Der Wärmeverbrauch des Pflanzenlebens.

Von

Franz Ritter v. Schwind

k. k. Ministerialrath.

(Vorgelegt in der Jahressitzung vom 5. April 1871.)

Es ist nun bald ein Viertel Jahrhundert, zu einer Zeit, wo Mayer kaum seinen berühmt gewordenen Satz über die Aequivalenz der Wärme formulirt hatte, als mich die Frage zu interessiren begann: wohin denn alle die „Wärme“ komme, von der uns die Physik meiner Schulzeit nur lauter „Quellen“ kennen gelehrt hatte?

Obwohl damals von einer „Unveränderlichkeit der Energie“ noch keine Rede war, so erkannte man doch in so vielen Zweigen der Naturwirthschaft einen deutlichen Kreislauf, und man musste gereizt werden, den „Abzügen“ der Wärme nachzuforschen, ohne welche die Stetigkeit gefährdet scheinen konnte.

Mir als Salinen- und Forstbeamten war es besonders nahe gerückt zu erwägen, dass die Kohlensäure, welche jährlich das Verbrennen von Tausenden Klaftern Holz lieferte, vom Pflanzenleben und von diesem wieder in seine Bestandtheile zerlegt werden könne, und dass, was wir unter der Pfanne an Holz vertilgten, hinter uns im Walde wieder lustig grünend entstand, so dass mit ein und demselben Materiale von Kohlen- und Sauerstoff gewissermassen ewig fortgearbeitet werden könnte.

Da musste denn auch der Gedanke erwachen, dass die „Wärme“ — sei sie was sie wolle: Stoff, Kraft oder Aethervibration —, welche wir unter den Pfannen benützten, und zu diesem Ende aus dem alten Holze „frei“ machten, bei der Entstehung des jungen Holzes wieder, im entgegengesetzten Sinne „gebunden“ werden müsse.

Eine alte Gärtnerpraxis, nach welcher ein krankes Bäumchen erst dann verloren gegeben wird, wenn es sich warm anfühlt, gab den Fingerzeig und veranlasste mich, eine Reihe von Versuchen einzuleiten, in

welchen die innere Temperatur von Waldbäumen (abgenommen in einem Bohrloche) mit der gleichzeitigen Lufttemperatur zusammengestellt wurde.

Es wäre vorauszusehen gewesen, dass die Schnelligkeit, mit welcher die Lufttemperatur wechselt, sowie die vielseitigen Influenzirungen derselben, gegenüber der Stetigkeit, welche die schlechte Wärmeleitfähigkeit des nassen Holzes in die Temperatur der Bäume bringt, eine sehr grosse Unsicherheit in die Vergleichung legen musste und so kam es auch.

Wenn ich daher aus den zahlreichen Ergebnissen dieser Versuche in Tabelle I einige anführe, so geschieht es deshalb, weil sie zu einer anderen Vergleichung das Materiale boten, weil man daraus deutlich erkennt, dass verschiedene Holzarten unter nahezu gleichen Bedingungen eine stetige Differenz der inneren Temperaturen zeigen.

In allen Fällen zeigte sich die lebende Buche wärmer, als gleichzeitig die lebende Tanne oder der Ahorn.

Als besonders auffallend fügte ich in der letzten Zeile eine Wahrnehmung bei, die freilich weiterer Bestätigung bedarf, nämlich das Steigen der inneren Temperatur während der beobachtete Baum von einem heftigen Sturme gepeitscht wurde.

Das, was ich aber constatiren wollte: die vermuthete Beziehung zwischen dem Leben des Baumes und seiner Temperatur — das war nicht erreicht, und es mussten andere Wege gesucht werden.

Ich glaubte daher die Vergleichung auf die Temperaturen eines lebenden und eines abgestorbenen Baumes richten zu sollen, und diess konnte nur geschehen, wenn man zwei möglichst gleiche lebende Bäume in Beobachtung zog und den einen derselben sofort tödtete.

Hiezu boten sich mir zwei 32 Jahre alte, an Grösse, Ast- und Blattentwicklung sehr ähnliche Exemplare der Pyramiden-Pappel dar, welche als Glieder einer von Nord gegen Süd laufenden Baumreihe in der Umgebung des Haller Salzsud-Etablissements, auch in Beziehung auf Bodenbeschaffenheit, Stellung gegen Sonne, Wind, Regen etc. keinen Unterschied erkennen liessen.

