

МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКІЙ СБОРНИКЪ
ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМІИ НАУКЪ.

REPERTORIUM FÜR METEOROLOGIE
HERAUSGEG. V. D. KAISERLICHEN AKADEMIE D. WISSENSCHAFTEN.

Bd. VIII, № 3.

ÜBER
DIE ABHÄNGIGKEIT DER VERDUNSTUNG DES WASSERS

VON SEINER

TEMPERATUR

UND

VON DER FEUCHTIGKEIT UND BEWEGUNG DER LUFT

VON

Ed. Stelling.

(Der Akademie vorgelegt am 29. September 1881.)



—••••—
САНКТПЕТЕРБУРГЪ, 1882.

ПРОДАЕТСЯ У КОМИСИОНЕРОВЪ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМІИ НАУКЪ:

Н. Глазунова и Эггерса и Комп.,
въ С. П. Б.

Н. Киммеля, въ Ригѣ.

Voss' Sortiment, въ Лейпцигѣ.

Цѣна 40 коп. = 1 Mrk. 30 Pf.

Напечатано по распоряженію Императорской Академіи Наукъ.

Февраль 1882 года.

Непремѣнный Секретарь, *К. Весселовскій.*

Типографія Императорской Академіи Наукъ.

(Вас. Остр., 9 л., № 12.)

Einleitung.

Herr F. Dohrandt hatte als Chef der meteorologischen Abtheilung der von der K. Russischen Geographischen Gesellschaft an den Amu-Darja geschickten wissenschaftlichen Expedition in Ergänzung zu den Verdunstungsmessungen in Nukuss vom Mai bis October 1875 zweistündliche, Tag und Nacht hindurch fortgesetzte Beobachtungen über die Temperaturen des verdunstenden Wassers im Schatten und in der Sonne anstellen lassen. Diese Beobachtungen beabsichtigte F. Dohrandt für eine Untersuchung über den Einfluss der Temperatur des verdunstenden Wassers auf die Grösse der Verdunstung zu verwerthen, und hatte hierzu die Notirungen über die Temperatur des Wassers aus den Journälen bereits ausziehen und die Mittelwerthe aus denselben berechnen lassen. Der Tod verhinderte ihn leider an der Ausführung seines Unternehmens.

Es schien mir daher eine Pflicht der Pietät gegen den Verstorbenen zu sein, die von ihm mit grosser Mühe und Sorgfalt gesammelten Daten in der von ihm beabsichtigten Richtung zu verwerthen, und ich kam derselben um so lieber nach, als ich mich mit ähnlichen Fragen bereits früher bei Gelegenheit meiner Arbeit über den jährlichen Gang der Verdunstung in Russland beschäftigt hatte.

I. Die Formel für die Abhängigkeit der Verdunstung.

Die bereits seit lange im allgemeinen bekannte Abhängigkeit der Verdunstung von der Temperatur des verdunstenden Wassers und dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft wurde zuerst von Dalton¹⁾ genauer definirt durch die Aufstellung des Gesetzes «die Kraft der Verdün-

1) Gilbert's Annalen der Physik. Bd. XV, pag. 121.
Repertorium für Meteorologie Bd. VIII.

stung ist immer gleich der Expansivkraft des Wasserdampfes von der jedesmaligen Temperatur weniger der Expansivkraft des schon in der Atmosphäre vorhandenen Wasserdampfes». Bezeichnet dv die in der Zeit dz stattfindende Verdunstung, ferner S die maximale Spannkraft des Dampfes entsprechend der Temperatur des verdunstenden Wassers und s die jeweilige absolute Feuchtigkeit, so wird das Dalton'sche Gesetz durch die Formel dargestellt:

$$(1) \dots\dots\dots \frac{dv}{dz} = A(S - s)$$

wo A eine Constante bedeutet.

Diesem Gesetz würde nach den neueren Anschauungen über das Wesen der Gase und Dämpfe folgender Vorgang bei der Verdunstung entsprechen.

Von der Oberfläche des Wassers werden beständig Wassermoleküle abgestossen, die nach allen Seiten fortfliegen, und zwar hängt die Anzahl derselben von der Lebhaftigkeit der Bewegung der Moleküle in der obersten Wasserschicht (oder in der unmittelbar das Wasser berührenden untersten mit Dämpfen gesättigten Luftschicht) und somit von der Temperatur des verdunstenden Wassers entsprechenden maximalen Spannkraft des Wasserdampfes ab.

Andererseits treffen von den in der Luft bereits vorhandenen Wassermolekülen eine Anzahl im Verlauf ihrer Bewegung auf die Wasserfläche und werden von derselben aufgenommen; diese Anzahl ist durch die Lebhaftigkeit der Bewegung der in der Luft befindlichen Dampfmoeküle oder durch die Spannkraft s des in der Luft enthaltenen Wasserdampfes bedingt. Der Verlust, den die Wasserfläche erleidet, wird somit der Differenz zwischen der Anzahl der abgestossenen und der an die Oberfläche des Wassers anprallenden Moleküle oder der Differenz $S - s$ proportional sein.

Da unter den gewöhnlichen Umständen das Maximum der Spannkraft für die Temperatur des Wassers grösser ist als die Spannkraft des in der Luft enthaltenen Wasserdampfes, und somit $S - s > 0$ ist, so wird hierbei das Wasser durch Verdunstung abnehmen.

Ist die Luft jedoch für die Temperatur der Wasseroberfläche mit Dampf gesättigt, so wird die Anzahl der losgerissenen und der aufgenommenen Moleküle einander gleich sein. Es tritt auch hier kein Ruhezustand ein, sondern es compensiren sich bloss in jedem Augenblick Verdampfung und Condensation; $S - s$ ist $= 0$ und es findet mithin weder Abnahme noch Zunahme des Wassers statt.

Wenn schliesslich die Spannkraft des in der Luft vorhandenen Dampfes die maximale Spannkraft für die Temperatur des Wassers übertrifft, so überwiegt die Anzahl der absorbirten Moleküle diejenige der emittirten und es tritt somit für $S - s < 0$ eine Zunahme des Wassers ein.

Bei einer frei exponirten Wasserfläche kommen im allgemeinen alle drei bezeichneten Zustände vor, wobei im Laufe des Tages fast stets der erste statt hat, während der zweite und dritte meist nur in der Nacht und in den frühen Morgenstunden beobachtet werden.

Es dürfte vielleicht nicht überflüssig sein besonders hervorzuheben, dass in der obigen

Forme (1) S nach Dalton die der Temperatur des *Wassers* entsprechende maximale Spannkraft bezeichnen soll und nicht das Maximum der Spannkraft für die Temperatur der *Luft*.

