VI. Ueber den Unterschied der Wärmeausstrahlung in geschlossenen Thälern und auf Hochebenen; von J. H. Koosen.

Nach einer von Wells, dem Begründer der Theorie des Thau's, aufgestellten Behauptung, ist die Wärmeausstrahlung in Thälern gröfser als in der freien Ebene. Diese Behauptung erscheint auf den ersten Anblick, wenn man die durch Bergwänden von allen Seiten geschützte Lage der Thalebenen in Betracht zieht, so paradox und ist auch neuerdings von Karsten in diesen Ann. Bd. 115, S. 159 angefochten worden, so dafs es mir von Wichtigkeit schien durch eigene Beobachtung dem bei der Wärmeausstrahlung in geschlossenen Thälern und Hochebenen waltenden Umständen nachzuforschen, da die von Wells angeführte Thatsache nicht blofs in physikalischer Hinsicht bemerkenswerth, sondern auch für die Vegetationsentwicklung in der Thalebene von der gröfsten Wichtigkeit ist.

Seit mehreren Jahren in einem von 100 bis 200 Fufs hohen Bergen nach allen Seiten eingeschlossenen Gebirgsthale lebend, habe ich vielfach Gelegenheit gehabt, die Richtigkeit der von Wells gemachten Beobachtung zu bestätigen. Die Ausstrahlung in *windstillen* und wie sich von selbst versteht, sternklaren Nächten ist in der Thalebene bedeutend gröfser als in der darüber gelegenen Hochebene und beträgt der Temperaturunterschied nahe am Boden befindlicher Gegenstände wie auch der Luft selbst bis zu einer gewissen Höhe oft bis zu 4 bis 5° C. Als Beispiel diene folgendes: Am 23. September d. J. zeigte das Minimum-Thermometer im Thale in einer Höhe von 20 Fufs über dem Erdboden die für die Jahreszeit ungewöhnlich niedrige Nachttemperatur von — 2° R. und alle einigermafsen empfindlichen Pflanzen, wie die *Hortensia*, *Fuchsia*, *Canna*, *Caladium*, *Araucaria exelsa*, waren in Blüthe und Laub erfroren, ja selbst das Weinlaub am freistehenden Spalier

war gänzlich erfroren, ebenso hatten die jungen Triebe der Akazien und Rosen sehr gelitten; während auf der 100 bis 200 Fufs höher gelegenen Hochebene keine Pflanze, selbst nicht die Georgine gelitten hatte, auch an gänzlich freistehenden Weinstöcken das Laub unversehrt geblieben war.

Auf solche Temperaturunterschiede wird man erst aufmerksam, wenn sich ihr Einflufs auf die Vegetation herausstellt, also namentlich zur Zeit der Nachtfröste im Frühjahr und Herbst; obwohl ich aber auch im Frühjahr bedeutende Unterschiede in der Ausstrahlung im Thale und auf der Höhe wahrgenommen, so treten diese doch in weit gröfserem Maafse zur Zeit der Herbstnachtfröste hervor, offenbar wegen des bedeutend niederen Standes der Sonne und der davon abhängigen längeren Zeitdauer der Wärmeausstrahlung in den Thälern. Hiermit ist auch schon eine der Hauptursachen dieses Phänomens angedeutet; die Wärmeausstrahlung beginnt sobald die Sonne unter dem Horizont verschwunden; dies geschieht im Herbst und Winter in den Thälern 1 bis 2 Stunden früher als in der Hochebene; sie hört auf sobald die Sonne wieder über den Horizont tritt, in Thälern ebenfalls mehrere Stunden später als in der Hochebene; im Frühling und Sommer findet ein solcher Unterschied ebenfalls statt, ist aber wegen des höheren Sonnenstandes bedeutend geringer.

Wenn man an einem Sommerabende kurz nach Sonnenuntergang aus einem Thale in die Hochebene hinaufsteigt, so findet man dort schon alle Pflanzen mit Thau bedeckt, während sie in der Höhe noch vollkommen trocken sind. Die Zeitdauer der Ausstrahlung ist im Thale, je näher man dem Wintersolstitium kommt, bedeutend gröfser als in der Hochebene und umgekehrt die Dauer der Inso-lation bedeutend kürzer.

Die Vorstellung, dafs eine Thalebene durch die sie einschließende Berge gegen Temperatureinflüsse *geschützt* sey, ist allerdings richtig, insofern man darunter den Schutz gegen kalte Winde, namentlich gegen die im Winter der Vegetation so schädlichen Ostwinde versteht; aber keineswegs

bezieht sich dieser Schutz auf die Wirkung der Wärmestrahlung, indem gerade durch die einschließenden Bergwände die Zeit der Insolation verkürzt, mithin die Dauer und der Gesamteffect der Ausstrahlung vergrößert wird.