In jedem derselben wurde 3—4 Fuss ober dem Boden schief abwärts ein Loch zur Einbringung des Thermometers gebohrt, mit Klappe und Schloss vor Beschädigungen gesichert, und es begannen mit 15. April 1864 die Beobachtungen, deren drei an jedem Tage angestellt wurden, wie es Tabelle II weiset.

Die Beobachtungen selbst leitete der Vorstand der k. k. Pfannhausverwaltung in Hall, Herr Adalbert v. Krajuag.

Von beiden Bäumen wurde der nördlich stehende, in der Tabelle mit N bezeichnete, durch Begiessen seiner Wurzeln mit hochgesättigter Kochsalzlösung und durch Beseitigung der Rinde rund um den Stamm in der Zeit vom 26. April bis 15. Juni 1864 getödtet.

Die Beobachtungen vom 15.—26. April beziehen sich also auf zwei gleiche lebende Bäume, jene vom 26. April bis Mitte Juli 1864, wo der Baum N sich völlig abgestorben wies, vergleichen einen lebenden mit einem sterbenden Baume und alle späteren Erhebungen umfassen erst, was eigentlich beabsichtigt war: die gleichzeitigen Temperaturen eines lebenden Baumes S mit einem möglichst identischen todtten Baume N.

Um die Resultate übersehen zu können, wurden sie in der Tab. III monatweise nach Summen und Durchschnitten gruppirt und das Ergebniss ist unzweifelhaft, dass der lebende Baum in allen jenen Monaten, in welchen er Holz ansetzt, kälter war als der getödtete Baum, welcher kein Holz ansetzte, also keine plastisch arbeitende Thätigkeit entwickelte.

In den Wintermonaten, wo keiner der beobachteten Bäume arbeitend lebte, verschwindet dieses Verhältniss, ja es scheint der todtte Baum der kältere zu sein; freilich aber nur um Bruchtheile von Graden, welche ausser die Genauigkeitsgrenzen der Beobachtungen fallen, daher als Null betrachtet werden können.

Noch mehr aber springen die Resultate in die Augen, wenn man, wie es in Tab. IV geschah, die Beobachtungen während des regesten Lebens nach der Tageszeit ihrer Ablesung ordnet.

Man erkennt dann, dass in den Monaten	Juli,	August
der Baum N täglich von	11·8	12·6
auf	16·0	16·8
also um	4·2	4·2

Grade erwärmt wurde.

In gleicher Zeit, unter ganz gleichen Umständen wurde der lebende Baum S im Verlaufe eines Tages von .	11·3	11·7
auf	12·7	12·9
also nur um	1·4	1·2

Grade erwärmt.

Es ist evident, dass auch der Baum S, wenn er nicht gelebt hätte, statt um	1·4	1·2
ebenso wie der todtte um	4·2	4·2

erwärmt worden sein würde.

Die Differenz dieser Erwärmungen	2·8	3·0
--	-----	-----

gibt ein Mass für den Unterschied der Wärmewirkungen:

Alle Wärme, welche erforderlich gewesen wäre, um die todtte Masse des Baumes S im Laufe eines Tages um 2·8 oder relativ 3° zu erwärmen, welche ihm, wie die Temperaturerhöhung im todtten Baume weiset, auch wirklich zufluss, muss, eben weil sie nicht auf Steigerung der Temperatur wirkte, in einer anderen Richtung verwendet worden sein.

Welcherlei Arbeiten durch dieses Verschwinden, diesen Aufwand an lebendiger Kraft verrichtet worden seien, lässt sich im Detail jetzt wohl noch nicht nachweisen.

Wenn man aber erwägt, dass der lebende Baum zweifellos im Verlaufe eines solchen Tages schwerer geworden sein muss, dass er um einen jeden Tag, den er später zum Verbrennen gelangt, mehr Kohlenstoff zu diesem Acte bringt, mehr Wärme zu liefern vermag, so ist wohl kein Zweifel mehr gestattet, dass genau dieses Mehr an Wärme auf Zerlegung der Kohlensäure „aufging“, und dass es einen wesentlichen Bestandtheil der ganzen verschwundenen Wärmemenge bilden musste.

Ist es doch ein neuerer Zeit anerkannter Grundsatz, dass, wo die chemische Verbindung zweier Stoffe Wärme zur Wirkung bringt, die Trennung eben dieser Stoffe auch die entgegengesetzte Wirkung hervorbringen müsse, folglich Wärme verschwinden macht.

