bis 8° erreicht. Erreicht ein Monat:

$5^{\circ}5$ so sieht man blühen den Pflirsichbaum (*Amygdalus persica.*)

$8^{\circ}2$ " " " " " Pflaumenbaum (*Prunus domestica.*)

$11^{\circ}0$ " " " Blätter treiben die Birke (*Betula alba.*)

In Rom ist es der März, in Paris der Anfang des Mai, in Upsala die Mitte Juni. Beim Hospitz des St. Gotthard kann die Birke nicht fortkommen, weil der wärmste Monat des Jahres dort kaum 8° erreicht. Addirt man die Mittel-Temperaturen der Monate über 11° zusammen, d. h. die Temperaturen der Monate, in welchen die ihre Blätter verlierenden Bäume vegetiren, so hat man ein ziemlich genaues Maass von der Kraft und Dauer der Vegetation. In dem Maasse als man nach Norden vordringt wird das Pflanzenleben auf einen kürzeren Zeitraum beschränkt. Im mittäglichen Frankreich sind es 270 Tage im Jahre deren Mitteltemperatur 11° überschreitet, d. h. die mittlere Temperatur, welche die Birke erfordert um ihre ersten Blätter zu entwickeln. In St. Petersburg ist die Anzahl dieser Tage nur 120. Diese zwei so ungleichen Vegetations-Cyclen haben eine nur um 3° verschiedene Mittel-

Temperatur, und dieser Wärmemangel wird selbst durch die Effekte des directen Lichtes ausgeglichen, welches auf das Parenchym der Pflanzen im Verhältniss der Tageslänge wirkt.

Nach Adanson und Bousingault (Bousingault. *Economie rural* übersetzt von Graeger. 2. B. 1844) erhält man für dieselbe Pflanze einen unveränderlichen Werth, wenn man die mittlere Wärme der Vegetationszeit mit der Anzahl der Tage multiplicirt die vom Anfang bis zu Ende des Wachsthums verflossen sind.

Bousingault hat insbesondere annuelle Pflanzen und zwar cultivirte Arten ins Auge gefasst. Das durch die Bemühungen Quetelets (Quetelet *Instructions sur l'observation de phénomènes periodiques* 1840) und C. Fritsch fast über alle Theile der civilisirten Welt ausgedehnte System phänologischer Beobachtungen, hat insbesondere C. Fritsch Gelegenheit gegeben, die Beständigkeit der Wärmesummen in mehrjährigen Mittelwerthen auch in Betreff des Eintrittes der Belaubung, der Blüthe und Fruchtbildung mehrjähriger Arten zu erproben und so einen Index festzustellen, nach welchem die Phasenfolge der jährlichen Vegetation abläuft. C. Fritsch hat die Berechnungen auf 889 Pflanzenarten ausgedehnt. Höchst überraschend ist die genaue Uebereinstimmung der jährlichen Summenwerthe gerade bei jenen Arten, welche spät blühen und fruktificiren, z. B. bei *Catalpa syringifolia*. $\Sigma = 1193^{\circ}.8 \pm 13.8$. Hingegen *Aesculus hippocastanum* z. B. $\Sigma = 409^{\circ}.7 \pm 23.1$.

Nach vielfältigen Versuchen gelang es auch mir eine befriedigende Uebereinstimmung der auf ähnliche Weise berechneten Wärmesummen betreff der phänologischen Daten für die Umgebung Lembergs zu erzielen. Ich halte jedoch die Darstellung der Constanten, durch blosse Summenwerthe für die Blüthe und Fruchtreife aus dem Grunde für nicht ausreichend, weil die verschiedenen Temperaturen, aus welchen diese Summen entstanden, für das Gedeihen der Pflanzen in allen verschiedenen Phasen ihres Lebens nicht gleichwerthig sein können. Jede Phase der Wachstumsperiode ist bestimmten Wärmegraden angepasst, so dass der Blütenentwicklung andere Temperaturhöhen günstiger erscheinen als der Blatt- und Fruchtentwicklung. Wie sehr die Summenformel als passender Ausdruck für die Massenentwicklung gelten kann, erscheint sie jedenfalls unzureichend zur Darstellung der Entfaltungerscheinungen. Es kann wohl nicht geläugnet werden, dass die physiologischen Vorgänge der verschiedenen Entfaltungerscheinungen bestimmten Temperaturen angepasst sind. Eben desshalb ist auch der Eintritt des Blühens und Fruktificirens an verschiedene Jahreszeiten gebunden, weil die Höhe der Temperatur zur Regulirung der individuellen Lebensvorgänge mass-