Man hat jedoch, und unter Anderen hat dies auch Dalton selbst in seinen den Gebrauch der von ihm gegebenen Tabellen erörternden Beispielen gethan, häufig das Maximum der Spannkraft für die Temperatur der Luft in Rechnung gezogen, weil eben die Temperatur des verdunstenden Wassers meist nicht bekannt ist. Wenn man S in der Dalton'schen Formel dieser Spannkraft gleichsetzen würde, so könnte bei niedriger Temperatur der Luft, wo dann S und ebenso $S - s$ sehr klein sind, oder bei vollkommen mit Dämpfen gesättigter Luft für $S - s = 0$, eine nur höchst unbedeutende, respective gar keine Verdunstung stattfinden, während dieselbe bei höherer Wärme des verdunstenden Wassers factisch doch eine recht beträchtliche Grösse erreichen kann. Ich erinnere hierbei an das von mehreren Reisenden als höchst auffallend hervorgehobene rasche Trocknen nasser Gegenstände im hohen Norden selbst bei grosser Kälte. Diese Erscheinung erklärt sich durch die Dalton'sche Formel in der einfachsten Weise, wenn man S nicht als der niedrigen Temperatur der Luft sondern als der meist höheren Temperatur der feuchten Gegenstände, an denen dieses rasche Austrocknen beobachtet wurde, entsprechend betrachtet. Auch die Nebelbildung, die so häufig im Winter über offenen Stellen beobachtet wird, wo bei hoher Kälte das Wasser förmlich zu rauchen scheint, ist in ähnlicher Weise zu erklären. Obwohl die kältere Luft vollkommen mit Wasserdämpfen gesättigt sein mag, so fährt doch die wärmere Wasserfläche in folge der höheren Spannkraft zu verdunsten fort, und die so gebildeten Dämpfe werden sogleich zu Nebel condensirt.

Diese Einführung einer Function der Temperatur des Wassers in die Formel hat ferner darin eine grosse Bedeutung, dass durch ihre Berücksichtigung die Resultate der Verdunstungsbeobachtungen an verschiedenen Evaporometern zum Theil von ihrer Abhängigkeit von der Form und Grösse der speciellen Apparate befreit werden.

Es ist in der That einleuchtend, dass Beobachtungen an Verdunstungsmessern von verschiedener Construction und Aufstellung zum grossen Theil daher zu ganz verschiedenen Resultaten führen müssen, weil die Temperatur des in ihnen zur Verdunstung gebrachten Wassers in hohem Maasse durch die Form und Grösse der Gefässe beeinflusst sein wird. Hierauf bezügliche genaue Untersuchungen würden gewiss sehr interessante und wichtige Resultate ergeben. Jedenfalls aber sollten bei einer Discussion der Resultate der Beobachtungen an verschiedenartigen Evaporometern die Temperaturen des Wassers in denselben möglichst genau in Rechnung gezogen werden.

Während Dalton selbst das Hinderniss, welches die Luft der raschen Zerstreuung der Dampfmoleküle entgegensetzt, nicht in dem auf der Oberfläche des Wassers lastenden Luftdruck suchte, sondern dasselbe aus einem gewissen Beharrungsvermögen der Lufttheilchen zu erklären suchte, führte Soldner¹⁾ den Luftdruck in die obige Formel (1) ein

1) Gilbert's Annalen der Physik. Bd. XVII, pag. 44.

und setzte die Verdunstung dem jeweiligen Barometerstande b umgekehrt proportional; in der Gestalt

$$(2) \dots\dots\dots \frac{dv}{dz} = \frac{A(S-s)}{b}$$

ist sie sodann auch von den meisten Physikern benutzt worden, so unter anderem auch zur Ableitung der Formel für die Berechnung der Feuchtigkeit aus den Angaben des Psychrometers.

Da bei der Berechnung von Verdunstungsbeobachtungen, die an einem und demselben Orte angestellt sind, die Einführung des Barometerstandes in die Formel nur in seltenen Fällen eine grössere Bedeutung gewinnt, so habe ich bei meinen Rechnungen die Variationen des Barometerstandes unberücksichtigt gelassen, um die an sich schon sehr weitläufigen Rechnungsarbeiten nicht noch weiter zu compliciren. Weiter unten werde ich den Nachweis liefern, dass durch die Berücksichtigung des Barometerstandes keine irgend erheblich grössere Genauigkeit der Resultate erzielt worden wäre.

Natürlich hatte Dalton bei seinen Untersuchungen, ebenso wie auch schon seine Vorgänger, die Bemerkung gemacht, dass die grössere oder geringere Stärke des Windes einen sehr bedeutenden Einfluss auf die Grösse der Verdunstung ausübt. Indem durch den Wind die über dem Wasser befindliche, in Folge der Aufnahme von Wasserdämpfen feuchtere Luft fortgeführt wird und neue Luftmassen herangebracht werden, verhindert der Wind ein Anwachsen des Werthes s über der Wasseroberfläche und befördert dadurch die Verdunstung. Besonders lebhaft muss sich diese Einwirkung des Windes auf die Verdunstung bei kleinen Wasserbassins geltend machen, wo durch ihn stets neue Luftmassen herangezogen werden, die mit keinen Wasserflächen in Berührung gewesen sind. Auf ausgedehnten Wasserflächen und namentlich über den Meeren kann dagegen der Wind offenbar nur Luft heranwehen, die sich bereits über Wasser befunden hat, und daher ungefähr ebenso viel Dämpfe aufgenommen haben wird als die von ihr verdrängte Luft. Der Einfluss des Windes auf die Verdunstung wird hier darin bestehen, dass er eine mehr oder minder rasche Mischung der höheren, trockneren Luftschichten mit den untersten Schichten veranlasst, während bei vollkommener Windstille die an der Oberfläche des Wassers gebildeten Dämpfe sich nur langsam durch Diffusion in die trockneren Schichten erheben könnten. Ich glaubte hier den Unterschied hervorheben zu sollen, der zwischen der Einwirkung des Windes auf die Verdunstung aus einem isolirt stehenden Evaporometer und derjenigen auf die Verdunstung von einer grösseren Wasserfläche bestehen kann, um nicht den Schein zu erwecken, als ob ich die für jene etwa bestätigt gefundenen Gesetze unmittelbar auf diese übertragen wissen wollte.

Den Einfluss der Windstärke, dem Dalton noch einfach durch die Berechnung von drei verschiedenen Tabellen für verschiedene Bewegungszustände in erster Annäherung

Rechnung zu tragen suchte, hat in neuerer Zeit A. Weilenmann¹⁾ bei der Aufstellung seiner erweiterten Formel berücksichtigt, indem er folgende Relation feststellte:

$$\frac{dv}{dz} = A \frac{m_1}{b} + B m_1 w \dots\dots\dots (3)$$

wo dv und dz die obige Bedeutung haben, $m_1 = G_1 - g_1$ die in der unmittelbar über der Verdunstungsfläche befindlichen Luftschicht per Cubikmeter zur Sättigung noch fehlenden Gramme Wasserdampf und w die Geschwindigkeit des horizontalen Luftstromes bezeichnet; A und B endlich bedeuten zwei Constanten. Im weiteren Verlauf seiner Untersuchung prüft A. Weilenmann diese Formel durch Vergleich der durch Rechnung gefundenen mit den direct beobachteten Verdunstungsmengen von einer im Schatten befindlichen Wasserfläche, deren Temperatur er als mit den Angaben des nassen Psychrometer-Thermometers übereinstimmend annimmt.

