

# Ueber die Menge des frei-verdunstenden Wassers,

von

Carl von Sonklar,

k. k. Generalmajor des Ruhestandes.

---

Ich habe während meines Aufenthaltes zu Wiener Neustadt, wo ich 10 Jahre lang die meteorologische Station führte, Messungen über die Menge des freiverdunstenden Wassers angestellt. Die Beobachtungen, welche am 1. Juni 1861 begannen und mit Ende Mai 1864 geschlossen wurden, umfassten 3 volle Jahre und waren somit im Stande ein ziemlich verlässliches Jahresmittel zu liefern. Leider ist mir, gelegentlich meiner Uebersiedlung hierher, ein grosser Theil meiner Aufzeichnungen über diesen Gegenstand verloren gegangen, so dass mir jetzt nur mehr die Ergebnisse von 23 Monaten vorliegen. Das dreijährige Mittel jedoch habe ich schon damals oder bald nachher anderwärts verwendet und ist mir mit Sicherheit bekannt. Das Wenige was sich unter solchen Umständen zur Sache sagen lässt, möchte ich der geehrten Versammlung hiermit vorlegen.

Die Beobachtungen über die Menge des verdunstenden Wassers, geschahen an einem Gefässe, welches an der südöstlichen Fronte des Akademie-Gebäudes neben einem Fenster meiner Wohnung angebracht war. Es stand auf einer hölzernen Console und war, etwa einen Fuss oberhalb seiner Mündung, mit einem breiten Schirme aus Holz überdeckt. Dieser Schirm hatte die Bestimmung die atmosphärischen Niederschläge von der Mündung des Gefässes fernzuhalten,

wobei er das Wasser freilich auch vor der direkten Besonnung schützte, welches Geschäft übrigens, etwa von 1 1/2 Uhr angefangen, schon das Haus selbst in Folge seiner Lage besorgte. Der erwähnte Schirm gab wohl, da er vollkommen frei stand, der Einwirkung des Windes auf die Verdunstung ziemlich freies Spiel, da er aber die Insolation ausschloss, die bei offenen Wasserflächen auf das Maass der Verdunstung ohne Zweifel von grossem Belange ist, so kann den Resultaten meiner Beobachtung auch nur ein beschränkter Werth innewohnen, und es werden dieselben den vollen Betrag des aus freien Bassins verdunstenden Wassers nur unvollständig repräsentiren.

Diesen Betrag für viele Theile der Erde verlässlich auszumitteln, böte, nach meiner Meinung, einen Gegenstand von nicht unbedeutendem meteorologischen und physikalisch-geographischen Interesse dar. Fassen wir, um dies nachzuweisen, vorerst nur die grossen Verhältnisse der Erdoberfläche ins Auge, so wird uns alsbald einleuchten, dass durch den ungleichen Betrag der Verdunstung in verschiedenen geographischen Breiten, Störungen in den Niveauverhältnissen des Oceans hervorgebracht werden müssen, welche nach meiner Ansicht als die Hauptursachen der Meeresströmungen — die von den Winden abhängigen Driften abgerechnet — zu betrachten sind. Denn da durch die grosse Verdunstung des Wassers zwischen den Tropen und die weit geringere ausserhalb derselben, fortwährend eine im Ganzen nicht unbedeutende Erniedrigung des Meeresspiegels in den tropischen Theilen des Oceans hervorgebracht wird, so muss das Wasser in den höheren Breiten gegen die Tropen hin in Fluss gerathen, um das gestörte Gleichgewicht der Meeresoberfläche wieder herzustellen — eine Bewegung die nie aufhören kann, weil ihre Ursache eine continüirlich wirkende ist.

So sehen wir ferner mehrere ziemlich grosse Flüsse, wie z. B. den Murghab und den Tedschend im südlichen Turan, den Rio dulce in Südamerika u. a. m. im Sande verrinnen

und ohne Seebildung ein klägliches Ende nehmen. Die Verdunstung allein ist es, die diese Flüsse aufzehrt ehe sie Gelegenheit finden, sich mit dem Meere oder mit einem anderen, grösseren Flusse zu vereinigen.

Da nun derlei Dinge bei anderen, unter ähnlichen Bodenverhältnissen befindlichen Flüssen nicht vorkommen, so hängt das angegebene Schicksal jener offenbar von dem Maasse der Verdunstung und von dem Verhältnisse desselben zur Menge der atmosphärischen Niederschläge ab. Aber auch bei jenen Binnenflüssen, bei welchen es schliesslich zur Seebildung kommt, hält aus derselben Ursache die Grösse der Seen auch relativ ein sehr ungleiches Maass ein. So ist z. B. der Lob-Nor in Ostturkestan nicht um vieles grösser als das todte Meer in Syrien, ungeachtet jener von dem mächtigen Tarim, dessen Strongebiet das des Rhein fast um das vierfache übertrifft, dieses aber von dem Jordan gebildet wird, der an Wassermenge etwa der March oder der Isar gleichkommt.

