Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern

Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Bern

Band: - (1882)

Heft: 1 : 1030-1039

Artikel: Die wissenschaftliche Lösung der Wasserfrage mit Rücksicht auf die Versorgung der Städte

Autor: Lauterburg, R.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-318965

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Ingenieur R. Lauterburg.

Die wissenschaftliche Lösung der Wasserfrage mit Rücksicht auf die Versorgung der Städte.

Mit zwei Tafeln.

Vorgetragen in der Sitzung vom 3. Juni 1882.

Unter diesem Titel wurde dem Verfasser dieses am 29. März laufenden Jahres von Herr *Dr. phil. Otto Volger*, Obmann des freien deutschen Hochstiftes in Frankfurt a./M., auf Wunsch und in freundschaftlicher Weise ein gedruckter Vortrag übersandt, den er am 27. August 1877 in Frankfurt gehalten hat und der seines höchst interessanten Inhaltes wegen nicht verfehlen konnte, die allgemeinste Aufmerksamkeit auf sich zu ziehen.

Es sei nun dem dankbaren Empfänger, als Fachmann in Wasserfragen erlaubt, auf die am Schluss des Vortrags von Herrn Dr Volger verlangte Meinungsäusserung auch von anderer Seite, ebenfalls auf diese hochwichtige Frage einzugehen und in nachfolgenden Punkten seine unmassgeblichen Gegenansichten und Erfahrungen anzubringen.

Der Vortrag zerfällt in der Hauptsache in zwei Theile, wovon der erstere die bisherige Quellentheorie umzustossen sucht, während der andere als Ersatz die Annahme aufstellt und begründet, *dass sich wenigstens*

der Hauptinhalt der Quellen und Grundwasser nicht von den atmosphärischen Niederschlägen über dem Boden, sondern vom Niederschlag der atmosphärischen Luft im kühlen Grund der Erdrinde bilde.

Herr Dr *Volger* gibt zwar die Existenz sehr vieler Quellen zu, die sich aus Tagwasser, (d. h. Niederschlagswasser) gebildet haben und, wo die örtlichen Bedingungen dazu vorhanden sind, quellenförmig hervorsprudeln. Doch sei diess Wasser eben nur Tagwasser und nicht das nach seiner Annahme durch den atmosphärischen Luftniederschlag *im Boden selbst sich bildende* Quellwasser, welches einzig rein sein könne.

Die Auffindung und Verwendung des bisherigen sogenannten Quellwassers sei immerhin eine unsichere, ja zumeist ruinöse gewesen, und *unvernünftig* sei geradezu die Herleitung von Wasser aus fernen Gebirgsgegenden, wie z. B. die Wasserzuleitung aus dem Harzgebirge nach Hamburg, während doch im Erdboden die Bedingungen zur Quellen- und Grundwasser-Bildung überall vorwalten, wo die Luft ihn durchdringen könne. Wohl filtrire man in Nothfällen das nahe vorbeifliessende Flusswasser, doch sollte ein *solches* Wasser kein gewissenhafter Arzt als Trinkwasser für Menschen empfehlen.

Uebrigens könne man selbst durch die sorgfältigste Filtrirung die gefährlichsten (organischen) Verunreinigungsstoffe, welche die auf Gährung und Zersetzung beruhenden „Zimotischen“ Krankheitserscheinungen hervorbringen, nicht beseitigen; überdiess gebe es Verunreinigungen, von welchen selbst die geringsten Ueberreste, die keine chemische Reagentien mehr anzugeben vermögen, noch sehr gefährlich werden können.

Eine äusserste Wasser-Noth könne auch in Wüstenländern schwerlich auftreten, da nach seiner Annahme

die Verhältnisse des Erdbodens in den meisten Fällen zur Aushülfe Gelegenheit bieten.

Dass die bisherige (von Hrn. Dr. *Volger* ganz richtig beschriebene) Quellentheorie noch heutzutage verbreitet sein kann, beweist nach seiner Ansicht, in welch' erschreckender Weise manche Studiengebiete noch zurückgeblieben sind.

Was in allen Büchern der Geologie, Hydrographie und Hydrotechnik über die Quellenbildung geschrieben steht, wird auf ein Mal durch verschiedene einfache Versuche des Hrn. Dr. *Volger* zu Nichte gemacht, indem nach seiner Ansicht (S. 6 a, Z. 20 v. oben) *kein Wasser des Erdbodens vom Regenwasser* herrührt, da die Wassermenge auch des stärksten Regens nicht genügt, um tiefer in den Boden einzudringen.

Nach der Ansicht des Hrn. Dr. *Volger* quillt bei starken Regenfällen die Boden*oberfläche* auf, und hört selbst wenige Decimeter unter dem Boden die Durchwässerung auf. Einen halben Meter unter dem Boden wird sich auch auf die stärksten Regenwetter hin nach 8 Tagen keine Spur des Eindringens von Wasser mehr zeigen.

Nach unserem geehrten Hrn. Verfasser Volger müssten alle Flüsse und See'n sich sofort im Boden verlaufen*),

*) Abgesehen von dem öftern Versickern und Wiederverschwinden der tropischen Wüstenströme bemerken wir aber doch auch bei vielen unserer Gewässer einen gewissen Versickerungsverlust oder eine den Zuflüssen nicht entsprechende Wasserzunahme. Ueberdiess übersieht unser geehrter Herr Verfasser, dass die See'n sich *nur* auf den undurchlässigen Einsenkungen sammeln und dass viele Flüsse zur Zeit ihrer Schlammführungen mit der Zeit ihre Bette und Ufer verdichten (verschlicken). Dass aber auch bei uns dennoch viele Durchsickerungen stattfinden können, beweisen die *mit den Flusswasserspiegeln steigenden* und fallenden Grundwasser-Niveaux und die Keller-

wenn die Erdoberfläche das Wasser so durchliesse, wie man bisher angenommen habe.

Eine weitere Wahrnehmung des Hrn. Verfasser belehrt uns ferner, dass im Winter das Land auf seiner Oberfläche allerdings *selber Wasser* „erzeuge", welches durch Pumpen gehoben werden müsse*).

Gegen eine tiefere Einsickerung des Regenwassers in den Erdboden, führt der Hr. Verfasser die Schriftsteller *Seneca*, *Perrault* und *de la Hire* an. Wir müssen indess hierauf bemerken, dass die auf wenige Beobachtungen und Versuche basirten Schlüsse dieser Gelehrten hier schon desshalb nicht viel beweisen können, weil die Lage und Bodenverhältnisse der Versuchsstellen nicht mit angegeben sind. Natürlich sinkt das Regenwasser *nicht allenthalben* durch, und spielen ja in der Wasserfrage die undurchlassenden Bodenarten eine bekannte Rolle. Da, wo aber das Regenwasser eindringen kann, *muss* es, wie gesagt, vermöge seiner Schwere nach allen Naturgesetzen

---

füllungen ganzer benachbarter Stadtquartiere, sowie die ebenfalls damit correspondirenden Schwankungen der von Hochthälern oder Hochebenen unterirdisch abfliessenden Sickerquellen. Trotzdem werden die sichtbaren Flüsse immerhin das *Haupt*thalwasser abführen, wenn schon oft tief unter ihrem Bett das Thal*grund*wasser unterirdisch abfliesst. Gegen das Absorptionsvermögen des Bodens liegt also im Wasserreichthum der Flüsse und See'n durchaus kein Beweis, und ist auch durch die Stromberechnungen erwiesen, dass, wie bereits erwähnt, die Ströme ja freilich mit der Länge ihres Laufes etwas Wasser durchsickern lassen, da wenigstens die Hochwassermengen der Flüsse thalauswärts mit der fortschreitenden Grössen-Zunahme ihrer Quellengebiete nicht Schritt halten, sondern stetig abnehmen.

