



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

## **Joh. Müller's Lehrbuch der kosmischen Physik**

**Müller, Johann Heinrich Jacob**

**Braunschweig, 1894**

198. Die nächtliche Strahlung

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-96939](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-96939)

Dass aber die Absorption der Wärmestrahlen in der Luft in der That eine viel bedeutendere sein muss, als man nach der Pouillet'schen Rechnung erwarten sollte, geht auch aus den im zweiten Bande des Lehrbuchs der Physik besprochenen Versuchen Tyndall's über die Diathermanität der Gase, sowie aus den oben §. 149, S. 426 besprochenen Resultaten hervor, zu welchen Wild in Betreff der Lichtabsorption in der Atmosphäre gelangt ist.

Pouillet berechnet in der Voraussetzung, dass die Temperaturerhöhung des Pyrheliometers in fünf Minuten wirklich  $6,72^{\circ}$  betragen würde, wenn die Atmosphäre keine Wärmestrahlen absorbirte, die Wärmequantität, welche in der angegebenen Zeit dem Instrumente durch die Sonnenstrahlen zugeführt würde; daraus schliesst er weiter auf die Wärmemenge, welche überhaupt von der Sonne auf die Erde gelangt, und kommt so zu dem Resultat, dass, wenn die Wärmemenge, welche die Sonne im Laufe eines Jahres auf die Erde sendet, auf derselben gleichförmig vertheilt wäre und sie ohne Verlust zum Eisschmelzen verwendet würde, alsdann im Stande wäre, eine die Erde einhüllende Eisschicht von 31 m Dicke zu schmelzen; und ferner, dass, wenn die Sonne ringsum von Eis umgeben wäre, und alle von ihr ausgehende Wärme ausschliesslich verwendet würde, um dieses Eis zu schmelzen, alsdann in einer Minute eine Schicht von 12 m Dicke weggeschmolzen werden würde.

Da die Grundlage der Betrachtungen und Rechnungen, durch welche Pouillet zu diesem Resultate gelangte, zu unsicher ist, so ist wohl eine nähere Erörterung derselben überflüssig.

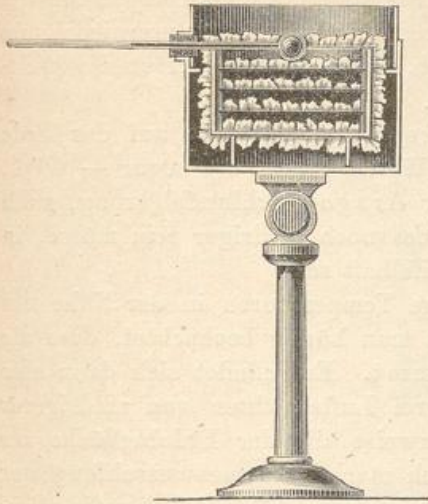
**198 Die nächtliche Strahlung.** Gleichwie der unmittelbar von den Sonnenstrahlen getroffene Boden eine höhere Temperatur annimmt als die umgebende Luft, so sinkt die Temperatur des Bodens auch unter die Lufttemperatur, wenn er des Nachts seine Wärme gegen den Himmelsraum ausstrahlt, ohne dass ihm von dorthin ein Ersatz für seinen Wärmeverlust zukäme, wie dies unter anderen die von Wells angestellten Versuche beweisen.

Wenn man in einer ruhigen, heiteren Nacht kleine Massen von Heu oder Gras, Wolle, Baumwolle oder andere lockere, die Wärme schlecht leitende Substanzen auf den Boden legt, so findet man nach einiger Zeit, dass ihre Temperatur 6, 7, ja  $8^{\circ}$  C. niedriger ist als die Temperatur der Luft, in einer Höhe von 2 bis 3 m über dem Boden.

An Orten, an welche die Sonnenstrahlen nicht hindringen, von welchen aus aber ein grosser Theil des Himmels sichtbar, ist dieses Sinken der Temperatur des Grasses, der Baumwolle u. s. w. unter die Lufttemperatur schon drei bis vier Stunden nach Mittag merklich; aber erst die nächtliche Strahlung bringt eine bedeutende Erkaltung der Erdoberfläche hervor.

Wilson beobachtete des Nachts einen Unterschied von fast 9° C. zwischen der Temperatur der Schneeoberfläche und der Lufttemperatur. Scoresby und Parrot haben in den Polarzonen ähnliche Beobachtungen bei einer Lufttemperatur von - 20° C. gemacht.