Den positiven Nachweis über diese Vorgänge im Pflanzenleben geliefert zu haben, dürfte mit einigem Rechte den vorliegenden Versuchen zum Verdienste gerechnet werden.

Es ist schwer, sich einiger Folgerungen zu enthalten, welche von dem Standpunkte dieser erwiesenen Anschauung aus sich aufdrängen.

Die ganze Summe von Wärme, welche ein einzelner Baum bei seinem Verbrennen zu liefern vermag, ist, wie wir gesehen haben, während seines ganzen Lebens in den Tagen seiner plastischen Thätigkeit in kleinen Partien verschwunden. Ein Pfund lufttrocknen Tannenholzes liefert zweitausend achthundert Calorien; also genug, um 28 Pfd. Wasser um 100°, oder 56 Pfd. um 50° zu erhitzen und um die gleiche thermometrische Aenderung in sechsmal mehr Luft hervorzubringen.

Der Zuwachs eines Pfundes Tannenholz vermag also gleichzeitig 336 Pfd. Luft oder nahe 5.500 Cubikfuss Luft um 50°, 15.000 Cubikfuss um 20° abzukühlen.

Wenn ermittelt worden sein wird, um wie viele Pfunde Holz nun der Bestand eines Joches frischen Waldes in einem einzigen Tage an Gewicht zunimmt, so werden wir eine bisher gewiss nicht hinreichend gewürdigte Ursache für die Kühle des Waldes, die Rauheit waldiger Gegenden und die grosse Milderung des Klimas erkennen, welche im Gefolge der Ausbreitung der Agricultur eintreten muss.

Es wird uns deutlicher als bisher werden, zu begreifen, warum das Gras längst thaunass ist, bevor sich andere Gegenstände „beschlagen“; aber wo kommen wir hin, wenn wir die ungeheuren Massen der Steinkohlen- (auch Torf-) Lager betrachten und bedenken, welche allgemeine Abkühlung durch das colossale Pflanzenleben eintreten musste, aus dem unser fossiler Brennstoff stammt.

Ist man nicht in Versuchung, diese Abkühlung mit dem Aufhören einer tropischen Vegetation in ursächliche Verbindung zu bringen, welche in früheren Perioden unserer Erde herrschte und später verschwand?

Aber ich glaube diesen Excursionen Schranken ziehen zu müssen, welche vielleicht einst weniger ausschweifend erscheinen als jetzt und nur noch der Genugthuung zu erwähnen, welche mir aus der Wahrnehmung entsprang, dass das animalische und vegetabilische Leben, so wie jedes das Materiale für die Gebilde des anderen liefert, nun auch in einer gleich schönen Wechselwirkung in Beziehung auf die Wärme erscheinen, welche das erstere liefert und das zweite consumirt.

Tabelle I.

Beobachtungen über das Temperaturleben der Bäume.

Jahreszeit	Tageszeit	Boden- (2' tief)	Luft-	B a u m			
				Temperatur-Grade R.			
Frühjahr	Morgens 4	+ 9	+ 8	+10·2	+ 9	Die untersuchten Bäume waren gesund und frisch. Die Beobachtungen wurden von dem k. k. Forstwarte Grasswander in dem Revier Fuschl bei St. Gilgen im Salzburgerischen vorgenommen.	
	" 10	15	18·5	13·5	12		
	Mittags 12	16	21	15	13·8		
	Abends 7	16·5	16	13	11		
Hochsommer	Morgens 4	14	14	13	10·5		
	Mittags 12	14	20	13	11·7		
	Abends 7	10	12	12·5	12·5		
Spätherbst	Morgens 8	-10	-14	-11	-12		
	Mittags 12	-1·5	-3·5	-4	-6		
	Abends 4	-11	-18·5	-12·4	-12·9		
Frühjahr	Morgens 4	+ 9·5	7·8	9·7	8·6		*) Der untersuchte Baum war gleichzeitig heftig vom Winde bewegt.
	" 10	14	16·8	12·5	10·5		
	Mittags 12	15	18·5	14	12		
	Abends 7	16·5	16	11·7	10·8		
Hochsommer	Morgens 4	10	11·7	12·8	12		
	Nachm. 2	11	21	14·5	13·6		
	Abends 8	14	14	13·8	11·9		
Spätherbst	Mittags 12	-1·5	-3·5	-7	-5		
	Winter Morgs. 10	-5	-6	+ 2*)	-5·5		

Tabelle II.

