

Ueber eine neue Quellentheorie auf meteorologischer Basis.

Von Dr. J. Hann.

Vor einigen Jahren hat der in den weitesten Kreisen bekannte Naturforscher Dr. Otto Volger in Frankfurt a. M. eine neue Theorie über die Herkunft des die Quellen speisenden Wassers aufgestellt. Er erklärte geradezu: „Die Thatsache, dass die Lehre von dem Ursprung des Quellwassers aus den atmosphärischen Niederschlägen noch allgemein verbreitet sein könne, gehöre zu den bedauerlichsten Erscheinungen, welche dem wissenschaftlichen Forscher entgegentreten können“ und stellt dem gegenüber den revolutionären Satz auf: „kein Wasser des Erdbodens rührt her vom Regenwasser“.

Gegen die gewöhnliche Annahme der Herkunft des Quellwassers aus dem Einsickern des Regen- und Schneewassers führt er meist die schon öfter gehörten Einwürfe an, dass die stärksten Sommerregen nur bis zu geringer Tiefe in den Erdboden eindringen,¹⁾ dass das Erdreich überhaupt das tiefere Eindringen des Wassers in den Boden nicht gestattet, denn sonst müssten, wie Volger (doch etwas voreilig) schliesst, die Seen und selbst das Meer in den Boden verschwinden, dass die Beobachtungen nachweisen, dass von einer Pflanzendecke mehr Wasser verdunste, als der gesammte atmosphärische Niederschlag betrage,²⁾ dass die Verdunstung überhaupt grösser sei als der atmosphärische Niederschlag u. s. w. Volger stellt nun eine neue Lehre über den Ursprung des Wassers im Erdboden auf, die oberflächlich betrachtet, viel Einnehmendes für sich hat. Wir können hier nur die Grundzüge derselben andeuten. Es ist bekannt, dass auch der Erdboden Luft enthält, ja sogar in verdichteter Form und deshalb in grosser Menge. Die atmosphärische Luft circulirt, sagt Volger, vermöge ihrer fast 800mal geringeren Dichte um ebensovielmals leichter in allen Schichten des Erdbodens als das Wasser. Nun hat aber der Erdboden in einer gewissen Tiefe eine constante Temperatur, die niedriger ist als die Temperatur des Sommerhalbjahrs in unserem Klima. Sobald die Luft in diese Tiefe gelangt, condensirt sich ihr Wasserdampfgehalt, und das so gleichsam aus der Atmosphäre abdestillirte Wasser ist es,

¹⁾ Was an sich, wenigstens für Niederungen und Cultur- oder Sandflächen, wahr zu sein scheint, aber umgekehrt haben die Beobachtungen ergeben, dass die schwächeren langdauernden Niederschläge der kühleren Jahreszeit recht wohl in den Boden eindringen. Man beachte das Täuschende solcher Schlussweisen: Wenn selbst die stärksten Sommerregen nicht tief in den Boden eindringen, um wie viel weniger etc.

²⁾ Siehe dagegen d. Zeitschrift Bd. VI, 1871, pag. 12 und Bd. XIV, 1879, pag. 290.

welches als Grundwasser erscheint und die Quellen speist. „Man kann sich ohne wesentlichen Irrthum,“ sagt Volger, „der Annahme von Saussure anschliessen, dass die Wassermasse, welche in unserem Luftmeere vorhanden ist, einem Quecksilberdruck von etwas über 12^{mm} entspricht. Diese Menge des Wassers, das als Gas in der Luft schwebt, ist also eine sehr grosse, wenn wir bedenken, dass der stärkste Regenguss in unserer Gegend höchstens 2^{mm} Quecksilber gleichkommt.“¹⁾ Das sind die einzigen positiven Daten, die Volger zur Stütze seiner neuen Quellentheorie vorbringt.

Dennoch kann man einerseits nicht läugnen, dass die von Volger gegen die Ansicht der Ernährung der Quellen durch den Regen vorgebrachten Einwürfe auf den ersten Blick sehr gewichtig erscheinen mögen, und man muss andererseits auch zugeben, dass die Behauptung von der Condensation des atmosphärischen Wasserdampfes im Erdboden nicht geradezu verneint werden kann, mindestens könnte es scheinen, dass sie eine grosse Rolle nebenbei spielt. Die Geologen haben sich dieser Volger'schen Quellentheorie gegenüber, so viel wir wissen, zwar zumeist abweisend verhalten, wohl ihrer unvermittelten fast dogmatischen Darstellung und ihres rein negativen Charakters wegen; Widerlegungen derselben scheinen aber nicht versucht worden zu sein, was die Ansicht Volger's doch verdient hätte. Daher blieben wohl viele Geologen doch im Unsicheren darüber, wie viel an Volger's neuen Ansichten Wahres beizubehalten und was als falsch auszuschneiden sei.