*) *Woher kommt aber dieses Wasser?* Steigt dasselbe aus dem Boden *herauf;* warum kann es dann nicht bei Regenfällen eben so gut oder noch viel leichter, seiner Schwere folgend, von *oben herunter* einsickern?

und Beobachtungen auch wirklich ein- und durchdringen wie ja alle auch die mächtigsten und feinsten Filterschichten der Wasserversorgungsreservoirs selbst in den Reparaturzeiten beweisen, auf welche nach erfolgter Wasserabsperrung nur Regenwasser fallen kann; und wo läuft denn all' das Wasser hin, welches alle die Terrainmulden und Niederungen ohne sichtbaren Auslauf oft so gierig verschlucken?

Wenn ferner nach der Voraussetzung des Herrn Verfassers von drei in verschiedenen Stufen übereinander liegenden Drainirsträngen der oberste kein Wasser, der mittlere kaum einige Feuchtigkeit und erst der unterste wirkliches Wasser aufweist, so ist diess ein Stand der Dinge, wie er nach den Lokalverhältnissen und nach langer Trockenheit etwa vorkommen kann, darum aber nichts beweist, weil von dem oben eindringenden Regenwasser der oberste Strang nur das unmittelbar über und neben ihm auffallende Regenwasser erhält, während den untern Strängen das in weiterer Ferne niedergefallene, vom gedrungenen (nicht aufgelockerten) Unterboden aufgefangene und aufgehaltene Regenwasser um so leichter und reichlicher dem Wasser anziehenden Thonstrang zusickern wird. Wo aber, wie bei den speziell zur Beobachtung der Durchsickerung angelegten Lysimetern, keine Auffangkörper von anziehender Masse eingesenkt sind, ergiebt sich eher das Gegentheil von dem, was unser Herr Verfasser aus seinen Voraussetzungen und Beobachtungen gegenüber den Wahrnehmungen aller bisherigen, ergrauten Fachmänner (wie Paramelle) abzuleiten sich bemüht, dass *nämlich die ganze seitherige auf der Wasserdurchsickerung beruhende Quellenlehre eine gänzlich falsche war und der heutigen Wissenschaft nicht mehr würdig erscheine, und dass die bisherige Quellenlehre,*

weil nicht mehr haltbar und zulässig, umgestossen werden müsse. In seinem interessanten Vortrag (S. 7 b, 16.—35. Zeile) verleiht Herr Dr. *Volger* selbst dem unreinen Erdboden (Z. 32) das vollkommenste Klärungsvermögen in Beziehung auf *das von der Oberfläche aufgenommene und in die Erde eingeführte* Wasser*) widerspricht sich aber damit selbst, wenn er wie im Anfang (S. 4 a, 1. Abschnitt) sagt, dass das aus dem Gebirge heruntergeleitete (bis zur Fassungsstelle immerhin durch den Boden gesickerte) Wasser aus der Regensammlung als unreines oder unbrauchbares Tagwasser bezeichnet, und wenn er andererseits die tagtägliche (auf Seite 3—4 zugegebene) Erscheinung des Eindringens des Oberflächenwassers in die Erde auf S. 6—7 wieder in Abrede stellt. Ausserdem scheinen uns noch eine Menge anderer Widersprüche und Behauptungen vorzukommen, welche, auf verhältnissmässig wenige Beobachtungen oder auf *blosse Argumentation* gestützt, den allgemeinsten und direktesten Wahrnehmungen und Erfahrungen aller Fachmänner geradezu in's Angesicht schlagen und daher unmöglich stillschweigend übergangen werden dürfen**). Wer von diesen Fachmännern sagt, z. B. auch, dass das Regenwasser *überall* durchsickere und wie darf umgekehrt behauptet werden, dass es *nirgends* durchsickere. Sickert aber das atmosphärische Wasser nur stellenweise durch (wie z. B. durch die unterteufenden Trümmer und Geröllschichten), so geräth es doch einmal *unter* den Boden, sickert und verbreitet sich dort weiter und bildet auf seiner Thalfahrt da und

*) Also *Tag*wasser (S. 7 b, Z. 25 und S. 3 auf 4).

**) Dass wir unsere Gegenmeinungen jeweilen unmittelbar in den Text einfliessen lassen, ohne unsern Herrn Vorredner vorher in Allem fertig sprechen zu lassen, geschah lediglich zur Abkürzung und Vermeidung von Wiederholungen.

dort hervortretende Quellen, wie der Herr Verfasser (auf S. 3—4) selbst zugiebt. Also ist dieses Grundwasser doch eingesickertes und durch die stellenweisen Hindernisse der Fortsickerung aufgehaltenes (reservirtes) Niederschlagwasser von oben und braucht desshalb durchaus nicht unterirdisch condensirte Luftfeuchtigkeit zu sein.

Wenn der Herr Verfasser auf S. 8 a (1. Al.) die alte Quellenlehre in mathematische Formen gekleidet sieht, so hat er von den Werken keines gelesen, die ausdrücklich sagen, dass in keinem Gebiete weniger als hier ein strammes oder mathematisches System zu finden sei oder der schöpferischen Anordnung zu Grunde gelegt werden dürfe. Unter den der bisherigen Quellentheorie vorgeworfenen „Heiligenschein der Unfehlbarkeit“ stellt sich vielmehr derjenige, der an der Hand einiger persönlichen Beobachtungen es wagt, die tausendfältig erprobten und bestätigten Lehrsätze und Erfahrungen ergrauter Fachmänner und der bedeutendsten Männer der wissenschaftlichen Forschung mit seinen Folgerungen nicht nur in Frage zu stellen, sondern, „als der neuen Wissenschaft unwürdig“, geradezu an den Pranger zu stellen. (S. 7.)

Richtig ist dagegen bezüglich eines weitern sehr wichtigen Faktors, nämlich der *Verdunstung*, dass bei den ältern Berechnungen, welche die jährliche Niederschlagsmengen im Allgemeinen viel höher fanden als die entsprechenden Stromabflussmengen, dieser Faktor gänzlich übersehen worden war; wenn nun aber der jährlichen Verdunstung das Maass *der freien Wasserverdunstung oder gar dasjenige der frisch benetzten Erd- und Culturoberfläche* unterschoben werden wollte, so wäre dieser Fehler noch auffälliger als derjenige der völligen Ignorirung der wirklichen Verdunstung, welche laut vielfacher Erfahrung und direkter Messung überaus schnell abnimmt und in

weniger als 14 regenlosen Tagen sich auf ein fast constantes Minimum von kaum 0,02 mm per Tag zu verlieren pflegt.

Aus Grund dieses Uebersehens ist auch einigen Technikern der Spass passirt, dass sie den jährlichen Wasser-Verlust des Culturbodens durch die Verdunstung dem enormen und constanten Wasser-Verlust einer offenen Seefläche gleichgesetzt und daraus herausgefunden haben, dass die Erde (nicht nur in der heissen Zone) weit mehr Wasser an die Atmosphäre per Verdunstung abgebe als sie von ihr an Niederschlägen empfange. Gottlob ist aber Gottes herrliche Schöpfung und Weltregierung doch noch etwas besser eingerichtet, als uns schon manche Rechenkünstler vorgerechnet und vordemonstrirt haben!