Beobachtung der Temperaturen an einem lebenden Baume S und einem absterbenden Baume N. Die Colonne L enthält die Lufttemperatur.

Die Beobachtungen geschahen F. Morgens 6 Uhr, M. Mittags 12 Uhr und A. Abends 4 Uhr. Die Thermometer waren in gebohrte Löcher versenkt.

Die Bäume waren 32 Jahre alte Exemplare der Pyramidenpappel, N wurde durch Begießen mit Soole und Entrinden zwischen 26. April und 15. Juni getödtet. Mitte Juli erschien N ganz erstorben *).

Datum		Temperatur			S kälter als N	Datum		Temperatur			S kälter als N
Tag	Tageszeit	L	N	S		Tag	Tageszeit	L	N	S	
Grade Reaumur						Grade Reaumur					
Mai 1864						Mai 1864					
1.	F.	5	8	8	0	18.	F.	8	13	11	2
	M.	8	9	10	1		M.	18	14	12	2
	A.	13	12	12	0		A.	14	18	14	4
2.	F.	0	7	7	0	19.	F.	8	11	11	0
	M.	12	8	8	0		M.	19	15	12	3
	A.	10	11	11	0		A.	19	20	14	6
3.	F.	6	7	7	0	20.	F.	8	13	11	2
	M.	5	7	7	0		M.	19	15	12	3
	A.	10	10	10	0		A.	20	19	15	4
4.	F.	1	3	1	2	21.	F.	7	12	10	2
	M.	6	4	3	1		M.	18	14	11	3
	A.	2	5	4	1		A.	19	19	14	5
5.	F.	4	4	4	0	22.	F.	12	13	11	2
	M.	13	8	9	1		M.	15	14	11	3
	A.	16	14	14	0		A.	18	18	14	4
9.	F.	9	11	11	0	24.	F.	5	11	9	2
	M.	19	16	15	1		M.	12	12	10	2
	A.	22	19	18	1		A.	14	16	13	3
10.	F.	9	13	12	1	25.	F.	4	9	8	1
	M.	14	14	14	0		M.	13	10	9	1
	A.	17	13	12	1		A.	19	14	12	2
11.	F.	8	11	10	1	27.	F.	6	9	9	0
	M.	14	15	14	1		M.	11	11	10	1
	A.	14	18	14	4		A.	18	18	12	6
12.	F.	9	10	10	0	28.	F.	8	8	8	0
	M.	16	11	10	1		M.	13	9	9	0
	A.	17	13	12	1		A.	13	13	11	2
14.	F.	9	10	9	1	29.	F.	10	10	10	0
	M.	15	14	12	2		M.	15	13	11	2
	A.	18	15	13	2		A.	14	16	12	4
16.	F.	11	12	11	1	31.	F.	8	10	9	1
	M.	14	15	14	1		M.	16	13	11	2
	A.	20	19	17	2		A.	14	15	12	3
17.	F.	8	13	11	2						
	M.	18	14	11	3						
	A.	20	19	17	2						

*) Die 3mal täglich angestellten Beobachtungen umfassen den Zeitraum von Mitte April 1864 bis Mitte Juni 1865. Weil die Einzel-Beobachtungen in den aufeinanderfolgenden Monaten gleichartig angestellt, auch analoge Resultate ergaben, weil ferner die Ergebnisse für die einzelnen Monate in der Tabelle III summarisch ersichtlich gemacht werden, so sind hier nur die täglichen Beobachtungen für einen Monat, und zwar für den Monat Mai abgedruckt worden. Für die Beobachtungen der übrigen Monate erliegen die handschriftlichen Aufzeichnungen im Gesellschaftslocale und können auf Wunsch eingesehen werden.

Tabelle III.

Uebersicht der Resultate jener einzelnen Beobachtungen, welche auf die aus Tabelle II ersichtliche Weise angestellt wurden.