gebend erscheint. Wäre die Temperaturhöhe der Pflanze in den verschiedenen Stadien ihrer Entwicklung gleichgültig, so müssten beispielsweise jene Vorgänge, die in Folge geringer Wärmemenge erfolgen bei fortschreitender Wärmeanhäufung und wachsender Temperaturhöhe sich öfters wiederholen und doch finden wir *Corylus Avellana* ungeachtet der hierzu nothwendigen nur geringen Wärmemengen nicht den ganzen Sommer hindurch blühend.

Es ist hierbei nicht vorauszusetzen, dass das Aufblühen der Kätzchen desshalb im Frühlinge erfolgt, weil die Anstrengung der Pflanze in früherem Jahre zur Bildung der Kätzchen nothwendig war, da weder die Frucht noch die Blüthe so massig gebildet sind, um eine so tiefgreifende Erschöpfung der Pflanze nach sich zu ziehen. Das ausnahmsweise Auftreten der zweiten Blüthezeit mehrerer Baumarten im Spätsommer oder Herbst bestätigt unsere Ansicht, weil die Ordnung des zweiten Aufblühens den abnehmenden Werthen der Temperaturmittel entsprechend, eine umgekehrte ist. Es blühen das zweite Mal *Robinia Pseudoacacia*, *Aesculus Hippocastanum* früher wieder auf als die Obstbäume oder das Märzveilchen. Die geringere Energie der zweiten Blüthenentwicklung hat offenbar ihren Grund in der abnehmenden Reihe der Temperaturmittel, da sich die Pflanzen der gemässigten Zone gegen das Steigen der Temperatur im Frühlinge und Sommer durchaus nicht gleichgültig verhalten.

C. Fritsch selbst hat das unzureichende der Summenformel als einzigen Ausdruck für das Wärmebedürfniss der Arten dadurch anerkannt, dass er für den Eintritt der Blüthenzeit und der Fruchtreife das Maximum und Minimum der Temperatur des Zeitraumes der Entwicklung beisetzte wodurch er jedenfalls den Werth seiner Arbeit bedeutend erhöhte.

Ich habe zuerst nach 5jährigen später nach 10jährigen Beobachtungen nachgewiesen, dass von beiden Faktoren, aus welchen die Wärmesumme besteht der eine, die Dauer der wirksamen Periode, veränderlich, die mittlere aktive Temperatur — der andere Faktor nahezu constant sei. Aus diesen Untersuchungen ging hervor, dass alljährlich zur Zeit der Blüthe der meisten Baumarten der Umgebung Lembergs auffallend übereinstimmende Summen und Mittelwerthe der Temperatur eintraten und es blieb über die Harmonie der Temperatur-Verhältnisse mit der Entwicklung der Blüten kein Zweifel. Wir sahen das Eintreffen der Blüthezeit sowohl der Höhe der Temperatur des vorhergegangenen Zeitraumes als eben auch einer gewissen Dauer der Einwirkung derselben, welche sich in der Summe darstellt auf überraschende Weise angepasst. Die Ergebnisse waren folgende:

Prunus cerasus dulcis nach 10jähr. Beobachtungen (1857—1868) blüthe bei einer Höhe der Mitteltemperatur von 3·58 R. \pm 0·07

Prunus Padus nach 12jähr. Beobachtung (1857—1868) am 5. Mai im Mittel der Jahre 1852—1868 blüthe bei einer Höhe der Mitteltemperatur von 3·82 R. \pm 0·04

Aesculus Hippocastanum nach 16jähr. Durchschnitt am 15. Mai blüthe bei einer Höhe der Mitteltemperatur von 4·36 R. \pm 0·1