Nun sind aber Beobachtungen an einem Evaporometer im Schatten, welches durch Dach und Seitenwände gegen die Sonnenstrahlen geschützt zu sein pflegt, wenig geeignet für eine Untersuchung über den Einfluss der Windstärke auf die Grösse der Verdunstung, da die Stärke des Luftstromes im Innern der Hütte bei gleicher Stärke des äusseren Windes wesentlich durch den Umstand modificirt werden muss, ob der Wind durch die offene Nordseite direct in die Hütte hineinbläst oder ob er von den Seitenwänden zurückprallt. Da unter solchen Umständen die Annahme unstatthaft ist, dass die Luftbewegung im Innern der Hütte immer der im Freien gemessenen Windstärke proportional sei, so könnten grosse Differenzen zwischen den beobachteten und berechneten Werthen der Verdunstung durch die verschiedenen Windrichtungen veranlasst werden, selbst wenn die Formel (3) mit absoluter Genauigkeit dem Einfluss der Windstärke auf die Verdunstung Rechnung tragen sollte.

Ferner ist das von A. Weilenmann bei seinen Rechnungen der Einfachheit wegen gewählte Verfahren nicht immer ganz einwurfsfrei; statt nämlich Summen von der Form $\Sigma (G_1 - g_1) \cdot w$ zu bilden leitet er die Producte nach den fertig berechneten Monatsmitteln (allerdings für die einzelnen Termine) ab, wodurch er statt der richtigen Ausdrücke Werthe von der Form $\Sigma (G_1 - g_1) \times \Sigma w$ erhält; er ersetzt mithin die Summe der Producte durch die Producte aus den Summen.

Sodann berechnet A. Weilenmann die mittlere Temperatur des nassen Thermometers aus der mittleren Temperatur der Luft und der mittleren absoluten Feuchtigkeit, wodurch bekanntlich gleichfalls bedeutendere Fehler veranlasst werden können.

Schliesslich ist noch hervorzuheben, dass die von A. Weilenmann a priori angenommene Uebereinstimmung der Temperatur des verdunstenden Wassers im Schatten mit der Temperatur des feuchten Thermometers durch nichts erwiesen ist; für Wage-Evaporometer nach dem System von H. Wild ist diese Uebereinstimmung jedenfalls nicht vorhanden. Wie

1) A. Weilenmann: «Die Verdunstung des Wassers», Separatabdruck aus den schweizerischen meteorologischen Beobachtungen. Jahrgang XII.

wir später sehen werden ist dieser letzte Einwand indessen bezüglich der grösseren oder geringeren Uebereinstimmung zwischen den beobachteten und berechneten Werthen der Verdunstung im Schatten von keinem Belang, da dieselbe ebenso gut ist, wenn man bei den Rechnungen von der Temperatur des nassen Thermometers, als wenn man von der Temperatur des verdunstenden Wassers ausgeht; die Constanten der Formel fallen dagegen in beiden Fällen verschieden aus.

Sonach bieten die von A. Weilenmann in seiner sonst sehr werthvollen Arbeit durchgeführten Berechnungen keine einwurfsfreie Prüfung der durch ihn erweiterten und modificirten Dalton'schen Formel; weil die Evaporometer im Schatten gegen den Wind theilweise geschützt waren, so kommt er auch für die Monatsmittel, mit denen er ausschliesslich rechnet, fast immer zu dem Resultat, dass der Windeinfluss für alle Monate als constant angesehen werden kann, und die betreffende Constante in seiner Formel ergibt sich meist zu 0.

Der Zweck der vorliegenden Arbeit ist eine von den erwähnten Mängeln freie möglichst genaue Untersuchung darüber zu liefern, ob und in wie weit das von Weilenmann erweiterte Dalton'sche Gesetz die Abhängigkeit der Verdunstung von der Temperatur des verdunstenden Wassers, von den in der Luft bereits vorhandenen Wasserdämpfen und namentlich von der Windstärke richtig darstellt, wobei den Rechnungen die in Nukuss vom Mai bis October 1875 in der Sonne und weiterhin auch die im Schatten gemessenen Verdunstungshöhen zu Grunde liegen.

Da das zu dieser Prüfung benutzte Beobachtungsmaterial dank der Sorgfalt und Umsicht des Herrn F. Dohrandt selten reichhaltig und zuverlässig ist, so glaubte ich bei der Berechnung desselben keine Mühe scheuen zu dürfen und bin demnach bei derselben stets auf die Detailbeobachtungen zurückgegangen. Nur in Bezug auf den weniger wichtigen Einfluss des Luftdrucks habe ich mir eine Ausnahme erlaubt und den Barometerstand, wie bereits erwähnt, als constant angenommen.

Gemäss den obigen Betrachtungen habe ich es vorgezogen die Differenz der Spannkraft im Sinne des Dalton'schen Gesetzes beizubehalten und die von ihm gegebene Formel nur nach Weilenmann's Vorgang durch Hinzunahme eines der Windstärke und der erwähnten Differenz proportionalen Gliedes zu erweitern, wodurch dieselbe folgende Form gewinnt:

$$(4) \dots\dots\dots dv = A(S-s) \cdot dz + B(S-s) \cdot w \cdot dz$$

Die in der Zeit z verdunstete Wasserhöhe ist somit:

$$(5) \dots\dots\dots v = A \int_0^z (S-s) dz + B \int_0^z (S-s) \cdot w \cdot dz$$

Da $S-s$ und w nicht als Functionen von z gegeben sind, so können die genauen Werthe $\int (S-s) dz$ und $\int (S-s) \cdot w \cdot dz$ nicht abgeleitet werden, und wir müssen uns mit einer angenäherten Berechnung dieser Integrale begnügen.