Soweit also spricht sich der Vortrag des Hrn. Dr. Volger über die *bisher praktizirte* Quellentheorie aus, und nun kommt er (S. 8, Z. 20 v. o.) auf den „erbauenden" Theil seines Vortrags zu sprechen — d. h. auf die, wie er glaubt, *einzig reelle und hauptsächlichste Versorgungsquelle des Bodens mit gutem, reinem Trinkwasser.*

Diese Quelle liegt nämlich nach seiner Ansicht *im Feuchtigkeitsgehalt der Luft*, welche vermöge ihrer Schwere alle Erdporen bis in die grösste Tiefe durchdringt, 7 bis 800 mal flüssiger ist als das Wasser und auf dem Erdmantel (geschweige denn im Innern der Erde), unter dem Drucke einer Queksilbersäule von beiläufig 706 (760?) mm Höhe, d. h. per Quadratcentimeter Erdoberfläche unter einem Drucke von cirka 1 Kilogr. steht. Diese in die kühle Erde absteigende, immer dichter werdende Luft wird (nach dem physikalischen Gesetz der Condensation) in unserer Gegend schon drei Meter unter der Bodenoberfläche eine ziemlich constante Temperatur von nur 10° C. antreffen und dort ihre in der Sommerhitze aufgenommene Feuchtigkeit niederschlagen müssen. Damit sind wir vollkommen ein-

verstanden, nur nicht damit, dass die feuchte Grubenluft als einzig wasserlieferndes Element der Atmosphäre noch besonders zu der durch die Einsickerung von Regen und Schnee nothwendig gebildeten Grubenfeuchtigkeit hinzu zu rechnen sei, wohl aber damit, dass dieselbe durch den scheinbar neu hinzutretenden immerhin äusserst minimen Niederschlag an Luftfeuchtigkeit unter Umständen gleichsam etwas leichtflüssiger gemacht werden könne, wenn überhaupt von einer nur einigermassen erheblichen Flüssigkeitsabgabe der Luft nach dem Innern der Erdrinde die Rede sein könnte, was wir aber auch nicht als nothwendig zugeben können, da die Grubenluft schon aus andern unabweisbaren Gründen feucht sein muss, indem, wie gesagt, den wenigstens theilweise in den Boden eindringenden Niederschlägen von Regen, Schnee, etc. doch *wenigstens* der Effekt einer mehr oder minder reichlichern Durchfeuchtung der Bodenluft ohne Mitwirkung der Atmosphäre wird zugestanden werden müssen.

Wie steht es nun aber mit der kalten Winterluft und der Nachtluft der kalten Frühlings- und Herbstnächte? Müsste diese nicht wenigstens im ungesättigten Zustande während dem grössern Theil des Jahres umgekekrt Feuchtigkeit aus der wärmern Erde absorbiren*)? Wir denken indess, dass vorerst keine von Beiden mehr Feuchtigkeit abgeben kann, als sie selbst inne hat, und dass auch hier allmälig eine gewisse stets zunehmende Renitenz, ähnlich derjenigen der Luft gegen ihre völlige Erschöpfung ein-

*) Kann auch die kalte Luft nicht mehr Feuchtigkeit aus der Erde aufnehmen, als es ihr geringes Sättigungsmaass bis zu seinem Eintritt erlaubt, so kann auch die wärmere Luft zur wärmern Jahres- und Tageszeit an die kühlere Erde nicht mehr Feuchtigkeit abtreten, als das relativ grössere Sättigungsmaass nach seinem wirklichen Eintritt noch gestattet.

treten dürfte. Wenigstens hat sich eine solche bei unsern Verdunstungsversuchen mit porösen Erd-, Stein- und Cementkörpern bezüglich des Wasserhaltungsvermögens dieser Körper deutlich an den Tag gelegt.

Wir kehren jedoch zurück zur Sommerszeit und geben bis auf ein gewisses Maass zu, dass an vielen Orten der Boden um desto feuchter werde, je tiefer er liegt, nicht aber, dass diess allein vom unterirdischen Luftniederschlag herkomme, sondern hauptsächlich davon, dass die von den oberflächlichen meteorologischen Niederschlägen herabgedrungene Grundfeuchtigkeit sich in der Tiefe der Verdunstung besser entziehen kann als in den obern Erdschichten, und dass dieselbe wenigstens während den stärkern Regengüssen unter dem Einfluss der Schwere und unter einem gewissen hydropatischen Wasserdruck von oben gleichsam das Tiefe suchen *musste*.

Dass ein wirksamer Wasserniederschlag aus der sich namentlich bei abkühlendem Regenwetter stark verdichtenden Luftfeuchtigkeit im Boden vorgehe, beweist Herr Dr. *Volger* auch aus dem Umstande, dass sich das Grundwasser nach jedem erheblichen Regen sichtlich erhebe, und streitet seinen Gegnern – mit welchem Vorrecht ist freilich schwer zu ersehen — ohne Weiteres die Berechtigung ab, diese Grundwassersteigung eher dem vermehrten Regenwasserzufluss zuzuschreiben, wie diess bis auf den Zeitpunkt seines Vortrags von jedermann ohne Ausnahme aus den allernatürlichsten Gründen angenommen war — eine Annahme, die sich schon *dadurch* von jeher erprobt hat, dass laut allen Regen- und Strommessungen selbst zur Zeit der Regendauer, während welcher doch soviel als keine Verdunstung vorwaltet, je nach der Natur der Flussgebiete oft 30 bis 70 % der Niederschlagsmenge zurück zu bleiben pflegt, welche sich doch irgend wohin

verlieren müssen. Bringt man diese zurückbleibende Wassermasse mit der grösstmöglichen Luftverdichtungsmasse in Vergleich, so muss sich wohl von selbst herausstellen, aus welcher Masse sich die Grundfeuchtigkeit in erster Linie decken *muss*, um zu allen regenlosen Zeiten diejenige gesammte Thalabflussmenge zu erzeugen, die den vielen sorgfältigen Strom-, Grundwasser- und Quellenmessungen, wo diese wenigstens seit Jahren eingeführt worden sind, nur einigermassen entsprechen. Aus unsern schweizerischen Untersuchungen ergiebt sich kein unsere Anschauung nur annäherd dementirendes Resultat, womit wir aber durchaus nicht sagen wollen, dass die Condensationstheorie des Hrn. Verfasser absolut unrichtig sei, und dass die Quellenbildung unter dem Boden unter Umständen *nicht auch* durch die Feuchtigkeitsniederschläge aus der Luft *unterstützt* werden könne.

Indem unser Herr Verfasser die Luftverdichtung infolge ihrer zunehmenden Druckhöhe nach dem Innern der Erde so zunehmen lässt, dass schliesslich das eingedrnngene Luft-Volumen dem Raume der *angefüllten* Erdmasse mit allen ihren Zwischenräumen gleichkommt und den Erdtheilen noch eine besondere, gesteigerte Luftanziehung und Verdichtung zuschreibt, findet er die Menge des dem Innern der Erdrinde aus der Luftsäule von 760 mm Quecksilberhöhe zukommenden Wassermenge von 12 mm Quecksilberhöhe (Saussure) so überwältigend, dass daraus sämmtliche Grund- und Quellwasser sollten unterhalten werden können. Da das spezifische Gewicht des Queksilbers = zirka 13,6, so ergiebt sich hieraus eine Wasserschichthöhe von $13{,}6 \times 12$ mm = zirka 163,0 mm. Nun wird aber die Atmosphäre ihren Wassergehalt niemals plötzlich und niemals ganz (resp. unter den Sättigungspunkt herab) abgeben.

Die reichlichste Thauablagerung beträgt bei den oft kalten Nächten der Tropenländer unmittelbar auf die feuchtesten und heissesten Tage höchstens $^1/_4$ mm Niederschlagshöhe. Nimmt man für unsere Gegenden unter der Berücksichtigung, dass während der kalten Jahreszeit keine Verdichtung der kältern Luft im wärmern Boden stattfinden kann, für den Condensationsniederschlag eine tägliche und durchschnittliche Wasserschichthöhe von $^1/_8$ mm*) an, so ergäbe diess eine jährliche Wasserschichthöhe von $45^1/_2$ mm, welche aber durch die auch unter dieser Voraussetzung immerhin fortwirkende Verdunstung von wenigstens 1 mm per Tag (Sommer und Winter) oder von 365 mm per Jahr mehr als aufgezehrt würde. Aber auch hievon abgesehen, bliebe die Wasserversorgung aus der Luft hinter derjenigen aus dem Wolkenreich (von jährlich zirka 650 mm. in den Niederungen Deutschlands) so weit zurück, dass von einer grössern Reichlichkeit der Erstern gegenüber der Letztern gar keine Rede sein kann.