Robinia pseudo Acacia nach 14jähr. Durchschnitt am 3. Juni blüthe bei einer Höhe der Mitteltemperatur von 5·81 R. \pm 0·12

Tilia grandifolia am 23. Juni blüthe bei einer Höhe der Mitteltemperatur von 7·1 \pm 0·2

Nur das Jahr 1862 bildete eine Ausnahme. In diesem Jahre waren nach lange andauerndem Froste im Jänner und Februar, Ende März plötzlich unverhältnissmässig hohe Temperaturen eingetreten, so dass zur Zeit des Eintrittes derselben die genannten Arten zur Entfaltung noch nicht vorbereitet waren. Die Summen der Tagesmittel hingegen waren in diesem Jahre zur Blüthezeit der genannten Arten kleiner als das 10jährige Mittel. Die ausnahmsweise höheren Mitteltemperaturen dieses Jahres haben also eine geringe Dauer der Einwirkung derselben zur Folge gehabt.

Professor Hoffmann in Giessen hat den obigen Werth für *Prunus avium* auf 3·672 bestimmt, ohne sich jedoch mit dieser gewiss überraschenden Uebereinstimmung zufrieden zu stellen, da er unbegreiflicher Weise die nahe Uebereinstimmung der nach gleicher Methode gewonnenen Werthe, der bei der Berechnung der Mittel erfolgten Verkleinerung der Zahlen zuschreibt.

Auch C. Fritsch hat später für einige Arten auf gleiche Weise wie wir in Lemberg, die Werthe der aktiven Mitteltemperaturen für Wien berechnet. Auch er hat jedoch die nahe Uebereinstimmung der gewonnenen Resultate nicht ausreichend gewürdigt, da er die obigen Mitteltemperaturen für sich allein ins Auge fasste und nicht bedachte, dass sie im Laufe des Frühlings allmählig erreicht werden und somit eine dauernde Einwirkung derselben erforderlich erscheint. Die auf die Bäume bis zur Blüthezeit einwirkenden Tagesmittel bilden eigentlich eine Reihe deren Wirksamkeit eben aus dem Mittel ihrer Werthe beurtheilt werden kann.

So sehr erscheinen insbesondere die Bäume empfindlich gegenüber der Wärme, dass sie alljährlich genau nach den jeweiligen thermischen

Verhältnissen die Blüthezeit ändern. Mit Umsicht angestellte phänologische Beobachtungen können während der Vegetationsepoche nicht nur einigermassen das Thermometer ersetzen, sondern gestatten auch einen richtigen Schluss auf die geographische Position wie der Erfolg beweist den die Anwendung der von C. Fritsch berechneten geographischen Constanten der Blüthezeit, hatte.

Wie empfindlich die Vegetation gegenüber der jährlichen Aenderung der Temperatur-Verhältnisse ist, zeigt sich beispielsweise in der Berücksichtigung der Blüthezeiten in dem für die Vegetation günstigem Jahre 1869. Damals blühen auf:

In Lemberg:	In Wien:
Der Kirschbaum am 23. April,	am 15. April,
Die Traubenkirsche am 28. April	„ 16. „
Die Rosskastanie „ 7. Mai,	„ 24. „
Die Robinie „ 23. „	„ 13. Mai.

Diese Daten zeigen gegenüber den mehrjährigen (12—19jährigen) Mitteln einen Vorsprung von +7.5 Tagen für Lemberg und +9 Tagen für Wien, also für Lemberg einen Vorsprung etwa 2 oder 2.2 Breitengraden entsprechend, oder 0.68 der Differenz der Blüthezeit zwischen Wien und Lemberg, welche übereinstimmend aus genauen Beobachtungen und aus den oben erwähnten geographischen Constanten von C. Fritsch sich auf 11 Tage im Mittel beziffert. (Vergl. Zeitschrift der österr. Gesellschaft für Meteorologie N. 12. 1869. p. 312.)

