

42. Arnold Löwenstein: Über die Temperaturgrenzen des Lebens bei der Thermalalge *Mastigocladus laminosus* Cohn.

Eingegangen am 15. Juni 1903.

Für die meisten saftreichen Pflanzen liegt die obere Temperaturgrenze des Lebens relativ niedrig, für viele bei kurzer Einwirkung bei ungefähr 45—47° C. Doch haben Beobachtungen an heißen Quellen gelehrt, dass gewisse Pflanzen — es sind hauptsächlich Vertreter der niederen Algen und Pilze — höhere Temperaturen zu ertragen im stande sind, ohne in ihrer Lebensfähigkeit geschädigt zu werden¹⁾. So hat u. a. SCHWABE²⁾ angegeben, dass im Karlsbader Sprudel Organismen und zwar Algen leben, welche eine Temperatur von 70° C nicht nur aushalten, sondern sogar bevorzugen. Da ich nun, abgesehen von meiner Studienzeit, ständig in Karlsbad weile und hier Gelegenheit habe, die Thermalalgenvegetation täglich beobachten zu können, habe ich, einer Anregung des Herrn Prof. MOLLSCH folgend, dem ich hier für die mir erwiesene Unterstützung meinen herzlichsten Dank abstatte, mir die Aufgabe gestellt, festzustellen, bei welcher Temperatur die Thermalalgenvegetation im Karlsbader Sprudel vorkommt und innerhalb welcher Temperaturgrenzen ein Leben für diese Flora möglich ist. Die Versuche wurden mit dem von FERD. COHN³⁾ und HANSGIRG⁴⁾ beschriebenen *Mastigocladus laminosus* Cohn⁵⁾ (*Hapalosiphon laminosus* Hansgirg) unternommen, der auf dem Sprudelberge in Karlsbad in grünen Rasen bei einer Durchschnittstemperatur von 49° C. wächst.

Es ist wohl am Platze, wenn ich Einiges über das Vorkommen und die Fundstelle dieser Alge erwähne. Der Sprudelberg, der sich wenige Decimeter über das Niveau des Teplbettes erhebt, ist von zahlreichen winzigen Sprudelspringern durchsetzt, deren dampfendes

1) Eine kurze Zusammenstellung der Literatur über diesen Gegenstand findet sich in „PFEFFER, Pflanzenphysiologie,“ II. Bd., S. 87 ff., 2. Aufl., 1901.

2) SCHWABE, Über die Algen der Karlsbader warmen Quellen. Linnæa 1837.

3) FERD. COHN, Abhandlungen der schlesischen Gesellschaft für vaterländische Kultur, 1862. Über die Algen des Karlsbader Sprudels, mit Rücksicht auf die Bildung des Sprudelsinters.

4) HANSGIRG, Beiträge zur Kenntnis der böhmischen Thermalalgenflora. Österreichische botan. Zeitschrift 1884, S. 276—284.

5) Der bekannte Algologe Herr Dr. S. STOCKMAYR hatte die Güte, lebendes Material, welches ich ihm zusandte, zu revidieren und hat meine Bestimmung als richtig anerkannt. Ich erlaube mir, ihm für seine Mühe meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Wasser eine Temperatur von über 70° besitzt und sich über den Sprudelberg in kleinen Bächen ergiesst. Hier beginnt die Thermalalgenflora zur Seite dieser Bäche dort, wo sich das Wasser immer bereits auf mindestens 52° C. abgekühlt hat. Vielfach — besonders in der älteren Literatur (z. B. SCHWABE l. c.) — begegnet man der Angabe, dass diese Algenflora bei viel höheren Temperaturen gedeihe, als ich im Laufe meiner Untersuchungen fand¹⁾. Dieser Irrtum früherer Forscher findet vielleicht darin seine Erklärung, dass bei der Ablesung der Temperaturen nicht immer Rücksicht auf die Ausbreitung des Rasens genommen wurde und die Temperaturmessungen sich auf die Mitte des fließenden Wassers erstreckten. — Die Art des Auftretens dieser Alge macht es auch erklärlich, dass Versiegen dieser kleinen Quellen mit dem vollkommenen Verschwinden der ganzen Flora zusammenfällt.