Würde also dem Untergrunde nicht noch von anderer Seite drei bis viermal mehr Wasser zukommen, so müssten allmälig alle Quellen eingehen.

Dass der Herr Verfasser die Menge der sich jedenfalls nur allmälig und nie vollständig niederschlagenden und übrigens selbst wieder aus der Erdausdünstung ersetzenden Luftfeuchtigkeit mit der in seiner Gegend vor-

---

*) Die in einer kühlen Sommernacht niedergeschlagene Thaumenge nach einem sehr schwülen Tag fanden wir durch Ausspannung eines ziemlich grossen, trockenen Leintuches auf einer freien Zinkblech-Terrasse durch vorherige und nachherige genaue Abwägung nach dem Sonnenniedergang und vor dem Sonnenaufgang = einer Wasserschichthöhe von 0,1 Millimeter, geben aber gerne zu, dass der Thauniederschlag unter Umständen auch reichlicher ausfallen könne.

kommenden *maximalen* Niederschlagsgrösse von 0,002 mm Queksilber- oder 0,027 mm. Wasserhöhe*) in Vergleichung bringt und dann noch beifügt, dass in seiner Gegend keine partiellen höhern Niederschläge vorkommen, lässt uns vermuthen, dass er an die Möglichkeit einer momentanen Entladung der *ganzen* atmosphärischen Luftfeuchtigkeit denkt, obgleich die Luft nur über das ihrer Temperatur entsprechende Feuchtigkeitsmaass hinaus Wasser abgeben kann. Ausserdem ist eine jede nicht auf die gleiche Zeiteinheit basirte Vergleichung von überdiess unmessbaren oder nur theilweise messbaren Gesammtleistungen absolut illusorisch.

Ob im Allgemeinen die Grundwasserschwankungen den hygrometrischen Luftschwankungen *auch ohne mitlaufende Niederschläge* so unmittelbar nachfolgen, wie Herr *Dr. Volger* voraussetzt, lässt sich allerdings nur durch die von ihm mit vollem Recht für alle solchen Untersuchungen vorgeschlagenen *stündlichen* Hygrometer- und Grundwasserbeobachtungen nachweisen. Es würden aber namentlich in den Niederungen solche Beobachtungen mit stündlich markirenden automatischen Wasserstandszeigern in Vereinigung mit genauen Niederschlagsbeobachtungen *auch sonst* die grösten Dienste leisten.

Dass Herr *Dr. Volger* im sogenannten Rieder-Spiess bei Frankfurt a/M. einen Wasserreichthum «in ausgiebigster Weise» zu eröffnen hoffte, hätte auch im wirklich gelingenden Falle nicht als Beweis für seine Theorie geltend gemacht werden dürfen, da das blosse Vorfinden reichlichen Grundwassers über die Herkunft oder *Entstehungsweise* desselben noch keinen bestimmten Aufschluss zu geben vermag.

---

*) In der Schweiz sind schon tägliche Regenhöhen von 250 Millimeter vorgekommen.

Da die Luft überall vorhanden, mithin auch ihre Condensation und Quellenbildung unter dem Boden sich nach der neuen Theorie allenthalben verwirklichen kann und verwirklicht, so hält es Herr *Dr. Volger* für überflüssig, für die Wasserversorgung der Niederungsstationen nach den Höhen auszugehen, zumal das Quellwasser der Niederungen kohlensäurehaltiger und viel reiner als dasjenige der Berggegenden sei. Immerhin sei aber, wie natürlich, auch auf die Bodenschichtungen (ihre Lagerung, Zusammensetzung, Wechselfolge, Dnrchlässigkeit und Reinheit) zu sehen. Ueberhaupt berührt Verfasser bezüglich Auffindung von Quellen eine Menge wichtiger und sehr richtiger Gesichtspunkte, die nicht zu übersehen sind, die aber alle, für sich allein und theorethisch aufgefasst, absolut nicht genügen, um ohne praktische und *lang*jährige Uebung in der Auffassung und Beurtheilung auch der unzähligen *Neben*verhältnisse, die oft in der Zahl von Legionen mit eingeflochten sind, jedesmal ein sicheres Resultat zu erzielen. Diese Nebenverhältnisse sind so manigfaltig und unqualifizirbar, dass sie selbst den berühmtesten Quellenforscher, Abbé Paramelle,*) zu dem Ausspruch veranlasst haben, dass er 9 Jahre lang nur als Lehrjunge im Fach habe wirken können. Erst nachher bildete sich durch *Uebung* seine Diagnose so sehr aus, dass er sich auch in den schwierigsten Fällen nie mehr trügte und schliesslich durch sein Prophetenwort eine solche Bewunderung erlangte, dass er an den Orten, wohin er berufen war, wegen des Zudranges der

*) Paramelle suchte seiner Gemeinde ein weiser Rathgeber *in Allem* zu werden und verschaffte sich dadurch nicht nur einen um so grössern und allgemeinern Einfluss, sondern bildete sich selbst zu einem allseitig brauchbaren und wirklich hervorragenden Volksfreund und Wohlthäter aus.

Bewunderer seine Forschungen nur noch zu Pferd ausführen konnte. Und wirklich gilt auch hier mehr als irgendwo das altbewährte Sprichwort: „Uebung macht den Meister“ und nicht das dürre Wissen aus den Büchern. Daher denn auch die Unzahl verunglückter Spekulationen auf diesem Gebiet! Freilich ist es vorzüglich die *auf ein wissenschaftliches Vorstudium* gegründete Uebung, welche uns am meisten fördert und am Richtigsten leitet, doch muss auch schon von Kleinem auf der gesunde, natürliche Blick und Menschenverstand als eine unmittelbare Gottesgabe *durch all' das abstrakte Studium hindurch gewahrt* worden sein und darf derselbe nicht durch ein Uebermaass verworrenen Wissens gleichsam vernagelt oder unter dem immensen Schub unfruchtbarer und ertödender Schulstudien zum Petrefakt geworden sein.

Ein solch' theoretisches Vorgehen ist es aber, wenn z. B. ohne alle thatsächliche Beobachtung und Erprobung aus einem einzelnen, an sich vielleicht theoretisch richtigen Satz, wie aus demjenigen, dass die warme Luft sich im kühlen Grunde niederschlägt, eine hinlängliche, ja überströmende Wasserentnahme als praktisch möglich und empfehlenswerth abgeleitet werden will, und wenn, von dieser Illusion befangen, einerseits alle mitwirkenden Nebenerscheinungen überschätzt und anderseits alle negativen Erscheinungen fast absichtlich übersehen werden. Es ist indess sehr anerkennenswerth, dass der Herr Verfasser am Schlusse seines interessanten, mitunter doch sehr viel Wahres und Vorzügliches enthaltenden Vortrages auch auf die Erfahrung Anderer einlenkt und die Fachmänner zur kollegialischen Mitprüfung seiner Ideen beiziehen will. Dass er auch den Schreiber diess in freundlicher und verdankenswerther Weise zur Mitäusserung seiner Ansichten eingeladen, verpflichtet den Letztern um

so mehr, sich auch über diejenigen Punkte kollegialisch auszusprechen, in welchen er mit dem Herr Verfasser nicht ganz einverstanden ist, und hier noch einige sachbezügliche Erfahrungen und Beobachtungen folgen zu lassen, welche vielleicht einiges Licht in die Frage bringen können.