Welchen wichtigen Einfluss die Verdunstung auf die Pflanzendecke der Erde ausübt, ist beinahe augenfällig. Sie ist es z. B., welche gewisse Theile der Erde, wo die Niederschläge bestimmte Perioden einhalten und wo es an der nöthigen Bewässerung fehlt, in periodische Wüsten verwandelt. In solchen Gegenden bestimmt sie in erster Linie den Charakter der Vegetation.

Aber auch in Europa wird es überall, wo die trockenen Ostwinde vorherrschen und die Verdunstung demnach eine weit grössere und raschere ist, reichlicherer oder wenigstens oft wiederholter Niederschläge bedürfen, um die Ernten ergiebig zu machen, wesshalb auch in diesen Gegenden Missjahre häufiger vorkommen als anderwärts.

Eine andere in hohem Grade beachtenswerthe Seite der Verdunstung ist ihre Arbeitsleistung. Sie hebt nämlich das Wasser in die Höhe und lässt es dann unter gewissen Umständen wieder zur Erde fallen, wo es von den Menschen als Wasserkraft in vielfacher Weise benützt wird.

Noch liesse sich leicht eine Zahl anderer klimatologischer, pflanzengeographischer und landwirthschaftlicher Beziehungen anführen, bei denen eine genaue Kenntniss der Menge des freiverdunstenden Wassers mit Nutzen verwerthet werden könnte, Die erwähnten mögen jedoch für unseren Zweck genügen.

Die Ausmittlung des im Laufe eines grösseren Zeitraumes verdunstenden Wassers müsste, nach Obigem, jedenfalls unter der Mitwirkung der direkten Besonnung geschehen. Bedenkt man jedoch wie schwierig dies an manchen Tagen mit veränderlicher Witterung, wo nämlich Regen und Sonnenschein oft in rascher Folge abwechseln, von einem einzelnen, auch an andere Geschäfte gebundenen Beobachter durchzuführen ist, so wird man leicht einsehen, wesshalb ich mich mit einem minder vollständigen Resultate begnügen musste. Ist doch am Ende auch dieses überraschend genug!

Die Messung des verdunsteten Wassers geschah in den wärmeren Monaten mittelst eines etwa  $1\frac{1}{2}$  Zoll im Durchmesser haltenden, genau kalibriren Glasrohrs, das ich, um die Wirkung des Windes auf die Verdunstung nicht zu beeinträchtigen, stets möglichst voll erhielt, wesshalb ich den Wasserstand meist jeden zweiten, bei besonders rascher Verdunstung oft auch jeden Tag ablas.

Im Winter bediente ich mich eines cylindrischen Gefässes aus Eisen, und es geschah zu dieser Jahreszeit, wenn nämlich das Wasser zu Eis erstarrt war, nach vorhergegangener Schmelzung desselben, die Messung mittelst eines genau eingetheilten Maassstabes aus Packfong. Da das Aufthauen des Eises jedesmal einige Zeit erforderte, so wurde das betreffende Gefäss bis zur nächsten Messung durch ein anderes ersetzt. Wegen der geringen Menge des jetzt verdunstenden Wassers und auch um die unvermeidlichen Ablesungsfehler zu vermindern, erfolgte die Messung nunmehr von 5 zu 5 Tagen einmal.

Diese Messungen hätten mit Hilfe anderer Vorrichtungen

ohne Zweifel genauer ausgeführt werden können. Was jedoch die Unsicherheit der Ablesung wegen der Adhäsion des Wassers betrifft, so bin ich der Meinung, dass sich die bei Beginn und am Schlusse jeder einzelnen Beobachtung gemachten Fehler, wegen ihrer Gleichartigkeit, auf die Dauer gewiss so ziemlich ausgeglichen haben werden.

Die Menge des verdunsteten Wassers war in den einzelnen Jahren ungleich; die mittlere jährliche Verdunstung ergab sich für den Horizont von Wiener-Neustadt mit 51.77 Wiener-Zoll = 1.363 Meter.

Bedenkt man nun, dass die aus 8 Beobachtungsjahren gerechnete mittlere jährliche Regenmenge für dieselbe Station nur 19.92 P.-Zoll = 0.539 Meter beträgt, so wird die angegebene Verdunstung als eine grosse bezeichnet werden müssen. Sie überwiegt nämlich die Regenmenge fast um das Dreifache, und würde unter der Mitwirkung der direkten Sonnenwärme sicherlich noch grösser ausgefallen sein.