In jüngster Zeit nun haben die Herren Prof. J. Sonntag und C. Jarz in Brinn die Hauptthesen der Volger'schen Lehre einer experimentalen Prüfung unterzogen und haben die Ansicht ausgesprochen, dass die Resultate derselben für die Volger'sche neue Quellentheorie sehr günstig seien.²⁾

Da nun die Hauptthese der Volger'schen Theorie, und das einzige Neue derselben, der Satz von der reichlichen Condensation des atmosphärischen Wassers im Erdboden ist, also in erster Linie auch die Meteorologie sehr nahe berührt, so haben wir an den Herausgeber der „Gaea“ im Anschlusse an die citirte Abhandlung im VI. diesjährigen Heft der genannten Zeitschrift die folgenden Zeilen gerichtet, welche im VIII. Heft derselben abgedruckt worden sind und hier reproducirt werden mögen. Sie sollen nur auf die unüberwindlichen Schwierigkeiten aufmerksam machen, welche der Volger'schen Lehre vom physikalischen Standpunkte aus entgegenstehen, und überlassen es den Geologen und anderen Fachmännern, die von Volger aufgezeigt, vermeintlich gleichfalls unüberwindlichen Schwierigkeiten, auf welche das Eindringen des atmosphärischen Wassers in den Boden stossen soll, hinwegzuräumen und so den positiven Theil der alten und allgemein verbreiteten Quellenlehre gegen solche Einwürfe sicher zu stellen.

„Der Erdboden ist bekanntlich circa ein halbes Jahr wärmer, die andere Jahreshälfte hindurch aber kälter als die Luft. Eine Condensation des atmosphärischen Wasserdampfes kann natürlich nur in jener Periode stattfinden, in welcher der

¹⁾ Meteorologen von Fach brauchen wir nicht zu sagen, dass diese Daten, wenn sie für den durchschnittlichen Wassergehalt der Atmosphäre in unseren Gegenden gelten sollen, unrichtig sind. Die mittlere Spannkraft des Wasserdampfes in unseren Gegenden (Wien speciell) ist bloß 7^{mm} (3.7 im Winter, nicht ganz 11^{mm} im Sommer) und dies entspricht einer Wassersäule von $7 \times 13.6 \times 0.22 = 21^{\text{mm}}$ als gesamtter Wassergehalt der Atmosphäre, d. h. die Atmosphäre über Wien gänzlich ausgetrocknet, könnte durchschnittlich bloß einen Niederschlag von dieser Höhe geben.

²⁾ „Gaea“, XVI. Jahrgang, VI. Heft, pag. 320 -- 336.

Boden kälter ist als die Luft (von den hygroscopischen Eigenschaften gewisser Böden abgesehen, die hier ja nicht in Betracht kommen können), d. i. sagen wir rund 180 Tage hindurch. Da der Regenfall in Wien z. B. circa 60 Ctm. beträgt, wovon, nach der gewöhnlichen Annahme, etwa $\frac{1}{3}$ in den Boden eindringt und das Grundwasser speist, die übrigen $\frac{2}{3}$ entweder abfließen oder verdunsten, so gibt dies circa 20 Ctm. Wasserhöhe, die nach der älteren und herrschenden Ansicht dem Grundwasser zu Gute kommen. Ob das Verhältniss genau ist, bleibt hier gleichgiltig; jedenfalls kann man sagen, dass, wenn die neue Quellentheorie richtig sein soll, es wenig von ihr verlangt ist, wenn man fordert, dass mindestens ebenso viel Wasser durch die Luft an den Boden abgegeben werden muss, als der Regen nach der älteren Annahme liefert. Es müssten dann täglich etwas mehr als 1^{mm} Wasserhöhe von der Luft an den Boden abgegeben werden, und durchschnittlich zur günstigsten Jahreszeit, im Juli wohl 2^{mm}.