Um den quantitativen und zeitlichen Zusammenhang der tiefgründigen Quellen und Grundwasserschwankungen mit den Niederschlägen übersichtlich darzustellen, hat auch der Unterzeichnete die Beobachtungen der Niederschläge und die korrespondirenden Abflussmengen oder Wasserstandsschwankungen verschiedener Quellengebiete in graphischer Weise zusammengetragen und zwar allerdings einen entschiedenen, gegenseitigen Zusammenhang zwischen Niederschlags- und Abflussmenge herausgefunden. Da aber mit der Regenzeit auch die meisten Perioden der Luftfeuchtigkeit und der reichlichen Luftniederschläge zusammenfallen, so kann dieser Zusammenhang nicht als Beweismittel für oder gegen die Volger'sche Theorie geltend gemacht werden, weil mit dieser Operation leider keine *hygrometrischen* Beobachtungen verbunden worden sind.

Der gleiche Zusammenhang ergiebt sich aus den vor bald 16 Jahren vom Unterzeichneten im Dienst der schweizerischen hydrometrischen Beobachtungen eingeführten graphischen Bülletins über die Schwankungen der Temperatur, der Niederschläge und Gewässerabläufe sämmtlicher schweizerischer Flussgebiete 1., 2. und 3. Ranges und zwar besonders aus der Vergleichung der kleinsten Wasserstandsschwankungen mit den kleinsten Niederschlagsmengen und den längsten regenlosen Perioden, vorausgesetzt, dass die allerkleinsten Abflussmengen der offenen Gewässer eigentlich nichts anderes darstellen,

als *den Quellengehalt der entsprechenden Thalgebiete*, wenigstens an denjenigen Flussstationen, welche vermöge ihrer geologischen Configuration kein Grundwasser unter dem Boden der Beobachtungsstation durchfliessen lassen. Natürlich muss aber bei jeder solchen Vergleichung auf Zeit und Form des Niederschlages, sowie auf die Terrain- und Kultureigenschaften und nicht weniger auf den zeitweiligen (gefrorenen, trockenen oder durchfeuchteten) Stand des Quellengebiets Rücksicht genommen werden.

Wenn nun auch selbstverständlich die Natur all' dieser Verhältnisse keine mathematisch genauen Resultate aufkommen lässt, so liefert sie dennoch ein charaktervolles Bild von dem wirklichen Zusammenhang zwischen dem Soll und Haben des wässerigen Haushaltes*) der Natur, sofern man wenigstens die unzuverlässigen und komplizirten Winterverhältnisse ausser Acht lässt, welche nur in mildern, frostfreien Gegenden gute und dann auch um so entscheidendere Resultate liefern können.

Noch charaktervoller wäre das Bild ausgefallen, wenn die vom Verfasser diess bereits vor 14 Jahren eingeleitet gewesene spezielle Einrichtung von besondern Regenmessern mit einem selbst registrirenden Wasserstandsmesser in besonders ausgewählten (ganz oder gar nicht bewaldeten, kultivirten und unkultivirten, flachen und steilen, bewaideten und kahlen) Seitenthälern eines und

---

*) Interessant sind auch die Wechselbeziehungen zwischen Niederschlag, Verdunstung, Pflanzensättigung, Versickerung und Abflussmenge bei den *Mittel- und Hoch*wasserständen für alle Terrain- und Kulturverhältnisse (siehe z. B. die auf die verschiedenen Naturzustände gegründete Zusammenstellung der schweizerischen Abflussmengen (bei Huber und Cie. in Bern) und die kleine Schrift über den Einfluss der Wälder auf die Quellen- und Stromverhältnisse der Schweiz (beim Verfasser diess).

desselben mässig grossen Flussgebietes von 114 Quadratkilometer Oberfläche längern Bestand hätte finden können. Was sich auch aus dem nahezu zweijährigen Dienst dieses leider, durch einen Dienstwechsel wieder dahingefallenen Separatinstitutes der allgemeinen hydrometrischen Beobachtungen der Schweiz ergeben hat, ist indess charakteristisch genug, um über den unzweifelhaften und direkten Zusammenhang zwischen Regenmenge und Abflussmenge, sowie über die Natur der Quellenbildung sichern Aufschluss zu geben.

Wie Herr *Dr. Volger* ganz richtig hervorhebt, ist es aber vorzüglich die *Erdverdunstung*, welche noch einer besondern Würdigung unterzogen werden muss. Es steht dieselbe auch unter der kräftigen Mitwirkung der Pflanzenwelt, die im Sommer selbst eine bedeutende Wassermenge dem Boden entzieht, und darf desshalb um so weniger übersehen werden. Vielleicht hat auch ihr starker Belang Herrn *Dr. Volger* zuerst auf den Gedanken geführt, an die Nothwendigkeit eines Ersatzes aus der feuchten Atmosphäre zu denken, und in der That wird die Luft in den Kulturgegenden zur Vegetationszeit und während der kühlen Nacht einen grossen Theil ihrer Feuchtigkeit an die Pflanzenwelt abgeben müssen. Nun hat freilich Herr *Dr. Volger* mehr von einer Feuchtigkeitsabgabe der Atmosphäre in das Innere der Frde gesprochen, wir glauben jedoch, wie schon früher angedeutet, dass dieselbe das von dieser Seite her empfangene Wasser gerade in der trockenen Empfangszeit sofort wieder verdunsten würde und dass selbst im Sommer, geschweige in der kühlen und kalten Jahreszeit, die im Innern der Erdporen sich aufhaltende Luft keinem so raschen und fortdauernden Ortswechsel und Niederschlag sammt Ergänzung durch nachdringende Luft unterworfen sein könne.

Ueberdiess würde die Grundwasserbildung durch die kontiunirliche Luftverdichtung im Innern der Erdrinde, um daraus das erforderliche Wasser zum Unterhalt des bisherigen Grund- und Quellwasser-Reichthums abgeben zu können, laut annähernder Berechnung durchschnittlich per Tag $^1/_{80}$ des ganzen atmosphärischen Dunstkörpers konsumiren, wenn der tägliche (nach unsern bisherigen Begriffen zum Unterhalt des Grundwassers erforderliche, nach Herr *Dr. Volger* aber durch die Luftverdichtung ersetzte) Niederschlag zu 2 Millimeter Höhe und die den ganzen atmosphärischen Wassergehalt darstellende Wasserschichthöhe zu zirka 160 Millimeter angenommen wird. Es erforderte diess aber, von andern zu erwartenden Erscheinungen abgesehen, eine solch' lebhafte Luftnachströmung in den Boden und damit zugleich eine solche Luftverdünnung und Austrocknung, dass Niemand mehr dabei existiren könnte, ja, es müsste der atmosphärische Wasserreichthum in der Luft trotz aller Verdunstung aus dem Boden etc. entweder innerhalb weniger Jahre aufgezehrt werden oder die Grundwasser- und Quellenbildung müsste allmälig von selbst eingehen und damit Mann und Maus der endlichen Verdurstung entgegen gehen, was freilich noch keiner Sündfluth, wohl aber dem direkten Gegentheil gleichkäme, was der liebe Gott verhüten möge! Würde aber die Atmosphäre bei der Lebhaftigkeit, mit welcher sie alle Erdfeuchtigkeit aufsaugt, ihren verlornen Feuchtigkeitsgehalt wieder aus der Erde zurückgewinnen können, indem, wie bereits erwähnt, die nach Herrn *Dr. Volger* in der Erdrinde zu Wasser verdichtete Luft weit rascher nach oben verdunsten, als versickern würde, was bei dem schnellern und reichlichern Wassereindrang der Niederschläge aus Regen und Schnee von diesen letztern jedenfalls in weit geringerm Maasse gesagt

werden kann, so würde der Erde von jener niedergeschlagenen Luftfeuchtigkeit gar nichts mehr verbleiben. Verdunstet aber, wie wir demnächst sehen werden, selbst von der durch die sichtbaren Niederschläge eingedrungenen Wassermenge schon ein so grosser Theil und der *grösste* Theil davon schon *in den ersten Tagen:* wie schnell würde sich der nach Herr *Dr. Volger* in den Milliarden offener Poren einer Erdscholle sich bildende dünne Luftniederschlag wieder verflüchtigen!