In Nukuss wurden vom Mai bis October 1875 12 Mal täglich zu allen geraden Tagesstunden Beobachtungen über die Temperatur des verdunstenden Wassers in der Sonne und im Schatten angestellt, so dass auf Grund dieser Beobachtungen die entsprechenden Werthe von S für alle geraden Tagesstunden ohne weiteres nach den Spannkraftstabellen in den von H. Wild¹⁾ herausgegebenen Tafeln aufgeschlagen werden konnten; die entsprechenden Werthe von s und w entnahm ich für die gleichen Termine den von F. Dohrandt publicirten stündlichen Beobachtungen aus Nukuss. Nachdem an jedem einzelnen Tage für jede gerade Stunde aus diesen Daten die Werthe von $S - s$ und $(S - s) \cdot w$ gebildet worden waren, berechnete ich für jeden Tag die Summenwerthe von $\Sigma(S - s)$ und $\Sigma(S - s) \cdot w$, wobei den der ersten und letzten Stunde des Tages (0^h und 24^h) entsprechenden Werthen nur das halbe Gewicht gegeben wurde; diese Summen repräsentiren nahezu den Werth der obigen Integrale für jeden einzelnen Tag, wobei als Zeiteinheit das zweistündige Intervall zwischen je zwei aufeinander folgenden Beobachtungen gilt. Aus den für jeden einzelnen Tag gebildeten Gleichungen von der Form

$$v = A \Sigma(S - s) + B \Sigma(S - s) \cdot w \dots \dots \dots (6)$$

berechnete ich sodann nach der Methode der kleinsten Quadrate für alle Monate zusammen und sodann für jeden Monat besonders die Werthe von A und B und leitete dann mit Hülfe derselben nach der Formel (6) die Verdunstungsmengen für die einzelnen Tage ab.

Für die Verdunstungsbeobachtungen in der Sonne, die zweistündlich angestellt worden sind (die Verdunstungsmessungen im Schatten wurden nur um 7^h a. m., 1^h p. m. und 9^h p. m. gemacht), benutzte ich weiter dieselben Constanten zur Berechnung des *täglichen Ganges* der Verdunstung in den einzelnen Monaten.

Bevor wir zur Discussion der Beobachtungen übergehen, dürfte es nicht unnütz sein, uns Rechenschaft darüber abzulegen, eine wie grosse Uebereinstimmung zwischen den beobachteten und berechneten Werthen der Verdunstung überhaupt erwartet werden kann wenn das Dalton-Weilenmann'sche Gesetz streng richtig ist und keine weiteren Factoren die Verdunstung beeinflussen. In dieser Beziehung ist zuvörderst hervorzuheben, dass, trotz aller Sorgfalt bei der Ueberwachung und Ausführung der Beobachtungen, bei regelmässig zu bestimmten Terminen anzustellenden Messungen die Beobachtungsfehler nothwendig grösser ausfallen müssen, als sie bei einer zu speciellem Zweck angestellten Experimentaluntersuchung sein werden.

Weiter müssen dann bei im Freien angestellten Messungen, wo häufig rasche und unregelmässige Veränderungen der die Verdunstung beeinflussenden meteorologischen Elemente eintreten, weit grössere Ungenauigkeiten zu erwarten sein, als dies bei Kabinettsversuchen der Fall sein wird, wo der Experimentator im Stande ist, die bedingenden Umstände nach Wunsch zu reguliren.

1) Tafeln für Berechnung der meteorologischen Beobachtungen. Beilage zur Instruction für meteorologische Stationen, von H. Wild.

Ferner ist der eine der wirkenden Factoren, die Windstärke, nicht in der unmittelbaren Nähe des Evaporometers und nicht einmal in gleichem Niveau mit der verdunstenden Wasserfläche gemessen worden, so dass die Annahme eines proportionalen Verhältnisses zwischen der beobachteten Windstärke und der Stärke des über die Wasserfläche streichenden Windes nicht immer ganz exact sein wird.

Schliesslich konnte nicht die Temperatur der Wasserfläche bestimmt werden, die zu einer genauen Ermittlung des jeweiligen Werthes von S erforderlich wäre, sondern man musste sich damit begnügen, im allgemeinen die Temperatur des verdunstenden Wassers in der Evaporometer-Schaale mittelst eines im Wasser liegenden Thermometers zu beobachten.

Der in dieser Hinsicht begangene Fehler kann um so grösser ausgefallen sein, da das Thermometer nicht in derjenigen Schaale lag, welche zu den eigentlichen Verdunstungsbeobachtungen benutzt wurde, sondern in einer zweiten Schaale, von allerdings genau derselben Construction und Grösse, die neben der ersteren aufgestellt war. Es erscheint mindestens nicht ganz sicher, dass das verdunstete Wasser in beiden Schaaen immer gleichzeitig und durch Wasser von genau derselben Temperatur, wie das in den Evaporometern enthaltene, ersetzt wurde. Häufig kann jedoch in dieser Richtung nicht gefehlt worden sein, da Herr Dohrandt diesem Gegenstande eine specielle Aufmerksamkeit geschenkt hat.

Unter Berücksichtigung dieser Verhältnisse dürften folgende Annahmen über die Grösse der Beobachtungsfehler nicht als zu hoch gegriffen erscheinen:

$$\Delta S = \pm 0,3^{\text{mm}}$$

$$\Delta s = \pm 0,2^{\text{mm}}$$

$$\Delta w = \pm 2 \text{ Kilometer per Stunde.}$$

Für einen mittleren Werth von $\Sigma(S-s) = 100^{\text{mm}}$ und $w = 15$ Kilometer per Stunde und unter Zugrundelegung von $A = 0,07$ und $B = 0,003$ kann der entsprechende Werth von Δv abgeleitet werden aus:

$$\Delta v = A \Sigma(\Delta S - \Delta s) + B \Sigma(\Delta S - \Delta s) \cdot w + B \Sigma(S - s) \cdot \Delta w$$

Nimmt man im ungünstigsten Fall an, dass sich alle Fehler summiren, so erhält man hiernach:

$$\Delta v = \pm 0,07 \times 6,0 \pm 0,003 \times 90 \pm 0,003 \times 200 = \pm 1,3^{\text{mm}}$$

oder, da nach obigen Annahmen sich v zu $11,5^{\text{mm}}$ ergibt, bis gegen 11% der Gesamtgrösse der Verdunstung. Da sich jedoch im allgemeinen die Fehler zum Theil gegenseitig compensiren werden, so dürfte die erwähnte Grösse derselben nur in exceptionellen Fällen eintreten, wenn anders die Dalton-Weilenman'sche Formel die Bedeutung eines exacten Gesetzes beanspruchen soll.

Beim Vergleich der berechneten Grösse der Verdunstung mit den aus den directen Beobachtungen erhaltenen Werthen derselben würden ausserdem noch die bei der Bestim-

mung der Verdunstung begangenen Beobachtungsfehler zu berücksichtigen sein. Ueber die Grösse derselben ist es schwierig a priori ein Urtheil abzugeben; es lässt sich nur sagen, dass die eigentlichen Ablesungsfehler kaum mehr als $\pm 0^{\text{mm}}05$ betragen können.