Fig. 313.



Um die Gesetze der nächtlichen Strahlung zu ermitteln, hat Pouillet ein Instrument construiert, welches er Actinometer nennt und welches Fig. 313 dargestellt ist. Es besteht aus einem Thermometer, welches in einem Metallcylinder horizontal in solcher Weise angebracht ist, dass durch Schwanenfedern jede Wärmeleitung von unten und von der Seite her gehindert wird. Wenn dieser Apparat in einer heiteren Nacht ins Freie gestellt wird, so muss das Thermometer natürlich bedeutend unter die Temperatur der

umgebenden Luft sinken. Die folgende Tabelle enthält einige Resultate, welche Pouillet mit diesem Instrumente erhalten hat.

Tage	Stunden	Temperatur der Luft	Temperatur des Actinometers	Unterschiede	Tage	Stunden	Temperatur der Luft	Temperatur des Actinometers	Unterschiede
Vom 20. bis 21. April					Vom 5. bis 6. Mai				
21. Apr.	8 Uhr Abds.	5,6	- 0,8	6,4	5. Mai	5 Uhr Abds.	25,5	19,9	5,6
	9 " "	4,5	- 2,0	6,5		6 " "	25,1	17,5	7,6
	10 " "	3,6	- 3,0	6,6		7 " "	23,1	15,0	8,1
	4 1/2 " Mrgs.	0,0	- 7,0	7,0		8 " "	22,9	13,9	9,0
	5 " "	0,0	- 7,0	7,0		9 " "	21,5	12,5	9,0
5 1/2 " "	0,1	- 6,5	6,6	6. Mai	10 " "	17,5	10	7,5	
					4 " Mrgs.	12,1	5	7,1	
					4 1/2 " "	12,1	5	7,1	
					5 " "	12	6	6,0	

Diese Versuche zeigen uns, dass die Temperatur des Actinometers fast in derselben Weise abnimmt, wie die Temperatur der Luft, dass also bei niedriger Lufttemperatur eine eben so starke Strahlung gegen den Himmelsraum stattfindet wie bei hoher.

Diese Wirkungen der nächtlichen Strahlung beweisen, dass die Temperatur des Weltraumes eine sehr niedrige sein müsse. Nach Fourier ist die Temperatur des Weltraumes  $-50^{\circ}$  bis  $60^{\circ}$  C.; Arago war dagegen der Ansicht, dass sie jedenfalls weit geringer sein müsse, da man ja auf dem Fort Reliance in Nordamerika eine Temperatur von  $-56,7^{\circ}$  C. beobachtet habe. Eine so bedeutende Temperaturerniedrigung sei auf der Erdoberfläche nicht möglich, wenn die Temperatur des Weltraumes nicht noch weit geringer wäre.

Uebrigens ist dies noch keineswegs die niedrigste auf der Erde beobachtete Temperatur, sondern in Werchojansk sind sogar  $-68^{\circ}$  C. am Thermometer abgelesen. Ob aber Arago's Schlussfolgerung, nach welcher die Temperatur des Weltraumes noch niedriger sein müsse, in Wirklichkeit zutreffend ist, dürfte zweifelhaft sein.

Wenn nämlich besonders niedrige Temperaturen in der Nähe der Erdoberfläche beobachtet sind, so hat man häufig beobachtet, dass die Temperatur in grösserer Höhe zunimmt. Es befindet sich dann eine Luftschicht von höherer zwischen zwei Luftschichten von niedrigerer Temperatur, und es kann möglicherweise die der Erdoberfläche am nächsten befindliche Luftschicht durch starke Wärmeausstrahlung der Schneedecke, sowie dadurch, dass sich bei windstillem Wetter die allerdichtesten und kältesten Lufttheile möglichst tief lagern, weiter abgekühlt werden als sehr hoch befindliche Theile der Atmosphäre. Im Allgemeinen hat man weder auf Ballonfahrten, noch auf hohen Bergen, wo ganze Winter hindurch Minimumthermometer aufgestellt waren, sehr tiefe Temperaturen beobachtet, und im Durchschnitt haben alle solche Beobachtungen, wie schon S. 540 erwähnt wurde, ergeben, dass die Temperatur bei steigender Höhe sich einer Grenze nähert, welche vermuthlich nicht sehr weit von  $-42^{\circ}$  C. entfernt ist.