Im Laufe meiner $1\frac{1}{2}$ -jährigen Untersuchungen, die zu jeder Jahreszeit erfolgten, fand ich an den Punkten, wo die Algen im Sprudelwasser gedeihen, nie eine Temperatur über 52° , selten eine solche von 51° , häufiger eine solche von 50° , gewöhnlich aber 49° C.²⁾; auch andere Temperaturen sind nicht selten. Im Abflusse des Sprudels, dort, wo sich Sprudelwasser mit Teplwasser vermengt, geht die Thermalalgenflora in eine schliesslich bei 15 — 20° lebende über. Doch findet sich unsere Versuchsalge nicht unter den letztgenannten.

Ich verwendete zu Versuchszwecken einen mit doppelten Glaswänden versehenen, also für Lichtkulturen geeigneten Thermostaten, der drei übereinander liegende Abteilungen — im folgenden kurz als Abteilung 1, 2 und 3 bezeichnet — mit verschiedenen Temperaturen besitzt. Als Kulturmedien wurden Karlsbader Sprudelwasser, MOLISCH's Algen-Nährlösung³⁾ und Moldauwasser benutzt, deren Ein-

1) Auch WARMING, Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie, S. 157 (deutsche Ausgabe von KNOBLAUCH, Berlin 1896) gibt als obere Grenztemperatur, bei der die Karlsbader Thermalflora gedeiht, 57° C. an.

2) Es ist von Interesse, dass Prof. MOLISCH bei der Untersuchung der Thermalalgenflora auf dem Gedé (Java) eine ähnlich hohe Temperatur (49° C.) der Quelle fand, in der Oscillariaceen üppig gedeihen. H. MOLISCH, Eine Wanderung durch den javanischen Urwald. Sammlung gemeinnütziger Vorträge, Prag 1900. Herausgegeben vom deutschen Verein zur Verbreitung gemeinnütziger Kenntnisse in Prag.

3) H. MOLISCH, Zur Ernährung der Algen, II. Sitzungsber. der kais. Akademie der Wissenschaften in Wien, Bd. CV, Abt. 1, S. 2, Oktober 1896.

Zusammensetzung von MOLISCH's Algen-Nährlösung.

1000 g H₂O
0,2 g KNO₃
0,2 g K₂HPO₄!
0,2 g MgSO₄
0,2 g CaSO₄
Spur Fe.

fluss auf das Verhalten der Alge, wie sich herausstellte, verschieden war. Bezüglich der Versuchsdurchführung sei noch bemerkt, dass zwischen Entnahme der Oscillarien aus dem heissen Wasser und Ausführung des Versuches keine zu lange Zeit verstreichen darf, da, wie die Versuche gelehrt haben, die in der Zwischenzeit entstandene Generation durchaus nicht dieselbe Resistenz gegen hohe Temperaturen an den Tag legt wie die ursprüngliche.

Als orientierende Versuche wurden im Februar 1902 Algen, die tagsvorher dem Sprudel bei 50° C. entnommen waren, in den drei Nährlösungen in verschiedenen Räumen des pflanzenphysiologischen Institutes der deutschen Universität in Prag derart deponiert, dass die umgebende Temperatur 5—30° C. betrug: In sämtlichen Kolben gedeihen die Algen, besonders üppig in MOLISCH's Algen-Nährlösung.

Damit war festgestellt, dass diese Alge, die unter natürlichen Verhältnissen bei hohen Temperaturen lebt, auch bei relativ niederen gedeihen kann.