II. Anwendung der Formel auf die Verdunstungsbeobachtungen in der Sonne.

Die in Nukuss vom Mai bis October 1875 alle zwei Stunden in der Sonne angestellten Verdunstungsmessungen sind von F. Dohrandt publicirt worden in dem Werke: «Beobachtungsmaterial, gesammelt von der meteorologischen Abtheilung der wissenschaftlichen Expedition an den Amu-Darja 1874—1875», wo sie auf pag. 160—162 abgedruckt sind. Da in der Einleitung zu diesem Werke eine genaue Beschreibung der Lage des Observatoriums und der Aufstellung der Instrumente enthalten ist, so beschränke ich mich hier auf eine kurzgefasste Wiedergabe der wichtigsten Punkte.

Zu den Verdunstungsmessungen diente ein Wage-Evaporometer nach H. Wild¹⁾; diejenige Schale desselben, welche zu den zweistündlichen Beobachtungen über die Grösse der Verdunstung benutzt wurde, stand in der Nähe der Psychrometerhütte auf einer schmalen Latte in der Sonne, mit ihrem Rande c. ein Meter über dem Boden; auf derselben Latte befand sich eine zweite Schale desselben Evaporometers von genau derselben Grösse und Form, in welche ein gewöhnliches Thermometer²⁾ zur Bestimmung der Temperatur des verdunstenden Wassers gelegt war. Diese Temperaturbeobachtungen, die bisher nicht publicirt worden sind, finden sich in den im Archiv des Central-Observatoriums aufbewahrten Journalen der Originalbeobachtungen aus Nukuss; ferner sind im Archiv Tabellen mit diesen Beobachtungen vorhanden, die noch unter F. Dohrandt's Leitung zusammengestellt worden sind.

Das Thermometer wurde von Herrn F. Dohrandt am 9. Juni 1875 verificirt wobei er folgende Correctionen desselben fand:

bei	$+ 15^{\circ}$	$+ 25^{\circ}$	$+ 30^{\circ}$	$+ 40^{\circ}$
	— 0,3	0,0	— 0,2	0,0

Dem entsprechend wurden die Angaben des Thermometers um folgende Grössen corrigirt:

bei Temperaturen unter $+ 17,5$	um $- 0,3$ C.
von $17,6 - 20,0$	» $- 0,2$
» $20,1 - 22,5$	» $- 0,1$

1) Ueber einen einfachen Verdunstungsmesser für Sommer und Winter von H. Wild; *Mélanges physiques et chimiques, tirés du Bulletin de l'Académie des sciences de St. Pétersbourg*, Tome IX, pag. 59.

Repertorium für Meteorologie Bd. VIII.

2) Die Kugel dieses Thermometers war offenbar vor directen Sonnenstrahlen geschützt, doch ist keine Angabe darüber vorhanden, in welcher Weise dies geschehen war.

bei Temperaturen von 22,6 — 26,7	um $\pm 0,0$ C.
» 26,8 — 28,4	» — 0,1
» 28,5 — 33,3	» — 0,2
» 33,4 — 36,6	» — 0,1
» 36,7 und höher	» $\pm 0,0$

Das Psychrometer war, der Instruction¹⁾ gemäss, in einem Zinkblechgehäuse mit umgebender Holzhütte 3 Meter über dem Boden aufgestellt. Das Robinson'sche Anemometer stand 7,5 Meter über dem Boden.

In Bezug auf die Genauigkeit der Verdunstungsmessungen ist zu bemerken, dass stets zwei Einstellungen der Wage gemacht und die Ablesungen bis auf 0^{mm},05 ausgeführt wurden. Zu den eigentlichen Ablesungsfehlern kommt noch ein weiterer Fehler hinzu, der dadurch veranlasst werden konnte, dass das Niveau des Wassers in der Schale nicht ganz constant war. Wenn der Wasserspiegel durch Verdunstung um 10^{mm} gesunken war, so wurde derselbe gewöhnlich durch Nachfüllen von frischem Wasser bis zum normalen Niveau erhöht.

Die Sicherheit der Beobachtungsergebnisse mag in einzelnen Fällen ferner durch den Umstand beeinträchtigt worden sein, dass für alle Schalen nur eine Wage vorhanden war, und dass in Folge dessen die Schalen bei jeder einzelnen Messung von ihrem gewöhnlichen Platz genommen, auf die Wage gesetzt, und dann wieder von derselben entfernt und auf ihren Platz zurückgebracht werden mussten. Da mag es denn trotz aller Sorgfalt das eine oder andere Mal vorgekommen sein, dass hierbei etwas Wasser in der Eile verschüttet wurde, ohne dass dieses bemerkt und dem Leiter des Observatoriums berichtet worden wäre.

Während man nach den bisherigen Untersuchungen²⁾ für die Temperatur des Wassers in einem im Schatten befindlichen Gefäss mit ziemlicher Sicherheit wenigstens angeben kann, dass dieselbe niedriger als die Temperatur der Luft sein wird, lässt sich über die Temperatur des Wassers in einem in der Sonne aufgestellten Evaporometer eine solche Angabe nicht machen. Es wird daher von Interesse sein zu erfahren, wie sich die Temperatur des Wassers in dem in Nukuss zu den Beobachtungen im Freien benutzten Verdunstungsmesser in dieser Beziehung verhalten hat. Ich gebe in der folgenden Tabelle I die mittleren Resultate aus den Beobachtungen über die Temperatur des Wassers im Atmometer in der Sonne und setze zum Vergleich die mittleren Temperaturen der Luft hinzu.

1) H. Wild: Instruction für meteorologische Stationen. Repertorium für Meteorologie. Bd. V, № 1.

2) Marcet: «Ueber die Verdampfung der Flüssig-

keiten», Annalen der Physik und Chemie, Ergänzungsband IV, pag. 345.

Tabelle I.

		2 ^h	4 ^h	6 ^h	8 ^h	10 ^h	12 ^h Mittag.	2 ^h	4 ^h	6 ^h	8 ^h	10 ^h	12 ^h Mittern.	Mittel.
Mai	Temp. der Luft	13,9	12,6	14,6	20,2	23,5	25,3	26,2	25,7	24,1	19,1	16,5	14,9	19,7
	Temp. des Wassers...	10,1	9,1	12,7	20,4	24,7	26,4	26,1	22,3	19,6	14,4	12,2	10,9	17,4
Juni	Temp. der Luft	14,6	13,5	17,0	23,4	27,3	29,2	30,0	29,6	27,9	22,4	18,9	16,6	22,5
	Temp. des Wassers...	11,3	10,4	15,8	23,7	27,7	29,0	28,3	25,9	22,7	16,9	14,2	12,4	19,9
Juli	Temp. der Luft	20,4	19,6	21,7	26,6	30,1	32,0	32,9	32,6	30,2	25,8	23,1	21,5	26,4
	Temp. des Wassers...	16,5	16,2	19,9	26,1	29,8	31,0	30,8	29,1	25,7	20,9	18,6	17,3	23,5
August	Temp. der Luft	17,3	16,6	17,4	23,4	27,4	29,2	29,8	29,4	27,0	22,6	20,3	18,6	23,2
	Temp. des Wassers...	14,4	13,6	15,3	24,0	28,6	29,6	29,2	26,6	22,9	17,8	16,2	15,3	21,1
Sept.	Temp. der Luft	13,3	12,0	11,6	18,2	23,3	25,8	27,0	26,4	21,8	17,5	15,0	13,7	18,8
	Temp. des Wassers...	9,6	8,5	8,5	18,5	25,3	26,9	26,6	23,4	17,6	12,9	11,0	10,1	16,7