Laut unsern, in einer Meereshöhe von 540 und 1030 Meter mit feuchten Körpern angestellten Abwägungsversuchen betrug die Verdunstungshöhe, d. h. die sie repräsentirende condensirte Wasserschichthöhe, einer durch Niederschläge vollkommen durchsättigten Erdmasse am ersten Tage nach dem Niederschlag 10 und 13 Millimeter und an jedem weitern (hellen und sonnigen Juli-) Tag, summarisch, d. h. von Beginn der ersten Abwägung hinweg gerechnet, nach Elimination und graphischer Ausgleichung der Versuchsfehler:

	am 1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9. Tag:
a) bei 1030 m Seehöhe	13,–	18,85	21,48	22,66	23,19	23,43	23,53	23,58	23,60 mm
b) bei 540 m „	10,–	15,3	18,1	19,6	20,4	20,8	21,–	21,1	21,2 mm

Diese Werthe entsprechen einer allen ähnlichen (täglichen) Abwägungsversuchen mit mehr oder minder porösen Körpermassen (Erde, gepresste Cementplatten, Sandstein etc.) empirisch angepassten Kurve von der Formel:

$$V = H \frac{1 - p^n}{1 - p}$$

wobei bezeichnet:

V Die vom ersten bis zum n Tag nach der Sättigung verdunstete Wasserschichthöhe, in Millimetern.

H Die am ersten Tag nach der Sättigung verdunstete Wasserschichthöhe in Millimetern.

n Die Anzahl der Beobachtungstage seit der Sättigung

p Das je nach der Porosität der verdunsteten Masse von 70 bis 38 heruntergehende Prozent der täglichen Gewichtsabnahme im Vergleich mit der vortägigen Abwägung.

Bei allen Versuchen blieb sich p für die gleiche Masse und Versuchsreihe so ziemlich constant und varirt nur mit der Auswahl der Masse. Bei der erstern Reihe ergab sich p = 0,45 und bei der zweiten Reihe = 0,53. Den Werth von 0,70 erlangt p in unsern Gegenden erst bei einer frei an der glühenden Sonne aufgehängten Masse aus locker aufgeschichtetem Fliesspapier und dürfte so ziemlich das Maximum erreicht haben. p bleibt daher immer ein reeller Bruch und kann niemals etwas anderes werden. Es ergiebt sich daher in der analog benannten Differenzformel:

$$v = H p^{n-1}.$$

Die tägliche Verdunstung oder tägliche Wasserabnahme v mm ist von der gleichen anfänglichen Verdunstungshöhe ausgehend, bei den porösen Körpern grösser und erschöpfender als bei den dichtern, und würde demnach ein poröser Körper auch rascher aus getrocknet sein, als ein dichterer Körper von gleicher Grösse*), wenn er nicht schon von Anfang viel mehr Wasser aufsöge, als letzterer (v. Taf. II).

Die Raschheit der Austrocknung hängt natürlich auch von der Menge der innwohnenden und zugesetzten Wassermenge V ab. Das summarische Maass der Verdunstung kann natürlich niemals höher steigen, als diese Menge

*) Wie sich die Verdunstung ungleich grosser, resp. ungleich dicker Körper gestaltet, lassen wir, als nicht hieher gehörig, ausser Acht und ebenso die Beziehung zur hygroscopischen Capacität der Körper.

ausmacht, wenn sie sich auch auf eine fast ewige Länge hinauszuziehen vermag. Dass die tägliche Verdunstung hei fortdauernder Trockenheit sehr bald in eine fast unendlich kleine verschwindet, zeigt schon der erste Blick auf die Gleichung und die wirkliche Beobachtung.

Gegenüber dieser natürlichen und leicht vorauszusetzenden Erscheinung war es von jenen Gelehrten, welche zur Berechnung der jährlichen Verdunstungsmenge die *mittlere tägliche* Verdunstung von relativ 2 bis 3 Millimeter *mit der Anzahl Tage eines Jahres multiplizirten*, absolut unbegreiflich, wenn sie dazu erst noch das tägliche Mittel der fast constant und fortdauernd gespeisten Verdunstung des *offenen Wasserspiegels* einsetzten. Wie ungleich diese Rechnungsweisen ausfallen, wenn man sie auf die letzte, allerdings ganz ausserordentliche Zeitdauer einer so höchst selten und nie länger als auf einen Tag unterbrochenen Regenlosigkeit von Mitte September 1881 bis Mitte April 1882, also nach Abzug einiger unbedeutenden zerstreuten Regentage *) auf eine Dauer von nahezu 190 Tagen anwenden wollte, zeigt folgende Vergleichung: Auf die Dauer von 190 Tagen beträgt bei uns für die betreffende Jahreszeit (im Verhältniss zur täglichen, mittleren freiern *Wasser*verdunstung) die Gesammtverdunstungmasse, in einer condensirten Wasserschichthöhe ausgedrückt, zirka $190 \times 2 = 380$ Millimeter, während die Bodenverdunstung nach unserer auf ziemlich viele Versuche basirten Formel für $p = 0{,}53$ und sonst gleiche Verhältnisse unter Annahme einer anfänglichen Maximalverdunstung von 10 mm per Tag im Ganzen nur eine Verdunstung von 21,3 mm ergiebt, wozu allerdings alle, auch die kleinsten zwischen ein gefallenen, jedenfalls zu

*) Exclusive die Regentage von weniger als 5 Millimeter Regenhöhe.

$^2/_3$ sogleich wieder verdunsteten Regenfälle von zusammen zirka 193 mm mit 128,7 Millimeter hinzugerechnet werden müssen, was zusammen etwa 150 mm ausmacht.

Nach der einen Berechnung wäre also durch die Verdunstung dem während 190 Tagen ungespeist gebliebenen Grund- und Quellwasservorrath noch eine Wasserschicht von 380 Millimeter und nach der andern Berechnung eine solche von höchstens 150 mm *entzogen* worden und doch haben wenigstens unsere schweizerischen Gewässer den allerkleinsten Stand, den man kennt, erst an einigen wenigen Stellen erreicht.

Es ist also durch des grossen Schöpfers weise Anordnung auch in diesem Punkte dafür gesorgt worden, dass jener stillen und erhabenen Waage, die ohne unser Zuthun und im Verborgenen gleichsam alle Ausschreitungen der Naturkräfte im steten Gleichgewicht erhält, gegen jedes denkbare Missverhältniss ein entsprechendes, längst vorgesehenes Gleichgewicht zur Seite gelegt sei. Worin dieses hier besteht, geht sofort daraus hervor, dass den Erdmassen sowohl in *Beziehung auf ihre Verdunstung nach oben, als auf die Wasserabgabe an die Versickerung nach unten ein gewisses, äusserst zähes Rückhaltungsvermögen verliehen worden ist*, wie denn z. B. namentlich in den festern Bodenarten die Versickerungsmesser (Lysimeter) 1—4 Meter unter Boden lange kein Wasser mehr abtropfen lassen, wenn schon noch recht viel Feuchtigkeit sich im Boden aufhält. Es gehört diese Erscheinung zu all' den zahllosen Phänomänen, die sich die Wissenschaft nur in der Weise zu erklären vermag, dass sie sich immer auf andere, vorher bekannte, oft aber ebenso unerklärliche Grundthatsachen, beruft, wobei wir aber von ihr selbst stets nur von einem Fragezeichen zum andern geführt werden.