Und nun wurde an die Bestimmung der oberen Grenztemperatur der genannten Thermalalge geschritten. COHN¹⁾ sagte im Jahre 1862 auf der Karlsbader Naturforscherversammlung über den Wert einer derartigen Untersuchung folgendes: „Solche Beobachtungen haben nicht bloss allgemeines Interesse; denn wenn die meisten Wasserpflanzen und Wassertiere eine Temperatur von 30° R. (= 37,5° C.) nicht vertragen, so ist es wichtig, zu wissen, bis zu welcher Temperatur überhaupt organisches Leben, wenn auch ausschliesslich dazu organisiertes, existieren kann.“

Meine Versuche lehrten:

1. Wurde zwischen Entnahme der Algenprobe aus dem heissen Sprudelwasser und Ausführung des Versuches keine grössere Zwischenzeit gelassen als 24 Stunden, so zeigten die in MOLISCH's Algen-Nährlösung überimpften Algen das aus der Tabelle ersichtliche Verhalten:

Abteilung	Dauer des Versuches	Temperatur ° C.	Verhalten der Alge
I.	3 Tage	53	Tot, Farbstoff geschwunden, Fäden zerfallen.
II.	3 „	51	Lebend, frischgrünes Aussehen.
III.	3 „	39	Desgleichen.

Die Temperaturschwankungen betrugten innerhalb einer Abteilung während der Versuchsdauer nicht mehr als 1°. Dauert der Versuch nur drei Tage, dann bleiben Algen, einer Temperatur

1) FERD. COHN, l. c.

von 39—51° ausgesetzt, frisch. Wird unter denselben Verhältnissen der Versuch auf eine längere Dauer ausgedehnt, dann gehen die Versuchsalgen ausnahmslos zu Grunde.

2. Vergrösserte sich die Zeit zwischen Entnahme der Alge und Einstellen auf die höhere Temperatur, so verminderte sich die Resistenz gegen hohe Temperaturen entsprechend dieser Zwischenzeit, wie aus den auf nebenstehender Seite 321 veröffentlichten Tabellen hervorgeht.

Die Versuche lehren deutlich, dass es für die Kultur der Algen bei hoher Temperatur durchaus nicht gleichgültig ist, ob die aus dem heissen Sprudelwasser entnommene Alge gleich in ihre natürlichen Temperaturverhältnisse — oder doch denselben nahekommende — zurückversetzt wird, oder ob die Alge, der Zimmertemperatur ausgesetzt, Gelegenheit findet, ihre natürliche Resistenz gegen hohe Temperaturen zu verlieren. Ferner geht aus diesen Versuchen die Verschiedenheit des Einflusses der verschiedenen Nährlösungen hervor; und zwar scheint die Üppigkeit des Wachstums, welche besonders deutlich in der MOLISCH-Algen-Nährlösung hervortritt, nicht parallel zu gehen mit der Resistenz gegen hohe Temperaturen; letztere Eigenschaft scheint in erster Linie an das ursprüngliche Kulturmedium geknüpft zu sein.

Die einleitenden Versuche hatten gelehrt, dass meine Versuchsalge sehr wohl bei einer Zimmertemperatur von 5—8° zu leben, ja üppig zu gedeihen vermag. Es lag nun nahe, diese normaler Weise an so hohe Temperaturen adaptierte Pflanze auf ihre Lebensfähigkeit bei niederen Wärmegraden zu prüfen. Die Resultate waren überraschend.

1. Die Algen wurden über Nacht, während die Temperatur auf -5° sank, in der Nährlösung der Kälte durch 17 Stunden ausgesetzt, der Eisklumpen ins Zimmer gebracht und langsam aufgetaut. Die mikroskopische Untersuchung ergab, dass die Alge lebte, wie auch aus dem späteren Wachstum des kleinen Rasens hervorging.

2. Es wurden hierauf Versuche mit Kältemischungen gemacht, wobei ausschliesslich eine Mischung von NaCl und Schnee verwendet wurde. Um die genaue Temperaturverminderung zu ermitteln, wurde die Thermometerkugel knapp an den Algenrasen gebracht. In zwei Versuchen wurden bloss Temperaturen von -12° erreicht; die Dauer des Versuches, während dessen die Temperatur unter 0° blieb, betrug 24 Stunden. Durch 4 Stunden blieb die Temperatur auf ihrem tiefsten Punkte, um dann nach Ablauf von weiteren 24 Stunden auf $+5^{\circ}$ anzusteigen. Resultat in beiden Fällen: reichliche CO_2 -Assimilation, keine Spur von Verfärbung; die Alge blieb also am Leben.

a) Zwischenzeit, in der die Algen bei Zimmertemperatur stehen: 3 Tage.