Aus diesen Daten ergibt sich, dass die Temperatur des Wassers des in der Sonne aufgestellten Evaporometers im allgemeinen niedriger war als die Temperatur der Luft, und zwar im Mittel um etwa $2\frac{1}{2}^{\circ}$ C. Doch ist diese Differenz zwischen der Temperatur des Wassers und der Luft im Laufe des Tages nicht unbeträchtlichen Schwankungen unterworfen. Die Differenz erreichte ihr Maximum im Mittel gegen 8^h Abends, wo sie etwa 5° C. betrug, und nahm bis 6^h Morgens bis auf c. 2° C. ab. Während bis hierzu die Temperatur der Luft die Temperatur des Wassers übertraf, trat bereits um 8^h Morgens in den meisten Monaten das entgegengesetzte Verhältniss ein, und blieb im Mittel das Wasser bis nach 12^h Mittags wärmer als die Luft. Um 2^h Nachmittags konnte die durch die Sonnenstrahlen dem Evaporometer zugeführte Wärme dem Wärmeverbrauch durch die Verdunstung und dem Verlust durch die Ausstrahlung nicht mehr die Wage halten, und die Temperatur des Wassers war zu dieser Zeit um etwa einen Grad unter die Temperatur der Luft gesunken; von da an nimmt die Differenz erst rascher und dann langsamer wieder bis zum Maximum am Abend zu. Der Juli bildete insofern eine Ausnahme von den übrigen Monaten, als in ihm die Temperatur des Wassers im Mittel zu keiner Tagesstunde die Temperatur der Luft übertraf; der Gang der Differenzen ist jedoch demjenigen in den übrigen Monaten ganz analog. Die Tages-Amplitude der Temperatur war somit in allen Monaten ohne Ausnahme für das Wasser im Evaporometer um etwa 4 bis 6° C. grösser als für die Luft. Wir werden weiter unten sehen, dass dieser Umstand für die Uebereinstimmung zwischen dem berechneten und beobachteten täglichen Gange der Verdunstung günstig ist.

Da die Beobachtungen über die Verdunstung in der Sonne gleichzeitig mit den entsprechenden Bestimmungen der Temperatur des verdunstenden Wassers zu allen geraden Tagesstunden angestellt wurden, so konnten einerseits die genau für den bürgerlichen Tag von 12^h Mitternacht bis 12^h Mitternacht geltenden Verdunstungsmengen abgeleitet und andererseits die für denselben Termin geltenden Werthe der Summen $\Sigma(S-s)$ und $\Sigma(S-s) \cdot w$ berechnet werden; diese letzteren sind somit nach dem Schema gebildet:

$$(\frac{1}{2}12^h + 2^h + 4^h + 6^h + 8^h + 10^h + 12^h + 2^h + 4^h + 6^h + 8^h + 10^h + \frac{1}{2}12^h)$$

*

Wenn das Evaporometer in der Sonne durch seine freie, ungeschützte Lage viel günstigere Bedingungen als das Evaporometer in der Hütte für eine Untersuchung darüber bietet, ob die von Weilenmann aufgestellte Annahme in der That dem Einfluss der Windstärke auf die Verdunstung genau genug Rechnung trägt, so sind seine Angaben andererseits an regnerischen Tagen durch die in die Verdunstungsschale gelangenden Niederschläge getrübt. Da in Nukuss die Zahl der Regentage überhaupt eine geringe ist, so hielt ich es für das Beste, alle Tage, an denen ein messbarer Niederschlag durch Regen stattgefunden hatte, einfach auszuschliessen, zumal da der Einfluss der Niederschläge auf den täglichen Gang der Verdunstung anders kaum zu eliminiren gewesen wäre. Es wurden hiernach die Beobachtungen folgender Tage unberücksichtigt gelassen: 3., 5. und 6. Mai, 5., 6., 7. und 31. Juli, 27. und 28. August. Dagegen habe ich die Zunahme des Wassers im Evaporometer durch Thau mit in Rechnung gezogen, da ja auch in die Summen $\Sigma(S-s)$ und $\Sigma(S-s).w$ sehr häufig dieser Zunahme entsprechende negative Werthe aufgenommen werden mussten.

In der folgenden Tabelle II sind für alle Tage, mit Ausnahme der eben angegebenen, in den ersten beiden Columnen eines jeden Monats die Werthe von $\Sigma(S-s)$ und $\Sigma(S-s).w$ und in der 6. Column die Tagessummen der Verdunstung v enthalten. Bei der Berechnung der Constanten A und B in unserer Formel (6) nach der Methode der kleinsten Quadrate aus allen Beobachtungen vom Mai bis October 1875 gelangt man zu den Normalgleichungen:

$$\begin{aligned} A \times 2101250,1 + B \times 34112524 - 256243,4 &= 0 \\ A \times 34112524 + B \times 608387114 - 4334134,5 &= 0 \end{aligned}$$

aus denen sich ergibt:

$$\begin{aligned} A &= 0,0702 \\ B &= 0,00319 \end{aligned}$$

Diese Constanten gelten nach dem Vorigen zur Berechnung der Verdunstungshöhe nach Formel (6) in Millimetern, wenn die Spannkraft S und s in Millimetern und die Windstärke w in Kilometern per Stunde gegeben sind, und die Tagessummen von $\Sigma(S-s)$ und $\Sigma(S-s).w$ aus zweistündlichen Beobachtungen gebildet sind. Wollte man z. B. diese Summenwerthe bei der Berechnung der Verdunstungsmenge durch die entsprechenden Tagesmittel ersetzen, so würden die Constanten mit 12 zu multipliciren sein. Die weiterhin abgeleiteten Constanten beziehen sich stets auf die eben angegebenen Einheiten. Mit diesen Constanten berechnete ich dann weiter die in Column 3 und 4 der Tabelle II für jeden Tag mitgetheilten Werthe von $A.\Sigma(S-s)$ und $B.\Sigma(S-s).w$, deren auf Zehntel-Millimeter abgerundete Summen als v' — die berechnete Verdunstung im Laufe eines Tages — in Column 5 enthalten sind. Die beiden letzten Columnen 7 und 8 enthalten endlich die Differenzen zwischen der beobachteten und berechneten Verdunstung $v-v'$ sowie deren Quadrate $(v-v')^2$.

Tabelle II.

Mai.