Nicht alle Gewächse sind wie die Bäume in ihrer Blüthezeit an gewisse Monate des Jahres gebunden, auch ragen dieselben mit ihrer Krone hoch in die Luft und nicht selten ist ein grösserer Theil der Organe im Schatten verborgen, daher auch diese grösstentheils von der Schattentemperatur beeinflusst werden und den Schwankungen der Wärme am meisten folgen. Indessen kann auch bei den Bäumen eine Ausbeutung der solaren Wärme, Insulations-Wärme der strahlenden Wärme der Sonne gegenüber der diffusen Wärme der Luft nicht in Abrede gestellt werden.

Insbesondere macht sich dieser Umstand bei den im Vorfrühlinge zur Blüthe gelangenden Baumarten im hohen Grade geltend. Man sieht im ersten Frühlinge anfänglich nur jene Kätzchen stäuben, welche sich an den der Sonne zugekehrten Zweigen befinden und zwar etwas früher an jener Seite der Kätzchen, welche gegen Süden gekehrt ist. Ja bei einigen Weidenarten krümmen sich die Kätzchen und stäuben nur an einem der Sonne zugewendetem höchstem Punkte. Ja selbst auch bei *Catalpa syringifolia* beobachtete ich, an einem im botanischen Garten zu Lemberg befindlichem Exemplare, — welches nicht alle Jahre zum Blühen

gelangte — im Jahre 1869 das Aufblühen zuerst an der Südseite, und zwar so allmählig, dass ungeachtet hoher Schattenwärme einige Tage vergingen, ehe alle nach den verschiedenen Weltgegenden gewendeten Blüten nach einander zum Aufblühen gelangten. Andererseits findet ein allseitiges Aufblühen manchmal innerhalb eines Tages bei hoher Schattentemperatur oft bei wolkenbedecktem Himmel, besonders in der Mitte der Blüthezeit der Bäume statt. Dieses Aufblühen oder vielmehr Stäuben aller Kätzchen eines Baumes an demselben Tage tritt häufig bei *Populus italica* ein. Es mag dies auch der Grund sein, warum bei den frühzeitig blühenden Arten, insbesondere den *Amentaceen* sowohl die Summenformel als auch jene für die Mittelwerthe, ungeachtet der gerade diese Arten betreffenden grösseren Sorgfalt, für die Zeit des Stäubens sehr wenig passend erscheinen. In dieser Ausbeutung der solaren Wärme, gleichen die sich im Frühlinge entwickelnden Arten jenen der arktischen Zoone, wo das Leben zuerst in den überwinterten Knospen, wenn diese von den Sonnenstrahlen getroffen werden, erwacht, während die Lufttemperatur noch tief unter dem Frostpunkte steht und das Holz der Wurzeln und Stämme noch gefroren ist.

Eben um diese Zeit entwickeln sich beispielsweise bereits die Kätzchen der strauchartigen Polarweiden und die Blüten der Alpenrose *Rhododendron parvifolium*. Es ist anzunehmen, dass die Vegetation des Frühlings nicht nur die wärmenden, sondern auch die aktinischen ultravioletten Strahlen, die nach Hunt im Frühlinge vorherrschen und insbesondere das Keimen und ähnliche auf Assimilation der Reservestoffe beruhenden Entfaltungsprozesse mächtig unterstützen und anregen, in gleichem Maasse ausbeutet.

So ist erklärlich, dass sich selbst die jedenfalls merkwürdige, neuerdings von Professor Hoffmann in Giessen nachgewiesene alljährliche Zusammenstimmung der Summen der täglichen Maxima der Insolationswärme zur Zeit des Blütenanfanges für viele Arten minder günstige Resultate liefert. Prof. Hoffmann's Methode besteht darin, die täglichen höchsten Temperaturen an einem der Sonne ausgesetzten Thermometer zu summiren.