Abteilung	Dauer des Versuches Tage	Temperatur ansteigend	Nährlösung	Verhalten
I.	33	40—48°	Sprudelwasser	Durch die ganze Dauer des Versuches, frisch und lebend. } Nach 3 Wochen bei 43° zu Grunde gegangen.
	33	40—48°	MOLISCH's Algen-N.	
	33	40—48°	Moldauwasser	
II.	33	33—41°	Sprudelwasser	Algen in jeder der Nährlösungen bleiben am Leben.
	33	33—41°	MOLISCH's Algen-N.	
	33	33—41°	Moldauwasser	
III.	33	27—36°	Sprudelwasser	} Alles frisch grün.
	33	27—36°	MOLISCH's Algen-N.	
	33	27—36°	Moldauwasser	

b) Zwischenzeit, in welcher die Versuchsalge bei 5 bis 8° C. gezogen wurde, 37 Tage.

Dauer des Versuches	Temperatur	Verhalten
10 Tage	35, ansteigend bis 43°	} Gutes Wachstum verknüpft mit lebhafter CO ₂ -Assimilation, Frisches Grün. Bei geringer Erhöhung der Temperatur rasches Absterben.
10 Tage	29, ansteigend bis 32°	

c) Zwischenzeit 5 Monate.

Dauer des Versuches	Nährlösung	Temperatur	Verhalten
17 Tage	MOLISCH's Algen-Nährlösung	46 ansteigend bis 49°	} Vollständige Entfärbung, Zerfall der Fäden.
17 Tage	Moldauwasser	46 ansteigend bis 49°	
17 Tage	MOLISCH's Algen-Nährlösung	37 ansteigend bis 41°	} Desgleichen.
17 Tage	Moldauwasser	37 ansteigend bis 41°	
17 Tage	MOLISCH's Algen-Nährlösung	32 ansteigend bis 35°	Vollständig entfärbt, tot.
17 Tage	Moldauwasser	32 ansteigend bis 35°	Sind noch grün, leben, lebhaftes CO ₂ -Assimilation.

3. Es wurde die Temperatur weiter erniedrigt und zwar wurden gleichmässige Erniedrigungen von a) – 18,2 und b) – 19,3 erreicht. Einwirkungszeit wie bei Versuch 2. Ergebnis: Wiederum frisch-grünes Aussehen, keine Spur von Verfärbung, also sicheres Leben, wie auch CO₂-Assimilation und spätere Vermehrung bewies. Eine Verschiedenheit in Bezug auf die Einwirkung der einzelnen Kulturmedien wurde nicht konstatiert.

Aus diesen Versuchen geht zur Genüge hervor, dass meine Versuchsalge, die bei ihrem natürlichen Vorkommen so hohen Temperaturen angepasst ist, abnorm tiefe Wärme-grade zu ertragen imstande ist.

Die Fähigkeit gewisser Organismen Temperaturen zu ertragen, denen die meisten anderen Lebewesen schon nach kurzer Einwirkungszeit zum Opfer fallen, haben verschiedene Autoren auf verschiedene Ursachen zurückgeführt. THIELE¹⁾ fand, dass die Ernährung einen Einfluss auf die obere Wachstumsgrenze von *Penicillium glaucum* besitze.

LYDIA RABINOWITSCH²⁾ zeigte, dass bei fakultativ anaeroben, thermophilen Bakterien das Existenzminimum bei Sauerstoffmangel zwischen 34–44° liegt, während es bei Sauerstoffzutritt auf 50° hinaufrückt.