Wir werden es daher auch hier unterlassen müssen, auf ein Weiteres einzugehen und beschränken uns lediglich auf die Hinweisung auf eine Erscheinung, die der Verfasser diess auch in seiner Baupraxis bei den vielfach vorgekommenen, oft sehr tiefen Erdeinschnitten in allen möglichen Bodenarten unzählige Mal beobachtet hat und die unzweifelhaft jene ausserordentliche *Zähigkeit des Bodens in Zurückhaltung der Grundfeuchtigkeit* bestätigt. Gott Lob, dass dieses sich so verhält, sonst würden sich bei solchen ausserordentlichen langen und etwa noch auf den Sommer fallenden Regenlosigkeiten alle Grund- und Quellwasser theils in unerreichbare Tiefen zurückziehen, theils nach oben verflüchtigen müssen,

Sehr verschieden von der Verdunstung des freien, offenen Kulturbodens ist natürlich diejenige des *Waldbodens* und je ausgedehnter die Bewaldung einer Gegend ist, desto reichlicher, constanter und besser wird auch das in ihr sich vorfindende Quellwasser sein. Es würde uns jedoch zu weit führen, hier die Modalitäten aufzuzählen, welche auf die noch unausgerotteten (grösseren) Waldbezirke passen und müssen uns erlauben, unsere verehrten Leser in diesem Punkt auf unsere kleine Schrift über die Quellen- und Wälderfrage hinzuweisen.

So wären wir denn endlich am Schluss unserer Abhandlung über die Frage der Grundwasser- und Quellenbildung angelangt, müssen uns aber wegen der Ausführlichkeit, in die wir trotz der Unterdrückung vieler noch sehr wichtigen Erörterungen und Angaben unwillkürlich varfallen sind, ausdrücklich entschuldigen. Aber auch gegenüber unserem geehrten Herrn Verfasser sieht sich der unterzeichnete Empfänger des interessanten Vortrags zur aufrichtigen Entschuldigung verpflichtet, dass er im Interesse der Wichtigkeit der vorliegenden Frage und

ihrer Consequenz zur öffentlichen Wohlfahrt so ganz offen sein Urtheil abzugeben sich erlaubte. Allein zu diesem Urtheil gesellt sich nicht weniger lebhaft die Anerkennung, die jeder solchen Anregung und Unterstützung wissenschaftlicher Erörterungen von so allgemeinem Interesse gezollt bleiben soll.

Nachtrag.

Nachdem der vorausgehende Aufsatz schon niedergeschrieben war, erhielt der Verfasser von einem jungen Freunde die theoretische Herleitung der weiter oben angeführten Verdunstungsformel. Wir können es uns kaum versagen, dieselbe hier folgen zu lassen.

„Die Formel für die verdunstende Wassermenge, welche Sie rein empirisch gefunden haben, lässt sich auf Grund von zwei plausibeln Voraussetzungen auch theoretisch ableiten, und da diese Uebereinstimmung von Theorie und Empirie die Richtigkeit der Voraussetzungen beweist, und diese mithin als Resultate des Versuches fortan gelten können, so erlaube ich mir die mathematische Entwicklung beizufügen.

1. Voraussetzung: Der Wasserverlust — dv eines Theils der Oberfläche des verdunstenden Körpers in einer ganz kurzen Zeit dt sei proportional dem augenblicklichen Ueberschuss v des Wassergehaltes des Körpers über den als konstant angenommenen Wassergehalt seiner Umgebung.

2. Voraussetzung: Jeder Wasserverlust gleiche sich sofort durch den ganzen Körper aus.

Bezeichnet f einen Coefficienten, der abhängt von der Grösse und Beschaffenheit des verdunstenden Oberflächen-

stücks, so lauten die obigen Voraussetzungen, in Gleichung gesetzt:

$$-\,dv = f\,v\,dt.$$

oder $$\frac{dv}{v} = -\,f\,dt$$ Durch Integration folgt:

$$\log.\,\text{nat.}\ v = -\,ft + C \qquad 1)$$

wo C eine beliebige Integrationskonstante bezeichnet, der wir zur grössern Bequemlichkeit die Form geben:

$$C = \log\ c.$$

Die vorige Gleichung 1) kann dann auch geschrieben werden:

$$v = c\,e^{-ft}$$

wo e die Basis der natürlichen log. vorstellt. Setzt man noch zur Abkürzung

$$e^{-f} = p, \qquad \text{so kommt:}$$

$$v = c\,p^{t}. \qquad 2)$$

Für $t = o$ ergibt sich hieraus, dass die Constante c den Wassergehalt des Körpers bei Beginn der Verdunstung bedeutet. Der Wasserverlust V nach n Verdunstungstagen ist demnach:

$$V = c - v = c\,(1 - p^{n}), \qquad 3)$$

der Wasserverlust H nach einem Tag ist:

$$H = c\,(1-p) \qquad 4)$$

somit folgt durch Division von 3) durch 4)

$$\frac{V}{H} = \frac{1-p^{n}}{1-p} \quad \text{oder}$$

$$V = H\,\frac{1-p^{n}}{1-p} \qquad 5)$$

was genau mit Ihrer empirischen Formel überein[illegible]mt.

Wie man sieht, braucht die vorstehende [illegible]ung auf die Gestalt und Grösse des Körpers keine Rücksicht zu nehmen. Es geht daraus hervor, dass die Gültigkeit der Formel 5) lediglich an die Bedingungen geknüpft ist:

1) dass die Zeit, während welcher sich ein erlittener Wasserverlust durch den ganzen Körper hindurch ausgleicht, verschwindend klein sei im Vergleich zur Zeit, während der diese Wassermenge von der Oberfläche verdunstet;

2) dass der Körper von seiner Umgebung keinerlei Wasserzufuhr erhalte;

3) dass der Wassergehalt der Umgebung konstant sei;

4) dass der Wasserverlust in unendlich kleiner Zeit proportional sei dem augenblicklichen Ueberschuss des Wassergehaltes des feuchten Körpers: Bedingungen, die mutatis mutandis identisch sind mit denen der Abkühlung eines warmen Körpers in freier ruhiger Luft.

Ihr ergebener

(sig.) Dr. *A. Riggenbach*,
Assistent für Meteorologie am Bernoullianum
(Basel).

J. Bachmann.

Neuere geologische Beobachtungen in Bern.

Vorgetragen in der allgemeinen Sitzung vom 29. April 1882.

Schon wiederholt wurde darauf hingewiesen, dass in einer wohl besiedelten Gegend durch Gebäude, Strassen und [illegible]en eine Menge geologisch interessanter Verhältnisse und Erscheinungen verwischt und verdeckt werden. Unsere gewaltigen, jetzt überall mit Kulturen und Stadttheilen überzogenen Moränen haben unzweifelhaft ursprüng-

Prof. Dr. B. Luchsinger.

Ueber die Wirkung von Kälte und Wärme auf die Iris der Frösche.

Vorgetragen in der Sitzung vom 29. April 1882.

Zusammen mit Hrn. *E. Gysi* hatte ich schon vor mehreren Jahren einer Angabe von *Grünhagen* entgegen gefunden, dass Erwärmung des Froschauges nicht eine Erweiterung, sondern im Gegentheil eine starke Verengerung der Pupille macht. Im Laufe des letzten Winter. semesters konnte ich zufällig beobachten, dass diese Angabe unvollständig ist, denn Frösche, die einige Zeit in Eiswasser verweilten, hatten bedeutend engere Pupillen als solche, die in Zimmertemperatur verblieben.

Bei *mittleren Temperaturen* erreicht also die Weite der Pupille von Rana esculata ihr *Maximum*, sie wird eng bei hohen Temperaturen — unsere alte Beobachtung, aber auch bei sehr niederen Temperaturen — unsere neue Correction. Neue Beobachtungen haben die Gründe dieses Verhaltens aufzudecken.