Sein Verfahren weicht daher von jenem des C. Fritsch dadurch ab, dass er den täglichen Mitteltemperaturen die täglichen Maxima der Temperatur, und noch überdiess von einem der Besonnung ausgesetztem Thermometer substituirt. Das Instrument dessen sich Professor Hoffmann bediente, war ein gewöhnliches Quecksilber-Register-Thermometer mit ungeschwärzter Kugel auf Holz befestigt. Es war $4\frac{1}{2}$ Pariser Fuss über dem Boden am Rande eines Raseplatzes an einer freien Stelle des

botanischen Gartens in Giessen aufgestellt, in welchem sich auch die beobachteten Pflanzenexemplare befanden. Das Thermometer wurde im Jänner von früh bis 2 Uhr Nachmittags von der Sonne direkt getroffen, im Juni von Früh bis 4 $\frac{1}{2}$ Uhr Nachmittags.

Diese Beobachtungen gaben z. B. für *Aesculus Hippocastanum* folgende von der Zeit der tiefsten Winterruhe bis zur Blüthezeit berechneten Summen:

Im Jahre 1866 = 1306 $^{\circ}$ R., im Jahre 1867 = 1307 $^{\circ}$, für *Salix daphnoides* hingegen 1866 = 916 $^{\circ}$ R., für 1867 = 758 $^{\circ}$!

Ähnliche überraschende Uebereinstimmung zeigte sich bei der Beobachtung, welche Ziegler in Frankfurt nach gleicher Methode anstellte, und zwar für *Aesculus Hippocastanum* für das Jahr 1869 = 1416 $^{\circ}$, 1870 = 1411 $^{\circ}$, dies gibt jedoch ungeachtet der frappanten Uebereinstimmung in beiden Jahren an beiden Orten Frankfurt und Giessen eine Differenz von 107 $^{\circ}$ also 8 $\frac{0}{10}$ der Gesamtsumme, während nach meiner Berechnungsweise die Differenz für *Prunus avium* zwischen Lemberg und Giessen nur 2 $\frac{1}{2}$ $\frac{0}{10}$ ausmacht.

Es lässt sich somit nicht leugnen, dass alle 3 Formeln, ungeachtet ihrer jedenfalls nur beschränkten Anwendbarkeit im Einzelnen, höchst überraschende Resultate liefern. Eben deshalb kann ich keine Verwerfung derselben *a priori* befürworten, am allerwenigsten aber aus Gründen der geringen Nützlichkeit derselben zu praktischen Zwecken der Oekonomie oder Pflanzengeographie, oder wegen ihrer Einfachheit im Vergleiche zu Formeln der Physiker, welche dieselben für die Arbeit der Dampfmaschine aufstellen. Es wird besonders in letzterer Beziehung nicht nothwendig sein darauf hinzuweisen, wie oft die Natur durch die einfachsten oft unscheinbaren Mittel ihre höchsten Zwecke erreicht. Vielmehr wird es gerathen sein das Thermometer in der Hand auf Grundlage der gewonnenen Resultate immer vom neuen, nach allen möglichen Richtungen Wärmemessungen mit physiologischen Beobachtungen zugleich zu verbinden, um endlich eine allgemein gültige Form der Uebereinstimmung zu finden.

Auch Prof. Hoffmann begann mit ähnlicher Negation jeder bestimmten Formel um endlich sich ebenfalls zu einer einfachen Temperaturformel zu bekennen.

Diese überraschende Anpassung an die steigende Erwärmung des Frühlings, welche sich in dem alljährlich zur Blüthezeit wiederkehrenden Wärmesummen oder Mitteltemperaturen offenbart, hat seinen Grund in der oft durch Jahrtausende andauernden, auf natürliche Zuchtwahl gegründeten Anpassung der Organismen an die Wärmeverhältnisse ihres

Wohnortes. In der That befände sich derjenige in einem tiefen Irrthume befangen, der die klimatischen Bedürfnisse der Pflanzenarten für unveränderlich und anerschaffen hielte. Beide, sowohl diese als diejenigen Charaktere, welche die Art begränzen, sind in Folge der Plasticität der Organisation gleich wandelbar und im Laufe der Zeit erworben. Eben deshalb greifen aber auch die Wärmeverhältnisse so tief in das Wesen der Pflanze ein, dass sie sich auch in den morphologischen und physiologischen Eigenthümlichkeiten deutlich abspiegeln. Um nur eins aus der Fülle der diessbezüglichen Thatsachen aufzugreifen, so lässt sich selbst die regelmässige Vertheilung der Blüthezeiten, innerhalb des aktiven Jahres ohne der Annahme des Zusammenwirkens historischer oder geologischer, durch eine Reihe von Generationen einwirkender Ursachen nicht begreifen.