DALLINGER³⁾ konnte Infusorien, die sich gewöhnlich bei 15,5° entwickelten, schliesslich an eine Temperatur von 70° gewöhnen, womit eine zunehmende Konzentration des Protoplasmas verbunden war, Wasserarmut soll also diesen Organismen die besprochene Fähigkeit verleihen.

Der Befund, dass meine Versuchsalge in Sprudelwasser so different hohe Temperaturen im Verhältnis zu den andern Nährlösungen verträgt, spricht für die Anschauung, dass dieses ursprüngliche Kulturmedium einen Reiz auf das Protoplasma dieser Alge im Sinne einer Erhöhung der Resistenz gegen hohe Temperaturen ausgeübt hat. Im allgemeinen neige ich zur Anschauung WARMING's⁴⁾, dass bisher nicht erklärte Eigenschaften des Protoplasmas dieser Alge dieselbe befähigen, extreme Temperaturen zu ertragen, dass wir also mit unseren heutigen Kenntnissen von der Zusammensetzung des Zellinhaltes nicht imstande sind, uns diese Resistenz zu erklären.

1) R. THIELE, Temperaturgrenzen der Schimmelpilze. Leipziger Dissertation. 1896. S. 36.

2) LYDIA RABINOWITSCH, Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten. 1895. Bd. 20, S. 159.

3) DALLINGER, Journal of the R. Micr. Soc. III. 1880. S. 1–15.

4) WARMING, l. c. S. 22.

Wenn ich die Hauptergebnisse dieser kleinen Untersuchung zusammenfasse, scheint mir folgendes bemerkenswert:

1. Die in der Thermalflora von Karlsbad in grösser Menge vorkommende Oscillariacee *Mastigocladus laminosus* Colm lebt hier bei relativ hohen Temperaturen. Die höchste von mir beobachtete betrug 52° C.

2. Durch Versuche im Sprudelwasser, in MOLISCH's Algennährlösung und in Moldauwasser wurde gezeigt, dass diese Alge auch im Thermostaten ähnlich hohe Temperaturen zu ertragen imstande ist, dass dieselbe aber auch bei gewöhnlicher Zimmertemperatur und noch niedrigeren Temperaturen gedeiht und bis mindestens -- 19.3° lebensfähig bleibt.

3. Es hat sich ferner die Tatsache ergeben, dass die genannte Oscillariacee, falls sie ihrem natürlichen Standorte entnommen und bei niederen (Zimmer-) Temperaturen längere Zeit gezüchtet wird, ihre Widerstandsfähigkeit gegen hohe Temperaturen merklich einbüsst, und zwar um so mehr, je länger sie niederen Temperaturen ausgesetzt war.

Prag, Pflanzenphysiol. Institut der k. k. deutschen Universität.

43. Boris von Fedtschenko: Über die Elemente der Flora des West-Tian-schan.

Mit Tafel XVI.

Eingegangen am 18. Juni 1903.

In den Jahren 1897 und 1902 hatte ich Gelegenheit im Auftrage der Kaiserlichen Russischen Geographischen Gesellschaft und des Kaiserlichen Botanischen Gartens die Flora des westlichsten Teiles der immensen Gebirgsmasse Central-Asiens, „Tian-schan“ benannt, kennen zu lernen. Ich untersuchte nur einen Teil dieser Gebirge und nenne das von mir untersuchte Gebiet (westlich von dem Meridian 75° von Greenwich) mit den angrenzenden Steppen: „West-Tian-schan“.

Mit der Bearbeitung meiner botanischen Sammlungen beschäftigt, habe ich mir die Aufgabe gestellt, auf Grund eigener Untersuchungen und sämtlicher Literatur sowie einiger unbearbeiteter Sammlungen, welche dem Kaiserlichen Botanischen Garten und der Kaiserlichen

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1903

Band/Volume: [21](#)

Autor(en)/Author(s): Löwenstein Arnold

Artikel/Article: [Über die Temperaturgrenzen des Lebens bei der Thermalalge Mastigocladus laminosus Cohn. 317-323](#)