Datum.	1. $\Sigma (S-s)$	2. $\Sigma (S-s).w$	3. $A. \Sigma (S-s)$	4. $A. \Sigma (S-s).w$	5. v'	6. v	7. $v - v'$	8. $(v - v')^2$
1	113,4	1121	^{mm} 7,96	^{mm} 3,58	^{mm} 11,5	^{mm} 12,0	^{mm} 0,5	0,25
2	97,8	2040	6,87	6,51	13,4	12,4	-1,0	1,00
3	—	—	—	—	—	—	—	—
4	79,1	1936	5,55	6,18	11,7	12,6	0,9	0,81
5	—	—	—	—	—	—	—	—
6	—	—	—	—	—	—	—	—
7	75,8	612	5,32	1,95	7,3	8,3	1,0	1,00
8	114,4	880	8,03	2,81	10,8	10,8	0,0	0,00
9	109,0	1430	7,65	4,56	12,2	12,2	0,0	0,00
10	113,2	1856	7,95	5,92	13,9	18,0	4,1	16,81
11	96,3	2678	6,76	8,54	15,3	14,8	-0,5	0,25
12	103,4	2417	7,26	7,71	15,0	15,6	0,6	0,36
13	122,0	2986	8,56	9,53	18,1	19,0	0,9	0,81
14	123,7	3544	8,68	11,31	20,0	24,4	4,4	19,36
15	153,3	3620	10,76	11,55	22,3	23,8	1,5	2,25
16	153,6	3606	10,78	11,50	22,3	23,2	0,9	0,81
17	146,4	1552	10,28	4,95	15,2	15,8	0,6	0,36
18	110,0	1938	7,72	6,18	13,9	14,0	0,1	0,01
19	100,0	1469	7,02	4,69	11,7	11,6	-0,1	0,01
20	116,2	1036	8,16	3,30	11,5	12,0	0,5	0,25
21	128,8	1270	9,04	4,05	13,1	13,8	0,7	0,49
22	135,6	1554	9,52	4,96	14,5	15,0	0,5	0,25
23	137,6	2552	9,66	8,14	17,8	19,0	1,2	1,44
24	154,0	2044	10,81	6,52	17,3	19,4	2,1	4,41
25	107,3	1246	7,53	3,97	11,5	12,7	1,2	1,44
26	129,4	1300	9,08	4,15	13,2	13,3	0,1	0,01
27	129,8	1987	9,11	6,34	15,4	17,5	2,1	4,41
28	71,2	2389	5,00	7,62	12,6	14,4	1,8	3,24
29	117,6	1345	8,26	4,29	12,6	12,2	-0,4	0,16
30	110,2	2633	7,74	8,40	16,1	18,6	2,5	6,25
31	112,0	2894	7,86	9,23	17,1	21,7	4,6	21,16
Summe	3261,1	55935	228,92	178,44	407,3	438,1	30,8	87,60

Juni.

Datum.	1. $\Sigma(S-s)$	2. $\Sigma(S-s).w$	3. $A.\Sigma(S-s)$	4. $B.\Sigma(S-s).w$	5. v'	6. v	7. $v-v'$	8. $(v-v')^2$
1	138,6	2509	^{mm} 9,73	^{mm} 8,00	^{mm} 17,7	^{mm} 18,8	^{mm} 1,1	1,21
2	129,5	1970	9,09	6,28	15,4	15,6	0,2	0,04
3	153,4	1436	10,77	4,58	15,4	16,0	0,6	0,36
4	167,5	2330	11,76	7,43	19,2	19,3	0,1	0,01
5	90,2	1683	6,33	5,37	11,7	11,6	-0,1	0,01
6	95,4	2074	6,70	6,62	13,2	13,4	0,2	0,04
7	110,6	1508	7,76	4,81	12,6	11,9	-0,7	0,49
8	125,0	2156	8,78	6,88	15,7	16,2	0,5	0,25
9	145,3	2639	10,20	8,42	18,6	18,1	-0,5	0,25
10	149,4	1863	10,49	5,94	16,4	17,0	0,6	0,36
11	98,6	1083	6,92	3,45	10,4	10,8	0,4	0,16
12	151,0	1770	10,60	5,65	16,2	15,6	-0,6	0,36
13	114,6	2051	8,04	6,54	14,6	15,8	-1,2	1,44
14	113,3	1760	7,95	5,61	13,6	16,4	2,8	7,84
15	144,2	2416	10,12	7,71	17,8	16,9	-0,9	0,81
16	148,6	3149	10,43	10,05	20,5	20,3	-0,2	0,04
17	166,7	1826	11,70	5,82	17,5	17,6	-0,1	0,01
18	108,0	1663	7,58	5,30	12,9	13,4	0,5	0,25
19	128,2	1946	9,00	6,21	15,2	15,4	0,2	0,04
20	98,7	2303	6,93	7,35	14,3	16,8	2,5	6,25
21	132,6	2098	9,31	6,69	16,0	15,0	-1,0	1,00
22	129,4	1689	9,08	5,39	14,5	13,8	-0,7	0,49
23	95,0	2246	6,67	7,16	13,8	14,0	-0,2	0,04
24	122,6	2170	8,61	6,92	15,5	15,4	-0,1	0,01
25	150,2	1281	10,54	4,09	14,6	16,0	1,4	1,96
26	174,0	1980	12,21	6,32	18,5	16,4	-2,1	4,41
27	179,3	2384	12,59	7,60	20,2	18,6	-1,6	2,56
28	171,9	2512	12,07	8,01	20,1	19,6	-0,5	0,25
29	168,6	2648	11,84	8,45	20,3	20,7	0,4	0,16
30	162,8	3954	11,43	12,61	24,0	24,0	0,0	0,00
Summe	4063,2	63097	285,23	201,26	486,4	490,4	4,0	31,10

Juli.