Schon dieses einfache, unter den besprochenen Umständen mit Sicherheit gewonnene Datum, lehrt uns die grosse Regenbedürftigkeit der Vegetation im Allgemeinen, und erklärt uns zugleich die Verwüstungen, welche sie erleiden muss, wenn sie längere Zeit hindurch des Regens oder eines ausgiebigen Thaues entbehrt. Jene Zahl lehrt uns ferner die Regenbedürftigkeit der Quellen, die bei andauerndem Regenmangel versiegen müssen, und selbst unter normalen Umständen sich nur durch die Capillarwirkung in ihren Wurzelsystemen und durch die Windungen und Umwege der unterirdischen Wasseradern als beständige Quellen erhalten.

Ich lasse nun ein Verzeichniss der beobachteten Verdunstungsmengen für die angegebenen 23 Monate, nebst den Angaben der mittleren Temperatur, der mittleren Luftfeuchtigkeit sowie der Regenmengen in denselben Monaten folgen.

	Verdunstung in Wr.-Linien	Mittlere Temperatur R.	Mittlere Feuchtigkeit in %	Regen- menge in P.-Linien
1861 Juni	37.30	16 <sup>o</sup> .38	73.3	56. <sup>'''</sup> 76
Juli	58.50	17.11	68.7	27.57
August	87.10	17.66	64.3	10.11
September	71.10	13.82	68.6	7.29
Oktober	37.10	8.75	78.4	5.58
November	20.40	3.31	88.6	15.44
Dezember	13.12	—1.13	95.1	8.04
1862 Jänner	10.93	—2.32	85.6	19.61
Februar	9.10	0.11	83.7	11.66
März	32.04	5.47	71.7	3.61
April	52.83	9.84	63.7	16.66
Mai	70.38	13.39	66.8	37.06
Juni	90.24	15.32	64.4	24.38
Juli	121.19	17.18	58.3	24.08
August	99.84	15.17	67.1	27.72
September	65.20	13.37	69.2	6.27
Oktober	49.58	10.09	74.5	27.00
November	16.50	3.65	88.2	21.35
Dezember	22.80	0.93	80.3	11.30
1863 November	24.34	4.52	84.0	26.22
Dezember	17.57	1.89	79.4	23.33
1864 Jänner	11.10	—5.50	76.9	1.27
Februar	15.56	1.30	84.2	24.94

Diese Daten, wie gering auch ihr Umfang sein mag, lassen dennoch erkennen:

1. Dass die Verdunstung in den wärmeren Monaten im Allgemeinen grösser ist als in den kälteren; so war sie z. B. im Juli 1862 beinahe  $13\frac{1}{2}$ , im darauffolgenden August mehr als 11- und im vorangegangenen Juni 10mal grösser als im Februar desselben Jahres. Es verhielt sich ferner 1862 die Verdunstung in den 6 kälteren zu der in den

6 wärmeren Monaten wie 14 : 50. Noch deutlicher zeigte sich die Abhängigkeit der Verdunstung von der Temperatur an einzelnen Tagen. So fand im Winter an mehreren Tagen gar keine Verdunstung statt, und an vielen anderen Tagen erhob sie sich nicht über 0.02—0.04 Linien, während sie im Sommer selbst an regnerischen Tagen selten unter 1 W.-Linie und, so weit meine Aufzeichnungen reichen, nur einmal bis auf 0.5 Linien sank. Hiernach erscheint das Maass der Verdunstung in erster Linie von der Lufttemperatur abhängig.

2. Diese Regel ist jedoch im Detail nicht in allen Fällen richtig, was durch nachfolgende Zusammenstellung in das Auge springen wird.

Februar	1862,	Verd.	9 <sup>'''</sup> .10,	T.	+0 <sup>o</sup> .11,	F.	83.7
Jänner	1864,	"	11.10,	"	—5.50	"	76.9
Jänner	1862,	"	10.93,	"	—2.52	"	85.6
"	1864,	"	11.10,	"	—5.50	"	76.9
Juni	1861,	"	37.30,	"	16.38	"	73.3
Septbr.	1861,	"	71.10,	"	13.82	"	68.6
August	1861,	"	87.10,	"	17.66	"	64.3
Juli	1862,	"	121.19,	"	17.18	"	58.3.

In allen diesen Beispielen, wo die Monate desselben Paares immer derselben Jahreszeit angehören, zeigen die Monate mit geringerer mittlerer Wärme überall eine grössere Verdunstung, die sich jedoch durch die geringere Feuchtigkeit der in diesen Beispielen vorkommenden kälteren Monate leicht und natürlich erklärt. Es erscheint demnach die Feuchtigkeit der Luft als ein weiteres, jedoch nur in zweiter Linie auftretendes Argument für das Maass der Verdunstung.

Hieraus erklärt sich auch die auffallend geringe Verdunstung im Winter, d. h. in einer Jahreszeit, in welcher die Luft ihrer Sättigung mit Wasserdampf in der Regel weit näher steht als im Sommer.