Während einerseits bei mehreren Baumarten die Phasen der Blattbildung, des Blühens und der Fruchtbildung gleichförmig innerhalb des aktiven Jahres vertheilt sind, sehen wir bei anderen Arten, den echten Frühlingsbäumen, sowohl die Blattbildung als die Blüthe und Fruchtzeit in dem engen Zeitraum weniger Wochen zusammengedrängt. Die fremde Robinie, ja selbst die Rosskastanie oder der Flieder sind unserem Klima enger angepasst als z. B. die einheimischen Weiden und Pappeln. Während bei jenen die genannten Phasen über die ganze Zeit des aktiven Jahres vertheilt sind, wird bei diesen der grösste Theil der Vegetationsperiode, und zwar jener Theil, der die am meisten belebenden Kräfte entwickelt, bloss zur Holzbildung verwendet. Die Ursache dieser Erscheinung kann zugleich mit der Verarmung an Formen unserer heutigen Flora in der Eiszeit gefunden werden, welche der gegenwärtigen Epoche voranging. Unsere Weiden insbesondere, welche sich seiner Zeit durch den zusammengedrängten Blüthenstand, durch die wenig massigen Früchte, durch die kurze Zwischenzeit zwischen Blüthe und Fruchtzeit, dem geringen Wärmebedürfnisse zur Vollendung dieser Processe und überdiess durch die Fähigkeit zur Ausbeutung der solaren Wärme irgend einem Stadium der Eiszeit vollkommen angepasst haben, fanden Gelegenheit unter dem Schutze des Frühlings den Kampf um ihr Dasein, auch in der gegenwärtigen Epoche mit Erfolg durchzuführen. Das Wurzelchen der Weidensamen durchbricht schon 12 Stunden nach der Aussaat die Samenschale, ebenso wie auch ihre Keimkraft schon nach 12 Tagen verloren geht. Sie haben sich der ungewöhnten Wärme nur durch Massenbildung akkomodirt, indem sie die Baumform angenommen, ohne jedoch ihre früheren physiologischen Eigenthümlichkeiten, rücksichtlich der Fruktifikation aufzugeben. Indessen zeigten sich auch hier

schon weitere Spuren einer grösseren Anpassung der Formen, wenn z. B. *Salix capraea* mit jenen Arten verglichen wird, deren Kätzchen ohne besonderen Schutz gegen die Kälte in späteren Frühlingstagen sich zugleich mit den Blättern entwickeln und zugleich mit der Vollendung der Blätter zum Stäuben und fructificiren gelangen. Niedere Formen, sowie Zwergformen der Birke erhalten sich auch auf Torfwiesen, wo der feuchte Boden durch die stetige Verdunstung noch mehr abgekühlt wird. So durchlaufen auch sowohl im arktischen Gebiete, als im Hochgebirge die Weiden in ihrer Art wechselnd und ineinander übergehend, nach dem Grade der zu Gebote stehenden Wärme, eine abnehmende Reihe nach dem Umfange der Zweige und der mit der Blüthe gleichzeitigen Entwicklung des Laubes.