Im Mittel der letzten 8 Jahre enthält die Luft im Garten des meteorologischen Institutes auf der Hohen Warte bei Wien im Juli 11·4 Gramm Wasserdampf pro Cbm. (sie hat eine relative Feuchtigkeit von 66·5%). Um dieselbe Zeit treffen wir in etwa 10^m Tiefe die niedrigste Temperatur im Boden an, die wir zu 10° Cels. annehmen können (mittlere Luftwärme des Jahres 9·7° und die Bodenwärme ist etwas höher als die Luftwärme). Von da bis zu circa 30^m bleibt die Temperatur recht nahe constant und nimmt dann wieder langsam gegen die Tiefe zu für je 30^m um circa 1° Cels.

Zwischen der Erdoberfläche und 30^m Tiefe muss demnach jedenfalls der atmosphärische Wasserdampf sich condensiren und zwar bei circa 10°. Bei 10° hat die Luft eine Wasserdampfcapacität von 9·4 Gr. pro Cbm., jeder Cbm. Luft verliert also beim Eindringen in den Boden circa 2 Gr. Wasserdampf. Um eine Wasserhöhe von 2^{mm}, d. i. pro Quadratmeter Fläche 2 Kgr. Wasser zu liefern, müssen demnach 1000 Cbm. Luft in 24 Stunden durch jeden Quadratmeter Boden Querschnitt passiren, d. h. eigentlich in 12 Stunden, da sie ja auch wieder zurück an die Oberfläche gelangen müssen. Nehmen wir an, dies sei in der That der Fall, so folgt als weitere Consequenz, dass 2 Kgr. Wasserdampf, die sich zu Wasser im Boden condensiren, rund 1200 Wärmeeinheiten an den Boden abgeben werden.

Diese Wärmemenge wäre genügend 1 Cbm. Wasser um 1·2° oder einen Cbm. Erdboden um circa 2·4° C. zu erwärmen, da die specifische Wärme des Bodens dem Volumen nach circa halb so gross ist als die des Wassers. Die Wärmezufuhr blos einen Monat hindurch wirksam gedacht, müsste die mittlere Bodentemperatur in der obersten Schicht von 30^m, wo allein die Condensation stattfinden könnte, um 2·4° Cels. erhöhen, für das ganze Sommerhalbjahr aber gäbe die Condensation (200^{mm} gleich 200 Kgr. condensirten Wasserdampf) eine Erwärmung des Bodens um 7·2° Cels., d. h. der Boden würde sehr bald so warm werden, dass keine Condensation mehr eintreten könnte. Schon nach dem ersten Monate etwa würde also der vorausgesetzte Condensationsprocess sich selbst Schranken setzen, es könnten kaum 60 Kgr. Wasserdampf sich pro Quadratmeter Bodenfläche condensiren.

Da die besprochene Consequenz eine nothwendige ist, und absolut nicht einzusehen, wie diese Wärme anderswo hin genügend rasch auf natürlichem Wege abgeführt werden kann, so würde dieselbe allein genügen, die besprochene Theorie als physikalisch unhaltbar zu erklären.

Darf man ferner im Ernste annehmen, dass, wie wir es oben als nöthig nachgewiesen, durch jeden Quadratmeter Bodenquerschnitt im Juli täglich 2000 Cbm. Luft ein- und ausströmen und zwar bis zu mindestens 10 Meter Tiefe hinab? Welche Kraft setzt diese Strömung in Bewegung, da ja der Boden kälter ist als die Luft, dieselbe also durch eine äussere unerklärliche Kraft gezwungen werden müsste, in den Boden einzuströmen?

Im Winterhalbjahr, wo wirklich ein Luftwechsel bestehen dürfte, weil die Bodenluft wärmer ist als die Atmosphäre, kann keine Condensation stattfinden, weil sich die eindringende Luft erwärmt, im Sommer aber hat die atmosphärische Luft keine Tendenz in merklichen Quantitäten in den Boden einzudringen, weil die Bodenluft kälter und schwerer ist als sie. Es ist bekannt, wie lange die kalte Winterluft selbst in Höhlen, die durch grössere Oeffnungen mit der Atmosphäre correspondiren, der Sommerluft den Eintritt versperrt (Eishöhlen z. B.). Und wie die Luft, sobald einmal die vorausgesetzte Condensation die Poren des Bodens mit Wasser erfüllt hat, noch weiter in demselben circuliren könnte, ist gleichfalls nicht einzusehen.