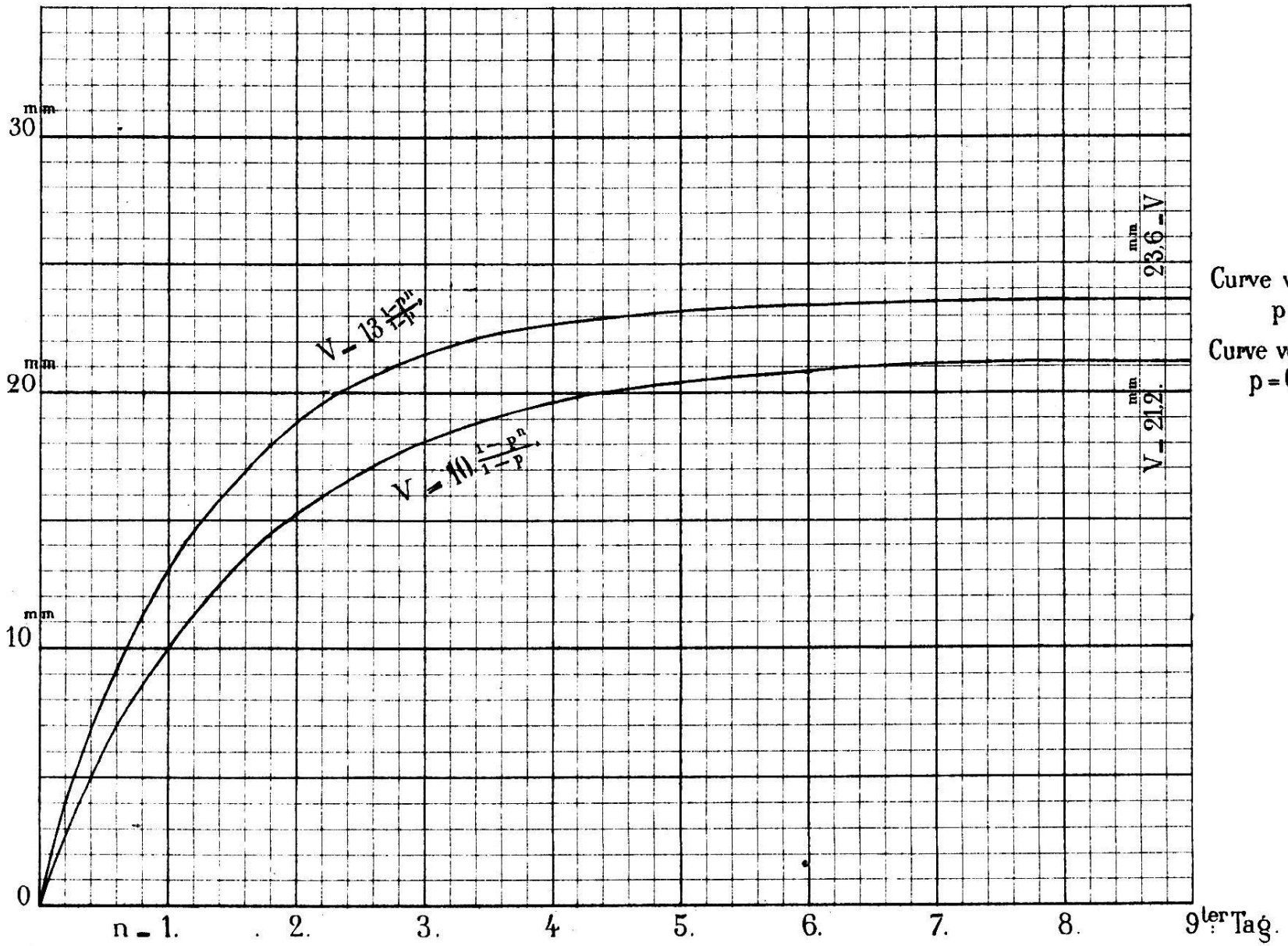
Beriehtigung.

Auf S. 44, 15. Zeile v. oben setze hydrostatischen für hydropathischen.

Auf S. 47, 1. und 2. Zeile v. oben setze m für mm.

Verdunstungscurven.

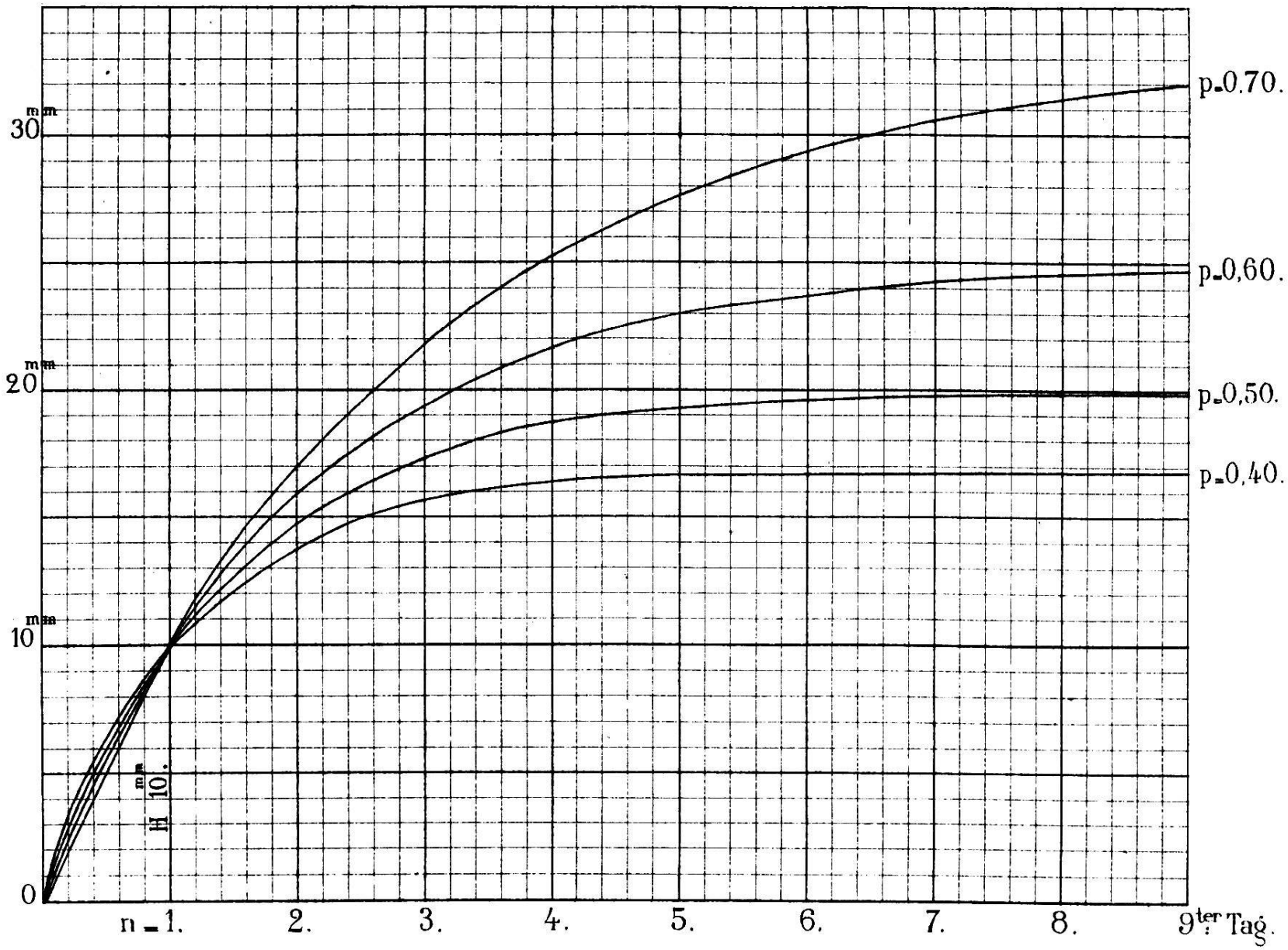
zweier ungleich hoch liegenden Stationen. (S. 54.)



Curve von Saanen, (1030 m üb. M.)
p = 0,45.

Curve von Bern, (543 m üb. M.)
p = 0,53.

Verdunstungscurve für durchnässte Körper von verschiedener Porosität

(unter der vereinfachenden Annahme, dass die erst-tägige Verdunstung aller Körper nach vollständiger Durchfeuchtung gleich gross sei.)

Formel (S. 54.): $V = H \frac{1-p^n}{1-p}$.