Man könnte nun noch vermuthen, daß die Gröfse der Ausstrahlung an und für sich geringer in Thälern sey als in der Hochebene, indem ja durch die Berge ein großer Theil des Himmelsraumes, in welchen die ausgestrahlte Wärme übergeht, verdeckt ist, während in der Hochebene die ganze Halbkugel der Ausstrahlung offen ist. Diese Vermuthung bestätigt sich jedoch nicht oder nur in sehr geringem Maafse; ein nahe am Boden befindliches Object, wie etwa eine Pflanze, kann auch in der Ebene nicht frei gegen die ganze Halbkugel des Weltraumes ausstrahlen; es befinden sich immer andere ähnliche Objecte, Pflanzen oder Gebäude in der Nähe, welche einen großen Theil der Ausstrahlung nach der Richtung des Horizontes zu auffangen, und im Ganzen kann man selbst in der Ebene annehmen, daß derjenige Theil des Himmelsraumes, nach welchen ein am Boden befindliches Object ungehindert Wärme ausstrahlt, durch einen parallelen Kreis begränzt wird, der 30 bis 35° vom Horizont absteht. In der Thalebene erheben sich aber die Bergwände, durch welche die Wärmestrahlung eines Objectes abgeschnitten wird, selten über 35 bis 40° über den Horizont nach allen Azimuten zu und im Durchschnitte betrachtet; der der Ausstrahlung offenstehende Himmelsraum scheint also in der Hochebene für nahe am Boden stehende Objecte nicht wesentlich größer zu seyn als im Thale. Hier kommt aber noch ein anderer wichtiger Umstand in Betracht, über welchen es allerdings noch an genauen Versuchen fehlt, nämlich die Frage: gegen welchen Theil des Himmelsraumes bei gleicher Winkelöffnung die Ausstrahlung eines Objectes am stärksten sey; sie ist offenbar desto größer, je mehr die Ausstrahlung gegen das Zenith gerichtet ist: eine Pflanze ist wesentlich gegen die Ausstrahlung geschützt, sobald ein Schirmdach von geringer Ausdehnung senkrecht über ihr ange-

bracht ist, während der seitliche Schutz von nahestehenden Bäumen, Gebäuden und Aehnlichem für die Wärmeausstrahlung wenig bedeutet.

Wir wissen nun durch die neueren schönen Untersuchungen von Tyndall über die Diathermansie der atmosphärischen Luft und des Wasserdampfes, daß die Ausstrahlung gegen dem Zenith nahegelegene Theile des Himmelsraumes nicht allein wegen der geringeren Dicke der zu durchdringenden Schicht der Atmosphäre, sondern namentlich wegen der mangelnden Dampfschicht bedeutend größer seyn muß als die Ausstrahlung gegen den Horizont oder gegen den Theil des Himmelsraumes, der nur wenig gegen den Horizont geneigt ist.

Aus dem Vorstehenden ist ersichtlich, daß unter übrigens gleichen Umständen in Thälern 1) die Dauer der Insolation geringer, 2) die Dauer der Ausstrahlung bedeutend länger, 3) endlich die relative Stärke der Ausstrahlung höchst wahrscheinlich nahe dieselbe ist, als auf der Hochebene; daß also im Ganzen der absolute Werth der Gesamtausstrahlung in Thälern bedeutend größer ausfallen muß als in der Hochebene. Hieraus erklärt sich wohl hinreichend die merkwürdige Temperaturdifferenz, welche man nach kalten Nächten zwischen beiden Lagen findet.

Allein es ist mir häufig ein anderer Umstand aufgefallen, der ebenfalls bedeutend diese Temperaturdifferenz hervorzubringen geeignet ist. In der Ebene herrscht, selbst bei Windstille, eine wenn auch wenig merkliche Luftströmung, die jedenfalls dazu beiträgt, die durch die Ausstrahlung bewirkte Temperaturdifferenz zwischen Boden und Luft auszugleichen; diese Luftströmung fehlt in eingeschlossenen Thälern gänzlich und da schon durch die Bodenausstrahlung die kältere Luftschicht sich immer unten befindet, so ist eine absolute Ruhe der Luftmasse im Thalkessel möglich, wie sie in der Ebene wohl selten stattfindet.

Wie groß aber der Einfluß eines geringen Luftzuges auf die Ausgleichung der durch die nächtliche Ausstrahlung hervorgebrachten Temperaturunterschiede ist, dieß ist na-

mentlich in Gegenden, welche Wein bauen, bekannt genug, indem man dort den richtigen Grundsatz hat, dafs Nachfröste keinen Schaden thun, sobald der geringste Wind aufkommt.

Weesenstein bei Dresden, November 1862.

VII. *Ueber Grundeis-Bildung; von Dr. Berger,*

Lehrer an der Selectenschule in Frankfurt a. M.

Bekanntlich ist die Grundeis-Bildung noch nicht zu voller Befriedigung erklärt. Je nachdem eine oder die andere Beobachtung sich einer oder der andern Ansicht günstig erweist, entscheidet man sich für die Theorie von Mac-Kee-ver ¹⁾ wonach die am Boden befindlichen Körper durch Wärmeausstrahlung unter die Temperatur des umgebenden Wassers erkalten und dieses so zum Erstarren bringen, oder für die von Horner ²⁾ und Arago ³⁾, nach welcher die Krystallisation des Wassers von 0° durch raue Stellen und eckige Beschaffenheit des Bodens befördert wird, oder endlich für die von Gay-Lussac ⁴⁾, nach welcher das Grundeis dadurch als solches entsteht, dafs kleine Eis-theilchen an der Oberfläche des Wassers, durch Strahlung oder durch Berührung mit der Luft abgekühlt und vom Strome nach unten gerissen, an den Boden anhängen, indem sie das dazwischen befindliche Wasser durch die mitgebrachte Kälte gefrieren machen.

Nach Arago ⁵⁾ wird die erste dieser drei Theorien unrettbar dadurch über den Haufen geworfen, dafs noch Nie-

1) *Annuaire pour l'an 1833*, p. 260; Pogg. Ann. Bd. 28 S. 217 ff.

2) Gehler's phys. Wörterb. Bd. 3 S. 127 u. f.

3) *Annuaire p. l'an 1833* p. 264.

4) *Ann. d. chim. et d. phys. Sér. 2. T. 53*; Pogg. Ann. Bd. 43 S. 527.

5) *Annuaire p. l'an 1833* p. 264.