Da die Luft in der für die Condensation des atmosphärischen Wasserdampfes im Boden günstigsten Zeit dort nur auf 10° circa in unserem Klima abgekühlt werden kann, so gibt 1 Cbm. Luft der untersten feuchtesten Schicht im Juli blos 2 Gr. Niederschlag; es wären also, wie früher schon gesagt, 1000 Cbm. solcher Luft nothwendig, damit sie einen Niederschlag von 2^{'''} oder 2 Kgr. pro Quadratmeter liefern, d. h. es müsste jeden Tag die ganze Luftschicht vom Boden bis zu wenigstens 1000^{'''} Höhe in den Boden eindringen und dort ihren Wasserdampf bei 10° abgeben. Man ziehe nur die weiteren Consequenzen aus diesem monströsen Vorgang, um die gänzliche Unzulässigkeit desselben sich recht deutlich zu machen. Und das Alles um im günstigsten Monat blos 60^{'''} Wasserhöhe zu erlangen! Es ist selbstverständlich, dass die meteorologischen Consequenzen eines solchen Vorganges (die continuirliche Austrocknung der Luft z. B.) der Beobachtung nicht hätten entgehen können. Wollte man nur die wärmsten und wasserdampfreichsten Tage in Rechnung ziehen, so würde man keineswegs zu einem günstigeren Resultat gelangen, da man die Stärke des Niederschlages im selben Maasse steigern müsste, als man die Zahl der Tage beschränkt, und die obigen Schwierigkeiten in gleichem Verhältniss mit der Grösse der erforderlichen Condensationsmenge zunehmen.

Da nun aber weiter der Wasserdampfgehalt mit der Höhe abnimmt, und wenn die untersten Schichten Juliluft in Wien pro Cbm. 11·4 Gr. Wasserdampf enthalten, die Schichten in 550^{'''} circa nur mehr 9·4 Gr. enthalten, von denen bei Abkühlung auf 10° nichts mehr condensirt wird, so enthält die Atmosphäre über Wien überhaupt nicht so viel Wasserdampf, dass sie durch eine Abkühlung auf 10° einen Niederschlag von 2^{'''} liefern könnte, sie würde nur einen solchen von 0·5^{'''}, d. i. blos 15^{'''} im Monat liefern können. Das ist nun schon bei uns der Fall, wo die Differenz der Bodentemperatur und Lufttemperatur im Sommer ziemlich gross ist — in wärmeren Klimaten, namentlich in den Tropen, könnte die Condensation im Boden noch viel weniger liefern.

Ich sehe daher keinerlei Möglichkeit, die für die Volger'sche Quellentheorie erforderliche Wassermenge aus der Atmosphäre auf dem in derselben angenommenen Wege zu erhalten.

Ich begnüge mich mit diesen Bemerkungen, ohne auf die anderen Seiten des Problems einzugehen, die gleichfalls Schwierigkeiten genug bieten würden, z. B. die Abnahme und das theilweise Versiegen der Quellen und Flüsse im Spätsommer und Herbst (bis in den Winter hinein) d. h. gerade nach jener Zeit, wo die unterirdische Condensation und Wasserzufuhr als am lebhaftesten vorausgesetzt werden muss, und im Gegensatz hiezu der thatsächliche Parallelismus der Quantität der Niederschläge mit der Höhe des Grundwasserstandes und der Ergiebigkeit der Bäche und Quellen; das Fehlen der Quellen und Wasserläufe in Gegenden mit sehr feuchter Luft, aber wenig atmosphärischem Niederschlage, wie am Rothen Meer und an der Küste von Peru etc.

Auf einen Gegenstand, der mein Fach näher berührt, muss ich auch noch kurz hinweisen. Es dürfte richtig sein, dass bei uns durchschnittlich von einer Wasserfläche mehr verdampft, als der Zuschuss an Niederschlag auf die gleiche Fläche beträgt. Ich kann blos sagen, es dürfte so sein, denn es ist bekannt und vielfach erörtert, dass alle üblichen Verdunstungsmessungen viel zu grosse Resultate geben, weil das Wasser der Apparate sich viel mehr erwärmt und mehr Dampf an die trockenere umgebende Luft abgibt, als dies bei einem Teich oder gar bei einem See der Fall ist. Aber dies kommt hier nicht einmal in Betracht. Während es regnet und das Wasser in den Boden eindringt, verdunstet wenig oder nichts, und das einmal im Boden befindliche Wasser ist gegen die Verdunstung fast völlig geschützt. Der Boden trocknet oberflächlich ab und dann ist die Verdunstung fast sistirt. Die Resultate der Verdunstungsmessungen haben somit kaum eine Beziehung zu dem Wasser im Boden.“