Pouillet hat die Temperatur des Weltraumes zu  $-142^{\circ}$  C. bestimmt; da jedoch die Schlüsse, durch welche er zu diesem Resultate gelangte, sehr gewagt sind, indem ihre Grundlage höchst unsicher ist, so mag hier die Anführung dieses Resultats genügen.

In Bengalen, wo die Temperatur der Luft nie auf Null fällt, benutzt man die nächtliche Strahlung, um ziemlich bedeutende Quantitäten von Eis herzustellen. Von einer derartigen Eisfabrik, welche mehr als 300 Personen beschäftigt, giebt Williams folgende Beschreibung:

Ein wohl geebnetes, ungefähr 4 Acres (ungefähr 16 200 qm) haltendes Terrain ist in Quadrate von 1 bis  $1\frac{1}{2}$  m Seite getheilt, welche durch kleine Erdwälle von ungefähr 1 dm Höhe eingefasst sind. Diese Abtheilungen nun werden mit Stroh belegt und darauf so viel flache Schüsseln mit Wasser gesetzt, als eben Platz haben. Während des Nachts bildet sich das Eis auf der Oberfläche des Wassers.

Diese Eisbildung ist nur eine Folge der Abkühlung, welche das nach Leslie's Versuchen mit einem starken Ausstrahlungsvermögen begabte Wasser durch die nächtliche Strahlung erleidet, während das

Stroh als schlechter Wärmeleiter die Zuführung der Wärme vom Boden verhindert.

Dass hier die Eisbildung nicht, wie man früher glaubte, von der Verdampfung des Wassers herrührt, geht daraus hervor, dass ein etwas lebhafter Wind, welcher doch die Verdampfung begünstigt, das Gefrieren des Wassers in den Schüsseln verhindert.

Alles, was die freie Strahlung gegen den Himmelsraum hindert, hindert auch die Abkühlung des Bodens und der ihn bedeckenden Gegenstände. Wells spannte ein quadratisches baumwollenes Tuch von 2 Fuss Seitenlänge mittelst vier Holzstäbchen 6 Zoll über dem Rasen in horizontaler Richtung aus. Unter diesem Tuche fand Wells die Temperatur des Rasens oft bis zu  $6^{\circ}\text{C}$ . höher als an benachbarten nicht geschützten Stellen.

Eine ähnliche Rolle, wie hier das Tuch, spielen die Wolken, welche das Himmelsgewölbe überziehen. In einer heiteren Nacht war das Gras einer Wiese bereits  $6,7^{\circ}\text{C}$ . kälter als die Luft geworden, als sich Wolken bildeten; sogleich stieg die Temperatur des Grases wieder und zwar stieg sie um  $5,6^{\circ}\text{C}$ ., ohne dass die Lufttemperatur sich geändert hätte.

Wie das Gras verhält sich auch die Oberfläche des Schnees; es ist eine ganz gewöhnliche Erscheinung, dass unmittelbar über dem Schnee die Temperatur um mehrere Grade niedriger ist als in 1 bis 2 m Höhe. In Königsberg wurde im Januar 1892 die Temperatur an der Oberfläche der Schneedecke  $10\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$ . niedriger gefunden, als die der Luft in  $1\frac{1}{2}$  m Höhe; ähnliche Beobachtungen an andern Orten wurden schon oben (S. 587) erwähnt.

Wenn in heiteren Nächten die Lufttemperatur um 2 bis  $4^{\circ}\text{C}$ . über dem Gefrierpunkte ist, wie dies im April und Mai bei uns öfters vorkommt, so kann durch die nächtliche Strahlung der Erdboden mit Reif bedeckt werden; es können ferner die jungen zarten Blätter und Keime durch die nächtliche Strahlung leicht unter den Gefrierpunkt erkaltet werden, so dass sie, was bei bedecktem Himmel nicht zu fürchten ist, erfrieren, ohne dass das Thermometer auf Null fällt.