Unlängst hat F. Ritter v. Schwind (Verh. der k. k. zoolog. bot. Gesellschaft 1871) sorgfältige Beobachtungen über die Temperatur im Innern eines lebenden Baumes angestellt und gefunden, dass die Temperatur daselbst niedriger sei als im Innern eines getödteten Baumes. Die Folgerung, welche er jedoch aus diesem Versuche macht, dass der beobachtete Wärmeverlust mit der Neubildung des Holzes, also mit dem Verbräuche der Wärme, durch Arbeit der plastischen Thätigkeit des Baumes erklärbar sei, scheint mir, ungeachtet der richtigen theoretischen Voraussetzung, allzugewagt, da die Erklärung dieser Abkühlung des lebenden Baumes, durch das Aufsteigen des kälteren Saftes aus den unter der Erde befindlichen Theilen viel näher liegt. Es ist aus den Beobachtungen von Krutsch (Untersuchungen über die Temperatur der Bäume im Vergleich zur Luft und Bodentemperatur. Tharander Jahrbuch X. 2. III.) bekannt, dass unter Tags die Aeste wärmer sind als der Stamm. Die bei der Zersetzung der Kohlensäure in den Blättern zu vermuthende Erkaltung, kann sich daher nicht bis in den Stamm erstreckt haben. Die Kohlensäure ist allerdings das Materiale aus dem die Pflanze unter Einfluss des Lichtes den Kohlenstoff entnimmt. Fallen die Sonnenstrahlen auf eine Sandfläche, so wird der Sand erwärmt, und strahlt dann so viel Wärme aus, als er erhielt. Fallen aber dieselben Strahlen auf einen Wald, dann ist die abgegebene Wärme geringer als die erhaltene, denn ein Theil der Sonnenstrahlen ist zum Bau der Bäume verwendet worden. So wie bei der Trennung chemisch gebundener Atome Wärme verbraucht wird, erscheint sie wieder, wenn die Anziehung getrennter Atome wieder ins Spiel tritt, die Verbrennung ist die Umkehrung des Reductionsprocesses und alle Kraft die in der Pflanze eingeschlossen ist, erscheint wieder als Wärme, wenn die Pflanze verbrannt wird. (J. Tyndall. Deutsche Ausgabe durch Helmholz und G. Wiedemann

1871 p. 614.) Es ist kein Zweifel, dass die Holzbildung mit Wärme- und Lichtverbrauch verbunden ist.

Es ist bekannt, dass die Holzbildung sowohl gegen Norden als gegen die Schneeegränze zu abnimmt, indem die Dicke der Jahresringe, also die Masse des in bestimmten begränzten Perioden gebildeten Holzes sich vermindert. Middendorf fand, dass die Baumstämme gegen die Polargränze immer dünner werden. Die Jahresringe der Lärche, welche in südlichen Gegenden 3 bis 5 Millimeter Dicke haben, erreichen innerhalb der Polarzoone höchstens 2 Millimeter Dicke. Man muss sich auch erinnern, dass jede Pflanze unter günstigen Bedingungen eine ungewöhnliche Ausdehnung annehmen kann. So sah man den Liguster als Baum von 12 Fuss Höhe, das Pfaffenröhrchen findet sich bis zu 10 Fuss Höhe, ebenso der Faulbaum bis 8 Fuss, der Wacholder erscheint in östlichen Gegenden oft baumartig. In Podolien an den Urwiesen erreichen selbst niedere perennirende Gewächse einen überraschenden Umfang. Mit Rücksicht auf diese Thatsachen ist es daher auch möglich, dass wie oben erwähnt, die Weiden sich der längern Dauer der Wärmeperiode der Gegenwart, gegenüber der Eiszeit durch Annahme der Baumform enger angepasst haben. Es ist höchst charakteristisch, dass in dem Masse als die Blüthezeit der Baumarten weiter in den Sommer hineingerückt erscheint, die Blüthen sich an längeren viel verzweigten blattreichern diessjährigen, daher wenig verholzten Aesten entwickeln. Diese Eigenthümlichkeit steht dem systematischen Charakter der Art fern, da die Arten bei denen die Blüthen vor den Blättern aus überwintertern Knospen hervorbrechen, verschiedenen Familien angehören. Umso inniger stehen solche Verhältnisse mit den klimatischen insbesondere thermischen Verhältnissen der Geburtsstätte in nächster Beziehung. Es scheint als Regel zu gelten, dass überall wo die Blüthe so zeitlich im Jahre eintritt, besonders wenn die Fruchtbildung bald nachfolgt oder wenigstens nicht mit Aufwand von grösserer Masse verbunden ist, der Ursprung solcher Arten in ein kälteres Klima von kurzer Vegetationsdauer fällt. Die Eigenthümlichkeiten im Eintritte und im Verlaufe der Phasen des Wachsthumes, sind insbesondere innerhalb des Vegetationscentrums, wo eine Art entstanden ist, den klimatischen und insbesondere dem Wechsel der thermischen Verhältnisse genau angepasst. In andere Länder oft durch eigene Kraft verpflanzt, suchen sie womöglich diesen Cyclus in der Phasenfolge einzuhalten, wenn ihnen nicht gelingt durch entsprechende morphologische und physiologische Umwandlungen sich den neuen örtlichen Verhältnissen zu akkomodiren. (Grisebach). Durch Summirung der Tagesmittel wird allerdings nur für diejenige Wärmemenge ein passender Ausdruck gewonnen,