Monat und Jahr der Beobachtungen		Zahl	Summen			Durchschnitte			S kälter als N
			Temperatur			Temperatur			
			L	N	S	L	N	S	
Grade Reaumur									
April	1864	42	+380	+374	+390	+ 9.04	8.9	9.3	-0.4
Mai	"	69	845	847	747	12.2	12.2	10.82	1.38
Juni	"	72	1032	1005	823	14.33	13.95	11.43	2.52
Juli	"	66	978	905	788	14.82	13.70	11.93	1.77
August	"	51	723	720	610	14.18	14.10	12.00	2.10
Septemb.	"	39	434	462	406	11.13	11.84	10.41	1.43
October	"	45	345	369	349	7.67	8.20	7.74	0.46
November	"	16	10	29	30	0.63	1.82	1.88	-0.06
December	"	24	- 86	- 76	- 69	- 3.58	- 3.16	- 2.87	-0.29
Jänner	1865	29	- 59	- 89	- 71	- 2.07	- 3.06	- 2.45	- 0.61
Februar	"	13	- 43	- 39	- 25	- 3.30	- 3.00	- 1.92	-1.08
März	"	14	+ 17	- 5	- 3	+ 1.22	- 0.36	- 0.22	-0.14
April	"	12	+156	124	131	+13.00	+10.33	+10.92	-0.59
Mai	"	23	+370	326	272	+16.0	+14.17	+11.83	2.34
Juni	"	16	+239	205	176	+14.94	+12.81	+11.00	1.81

Anmerkung. Wo der Baum S wärmer als N erschien, musste nach der gewählten Darstellungsart die Differenz mit — bezeichnet werden.

Tabelle IV.

Temperatur-Differenzen nach Tageszeiten während der Sommermonate.

Juli 1864										August 1864													
Datum	Temperatur			S wärmer als N	Temperatur			S wärmer als N	Temperatur			S wärmer als N	Temperatur			S wärmer als N	Temperatur			S wärmer als N			
	N	S			N	S			N	S			N	S			N	S			N	S	
	F.				M.				A.				F.				M.				A.		
1.	9	9	0	13	11	2	16	12	4	14	13	1	13	13	0	16	14	2					
2.	10	9	1	13	11	2	16	12	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.					
3.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	16	14	2	13	12	1	17	13	4					
4.	10	10	0	11	10	1	15	12	3	12	11	1	12	11	1	19	13	6					
5.	10	10	0	11	11	0	11	9	2	14	12	2	16	13	3	21	13	8					
6.	11	10	1	13	12	1	15	12	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.					
7.	12	11	1	12	11	1	17	12	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.					
8.	13	11	2	16	12	4	16	13	3	16	14	2	17	14	3	21	14	7					
9.	10	10	0	11	10	1	12	11	1	16	14	2	17	14	3	21	14	7					
10.	11	11	0	15	13	2	17	14	3	14	13	1	17	14	3	21	14	7					
11.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	11	10	1	11	10	1	13	11	2					
12.	14	13	1	16	12	4	20	13	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.					
13.	13	12	1	14	13	1	14	13	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.					
14.	11	11	0	12	12	0	14	13	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.					
15.	10	11	-1	12	12	0	19	14	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.					
16.	12	11	1	14	12	2	19	12	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.					
17.	.	-	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.					
18.	12	12	0	14	12	2	16	13	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.					
19.	12	12	0	13	12	1	16	13	3	12	12	0	14	13	1	17	12	5					
20.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	14	13	1	14	13	1	14	13	1					
21.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.					
22.	12	12	0	13	12	1	19	13	6	.	.	.	.	.	.	.	.	.					
23.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	17	14	3	19	14	5	21	14	7					
24.	13	13	0	14	13	1	14	13	1	16	14	2	16	14	2	14	13	1					
25.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.					
26.	14	13	1	14	13	1	16	14	2	8	8	0	9	10	-1	12	12	0					
27.	13	12	1	14	13	1	15	13	2	9	9	0	8	9	-1	13	12	1					
28.	13	12	1	15	13	2	20	14	6	8	9	1	10	10	0	11	11	0					
29.	14	13	1	13	11	2	16	14	4	9	9	0	9	9	0	17	14	3					
30.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	9	0	11	10	1	17	12	5					
31.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.					
Summa	259	248	11	293	261	32	363	279	76	215	198	17	226	203	23	285	219	66					
Mittel	11.8	11.3	0.5	13.3	11.9	1.4	16.0	12.7	3.3	12.6	11.7	0.9	13.4	12	1.4	16.8	12.9	3.9					

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien. Früher: Verh. des Zoologisch-Botanischen Vereins in Wien. seit 2014 "Acta ZooBot Austria"](#)

Jahr/Year: 1871

Band/Volume: [21](#)

Autor(en)/Author(s): Schwind Franz Ritter von

Artikel/Article: [Der Wärmeverbrauch des Pflanzenlebens. 833-840](#)