Wenn die Lufttemperatur nicht selbst unter den Gefrierpunkt fällt, ist ein Erfrieren der jungen Triebe nur dann zu fürchten, wenn bei heiterem Himmel die Luft vollkommen ruhig ist, oder an Orten, welche vor dem Winde geschützt sind. So kommt es z. B. öfters vor, dass die Reben an vertieften Stellen, etwa in alten Festungsgräben, erfrieren, während sie dicht daneben auf Hügeln unversehrt bleiben. In der Nähe von Freiburg wurde beobachtet, dass neben der sich etwa 1 m über die Umgebung erhebenden Chaussee die aus dem Boden kommenden, also unter dem Niveau der Chaussee befindlichen Wurzeltriebe junger Nussbäume total erfroren waren, während das Laub der Kronen dieser Bäumchen nicht im mindesten vom Frost gelitten hatte.

Solche Nachtfröste können in Deutschland und Frankreich noch bis zur Mitte Mai (Pancratius und Servatius, 12. und 13. Mai) gefährlich werden, und deshalb fürchtet der Gärtner den Stierneu, d. h. die Zeit,

in welcher der Neumond nahezu mit dem Eintritt des Mondes in das Zeichen des Stiers zusammenfällt. Von diesen Kälterückfällen im Mai wird später noch die Rede sein.

199 **Temperatur des Bodens.** Wir haben bisher nur die Temperatur der Luft, aber nicht die Temperatur der oberen Bodenschichten besprochen, welche je nach der Natur der Bodenfläche oft bedeutend von der Lufttemperatur verschieden sein kann; ein nackter, des Pflanzenwuchses beraubter, steiniger oder sandiger Boden wird durch die Absorption der Sonnenstrahlen weit heisser, ein mit Pflanzen bedeckter Boden, z. B. ein Wiesengrund, wird durch die nächtliche Strahlung weit kälter als die Luft, deren Temperatur schon durch die fortwährenden Luftströmungen mehr ausgeglichen wird. In den afrikanischen Wüsten steigt die Hitze des Sandes oft auf 50 bis 60° C. Ein mit Pflanzen bedeckter Boden bleibt kühler, weil die Sonnenstrahlen ihn nicht direct treffen können, die Pflanzen selbst binden gewissermaassen eine grosse Wärmemenge, indem durch die Vegetation eine Menge Wasser verdunstet; sie erkalten aber, wie wir gesehen haben, bei ihrem grossen Emissionsvermögen durch Ausstrahlung der Wärme so stark, dass die Temperatur des Grases oft 7 bis 8° unter die der Luft sinkt. Im Inneren der Wälder ist die Luft beständig kühl, weil die dichte Laubdecke auf dieselbe Weise abkühlend wirkt wie eine Grasdecke, und weil die an den Gipfeln der Bäume abgekühlte Luft sich niedersenkt. Ueberdies ist aber auch die Wärmemenge, welche dem Erdboden zufliesst, von dem Feuchtigkeitsgehalte der Luft abhängig. Die atmosphärische Luft ist, wenn sie gar keine Wasserdämpfe enthält, für die von der Sonne kommenden Wärmestrahlen beinahe ebenso durchdringbar wie ein leerer Raum, während eine mit Feuchtigkeit erfüllte Luft die Wärmestrahlen theilweise absorbiert. Dadurch wird bewirkt, dass bei feuchter Luft ein Theil der Sonnenwärme den Erdboden gar nicht erreicht, sondern dazu verwandt wird, die Luft selbst zu erwärmen, während andererseits die feuchte Luft dazu dient, die den Erdboden erreichende Wärme dort festzuhalten. Auf hohen Bergen ist die Luft sehr trocken, in Folge dessen zeigt dort ein Thermometer im Schatten eine niedrige Temperatur, während Gegenstände, welche von den Sonnenstrahlen getroffen werden, sich zum Theil stark erwärmen. Der Grad der Erwärmung hängt aber von der Beschaffenheit des Gegenstandes ab. Auf schneebedeckten Flächen kann in grossen Höhen die Sonnenhitze für den Menschen unerträglich werden, während sie nicht im Stande ist, die Oberfläche des Schnees zu schmelzen, sondern von dieser fast vollständig wieder in den Weltraum ausgestrahlt wird. Ueberall aber, wo die Luft feucht ist, bildet sie eine schützende Decke für den Erdboden, und hindert die Ausstrahlung der Wärme in ähnlicher Weise, wie die Fenster eines Gewächshauses, welche die Sonnenstrahlen zwar grösstentheils durchlassen, aber verhindern, dass die Wärme des Raumes sich nach aussen hin wieder verbreitet.