welche der Pflanze dargeboten wird, nicht aber für jene Wärmemenge, welche die Pflanze selbst verbraucht hat. Es muss genau zwischen der dargebotenen und verbrauchten Wärme unterschieden werden. Bei annuellen Pflanzen soll allerdings nach der Lehre der Constanten diese Wärmemenge ein Massstab der wirklich verbrauchten Wärme sein. Wenn es sich um den Eintritt der Phasen handelt, so wird vorausgesetzt, dass die Entwicklung der Pflanze gleichen Schritt mit dem Steigen und der Anhäufung der Wärme hält, dass also die verbrauchte Wärmemenge der dargebotenen proportional ist.

Sollte es sich um die Messung des Verbrauches der Wärme durch den Lebensprocess handeln, so reichen selbst Versuche unter künstlich abgeänderten Umständen, wie sie z. B. von Sachs über die Wachstumsgeschwindigkeit beim Keimen und deren Abhängigkeit von bestimmten constanten Temperaturen nicht aus, wenn nicht auf die durch das Wachstum erfolgte Massenzunahme durch Abwägen der neugewonnenen organischen Substanz Rücksicht genommen wird.

Um solche Erfahrungen zu sammeln scheint mir das Thermometer nicht ausreichend. Es müsste allenfalls untersucht werden wie viel Pfunde Wasser von 0° bis 1° durch jene Wärmemenge erwärmt würde, welche die Pflanze zu einer bestimmten Gewächszunahme in Folge des Wachstums-Fortschrittes disponirt hat. In dieser Richtung könnten allenfalls bestimmte Schlüsse über die durch den Organismus wirklich verbrauchte Wärme gemacht werden. Allein auch in dieser Beziehung haben Messungen von de Gasparin (*influence de la chaleur sur les progrès de la vegetation. Comt. ren. X. L. p. 1089—1097*) nachgewiesen, dass durch grössere Wärmesummen die Getraidearten korn- und strohreicher also gewiss gewichtiger werden, als wenn sie eine kleinere Wärmemenge in Anspruch nehmen. Obwohl also der faktische Wärmeverbrauch der Pflanze von gleicher Art unter verschiedenen Climates schon in Bezug auf die ungleiche Menge und Dauer der dargebotenen Wärme ein verschiedener ist, so lässt sich dennoch, da die Pflanze ihre Eigenthümlichkeit rücksichtlich der Phasenfolge einhält eine gewisse übereinstimmende Gesetzmässigkeit rücksichtlich der Wärmeverhältnisse aufrecht erhalten. In dieser Beziehung hat Liensser (Petersburger Akademie 28 März 1867) das Gesetz aufgestellt: „Die an zwei verschiedenen Orten der gleichen Vegetationsphase zugehörigen Summen von Temperaturen über 0° sind den Summen aller positiven Temperaturen beider Orte proportionirt.“ Durch dieses Gesetz werden wir zunächst auf die Akklimatisirung hingewiesen, deren Besprechung sowie die Prüfung obigen Gesetzes wir einer nachfolgenden Auseinandersetzung vorbehalten.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen des naturforschenden Vereines in Brünn](#)

Jahr/Year: 1872

Band/Volume: [11](#)

Autor(en)/Author(s): Tomaschek Antonín

Artikel/Article: [Studien über das Wärmebedürfniss der Pflanzen mit Rücksicht auf den Darwinismus 111-123](#)