3. Aber auch dies Gesetz gilt nicht für alle Fälle, wie dies die nachfolgenden, der obigen Tabelle entlehnten Vergleiche zeigen:

1. Juni 1861,	V. 37."30,	T. 16 <sup>o</sup> .38,	F. 73.3,	Rg. 56."26
2. Okt. " "	37.10,	" 8.75	" 78.4,	" 5.58
1. Juli 1861	" 58.50,	" 17.11	" 68.7,	" 27.57
2. Sept. 1862	" 65.20,	" 13.37	" 69.2	" 6.27.

In dem ersteren Beispiele ist die Verdunstung in beiden Monaten nahezu gleich, in dem zweiten ist sie im September entschieden grösser als im Juli, in beiden Beispielen aber sind, in den zweitgenannten Monaten, die mittleren Temperaturen bedeutend geringer und die Feuchtigkeitsprocente grösser. Dafür aber ist in eben diesen Monaten die Regenmenge namhaft kleiner als in den beiden anderen Monaten. Daraus geht nun so viel hervor, dass eine geringere Regenmenge eine geringere Feuchtigkeit bis zu einem gewissen Grade zu ersetzen im Stande sei.

Wie es komme, dass eine grössere Regenmenge mit einer geringeren Feuchtigkeit verbunden sein könne, ist nicht eben schwer zu erklären. Derlei Fälle treten wohl nur in den Sommermonaten auf, wo es leicht geschieht, dass ein tüchtiges Gewitter in wenigen Stunden einen sehr reichlichen Niederschlag bringt, ohne dadurch das Monatsmittel der Feuchtigkeit beträchtlich zu erhöhen.

Unter den Aufzeichnungen für einzelne Tage finde ich die grösste Verdunstung (im Juli 1862) mit 6.6 W.-Linien angemerkt. Soll uns diese Zahl einen Anhaltspunkt zur Bestimmung der Verdunstung zwischen den Tropen gewähren, indem wir für jene Gegenden die mittlere tägliche Verdunstung jahraus jahrein eben so hoch annehmen, so würden wir per Jahr nahe an 200 W.-Zoll erhalten. Bedenkt man jedoch, dass in jenen Regionen, mit Ausnahme des Kalmen-gürtels, unablässig der trockene Passat weht, — dass dort die mittlere Jahrestemperatur noch weit höher steht als die unseres wärmsten Monates, — dass ferner zwischen den Tropen der grössere Theil des Jahres regenlos



und unbewölkt und die Luft schon aus diesem Grunde eine relativ sehr trockene ist; des weiteren, dass es bei uns gerade am meisten zu einer Zeit regnet und die Verdunstung gemindert wird, wo diese der herrschenden Wärme wegen gleichwohl am lebhaftesten vor sich geht — und bedenkt man endlich, dass dort, durch den stetig wehenden Passat, die aufsteigenden Wasserdämpfe eben so stetig und augenblicklich fortgeführt werden, wodurch die Evaporation niemals eine Abschwächung erfährt, so wird man gewiss nicht fehlen, wenn man das Maass der jährlichen Verdunstung zwischen den Tropen mit 300—400 Zoll annimmt.

Gewiss werden sich auch in der heissen Zone stellenweise sehr verschiedene Verhältnisse in dieser Beziehung einstellen. So wird z. B. die Verdunstung am rothen Meere, dessen südliche Theile bekanntlich unter den heissesten Isothermen der Erde liegen und von den trockeneren Wüstenstrichen Arabiens, Nubiens und der abyssinischen Küste umgeben sind, so wie in Sudan und Senegambien, wo der Smum und der Harmattan wehen, oder in den Llanos des Orenoco, ohne Zweifel weit bedeutender sein als in den feuchten Wäldern des Amazonenstromes oder auf den Sunda-Inseln u. s. w. Auf dem Ocean aber, wo das Windsystem der Erde in ungestörter, normaler Entwicklung angetroffen wird, mag die Grösse der Verdunstung wohl das der tropischen Zone zukommende Mittel einhalten.

Schliesslich erlaube ich mir eine, auf Grund der vorliegenden Beobachtungen, der bekannten mittleren Temperaturen und herrschenden Windrichtungen construirte Tabelle über die ungefähren Beträge der Verdunstungen, unter den erwähnten Umständen und für W.-Neustadt giltig, beizufügen.

Jänner	Verdunstung	15'''	Juli	Verdunstung	100'''
Februar	„	15'''	August	„	90'''
März	„	20'''	Septbr.	„	80'''
April	„	30'''	Oktober	„	45'''
Mai	„	65'''	Novbr.	„	35'''
Juni	„	75'''	Dezember	„	20'''