Datum.	1. $\Sigma(S-s)$	2. $\Sigma(S-s).w$	3. $A.\Sigma(S-s)$	4. $B.\Sigma(S-s).w$	5. v'	6. v	7. $v-v'$	8. $(v-v')^2$
1	156,0	2011	^{mm} 10,95	^{mm} 6,42	^{mm} 17,4	^{mm} 17,6	^{mm} 0,2	0,04
2	169,4	1948	11,89	6,21	18,1	19,3	1,2	1,44
3	125,8	2106	8,83	6,72	15,6	17,6	2,0	4,00
4	130,6	2338	9,17	7,46	16,6	17,6	1,0	1,00
5	—	—	—	—	—	—	—	—
6	—	—	—	—	—	—	—	—
7	—	—	—	—	—	—	—	—
8	112,6	2524	7,90	8,05	16,0	16,3	0,3	0,09
9	98,1	2885	6,89	9,20	16,1	15,2	-0,9	0,81
10	124,6	2883	8,75	9,20	18,0	17,0	-1,0	1,00
11	92,0	1834	6,46	5,85	12,3	10,8	-1,5	2,25
12	90,0	1727	6,32	5,51	11,8	10,6	-1,2	1,44
13	119,1	2745	8,36	8,76	17,1	15,1	-2,0	4,00
14	143,9	1352	10,10	4,31	14,4	13,9	-0,5	0,25
15	142,5	1696	10,00	5,41	15,4	16,0	0,6	0,36
16	131,2	2514	9,21	8,02	17,2	18,0	0,8	0,64
17	112,8	1818	7,92	5,80	13,7	14,6	0,9	0,81
18	101,6	1844	7,13	5,88	13,0	13,9	0,9	0,81
19	114,7	2071	8,05	6,61	14,7	15,0	0,3	0,09
20	136,0	2556	9,55	8,15	17,7	15,6	-2,1	4,41
21	137,2	2302	9,63	7,34	17,0	15,3	-1,7	2,89
22	183,2	3560	12,86	11,36	24,2	23,0	-1,2	1,44
23	180,4	2464	12,66	7,86	20,5	17,4	-3,1	9,61
24	145,2	1538	10,19	4,91	15,1	15,4	0,3	0,09
25	145,2	1658	10,19	5,29	15,5	16,4	0,9	0,81
26	124,8	1703	8,76	5,43	14,2	15,2	1,0	1,00
27	120,0	1786	8,42	5,70	14,1	14,0	-0,1	0,01
28	133,5	3270	9,37	10,43	19,8	18,2	-1,6	2,56
29	138,6	1756	9,73	5,60	15,3	16,5	1,2	1,44
30	156,8	2728	11,01	8,70	19,7	19,6	-0,1	0,01
31	—	—	—	—	—	—	—	—
Summe	3565,8	59617	250,30	190,18	440,5	435,1	-5,4	43,30

August.

Datum.	1. $\Sigma (S-s)$	2. $\Sigma (S-s) \cdot w$	3. $A \cdot \Sigma (S-s)$	4. $B \cdot \Sigma (S-s) \cdot w$	5. v'	6. v	7. $v - v'$	8. $(v - v')^2$
1	121,1	2264	^{mm} 8,50	^{mm} 7,22	^{mm} 15,7	^{mm} 14,9	^{mm} —0,8	0,64
2	124,0	1616	8,70	5,16	13,9	14,1	0,2	0,04
3	147,2	1506	10,33	4,80	15,1	15,5	0,4	0,16
4	109,2	1561	7,67	4,98	12,6	13,7	1,1	1,21
5	112,4	1296	7,89	4,13	12,0	13,6	1,6	2,56
6	95,2	2104	6,68	6,71	13,4	13,5	0,1	0,01
7	101,6	1710	7,13	5,45	12,6	14,8	2,2	4,84
8	120,4	2172	8,45	6,93	15,4	14,0	—1,4	1,96
9	95,9	1718	6,73	5,48	12,2	14,0	1,8	3,24
10	102,6	2876	7,20	9,17	16,4	15,8	—0,6	0,36
11	122,6	2708	8,61	8,64	17,2	16,0	—1,2	1,44
12	110,6	3120	7,76	9,95	17,7	16,8	—0,9	0,81
13	117,4	3005	8,24	9,59	17,8	15,4	—2,4	5,76
14	123,7	2472	8,68	7,89	16,6	16,0	—0,6	0,36
15	110,0	1839	7,72	5,87	13,6	15,0	1,4	1,96
16	122,9	1913	8,63	6,10	14,7	14,8 ¹⁾	0,1	0,01
17	147,0	2370	10,32	7,56	17,9	17,0	—0,9	0,81
18	121,4	1663	8,52	5,30	13,8	14,2	0,4	0,16
19	127,0	1304	8,92	4,16	13,1	13,8	0,7	0,49
20	100,6	2086	7,06	6,65	13,7	13,0	—0,7	0,49
21	105,6	2026	7,41	6,46	13,9	13,2	—0,7	0,49
22	116,4	2215	8,17	7,07	15,2	13,6	—1,6	2,56
23	129,6	2818	9,10	8,99	18,1	16,2	—1,9	3,61
24	135,8	1914	9,53	6,11	15,6	14,6	—1,0	1,00
25	100,8	1409	7,08	4,49	11,6	11,6	0,0	0,00
26	114,3	1628	8,02	5,19	13,2	12,8	—0,4	0,16
27	—	—	—	—	—	—	—	—
28	—	—	—	—	—	—	—	—
29	71,3	1009	5,01	3,22	8,2	8,2	0,0	0,00
30	92,4	611	6,49	1,95	8,4	8,1	—0,3	0,09
31	99,8	772	7,01	2,46	9,5	9,5	0,0	0,00
Summe	3298,8	55705	231,56	177,68	409,1	403,7	—5,4	35,22

1) In den a. a. O. gedruckten Beobachtungen ist die Verdunstung am 16. August von 6—8 a. m. zu —0,10 angegeben, während es nach Originalbeobachtungen heissen sollte +0^{mm},90; in Folge dessen beträgt auch die Tagessumme nicht 13,9 sondern 14^{mm},8.

September.

Datum.	1. $\Sigma(S-s)$	2. $\Sigma(S-s).w$	3. $A. \Sigma(S-s)$	4. $B. \Sigma(S-s).w$	5. v'	6. v	7. $v-v'$	8. $(v-v')^2$
1	96,6	1012	^{mm} 6,78	^{mm} 3,23	^{mm} 10,0	^{mm} 10,0	^{mm} 0,0	0,00
2	99,0	1746	^{mm} 6,95	^{mm} 5,57	^{mm} 12,5	^{mm} 12,0	^{mm} -0,5	0,25
3	104,4	1798	^{mm} 7,33	^{mm} 5,74	^{mm} 13,1	^{mm} 12,0	^{mm} -1,1	1,21
4	109,2	2090	^{mm} 7,67	^{mm} 6,67	^{mm} 14,3	^{mm} 13,3	^{mm} -1,0	1,00
5	96,8	1068	^{mm} 6,80	^{mm} 3,41	^{mm} 10,2	^{mm} 10,7	^{mm} 0,5	0,25
6	119,0	1125	^{mm} 8,35	^{mm} 3,59	^{mm} 11,9	^{mm} 10,8	^{mm} -1,1	1,21
7	78,8	2024	^{mm} 5,53	^{mm} 6,46	^{mm} 12,0	^{mm} 11,4	^{mm} -0,6	0,36
8	86,1	2034	^{mm} 6,04	^{mm} 6,49	^{mm} 12,5	^{mm} 11,8	^{mm} -0,7	0,49
9	99,8	1670	^{mm} 7,01	^{mm} 5,33	^{mm} 12,3	^{mm} 10,9	^{mm} -1,4	1,96
10	116,4	1742	^{mm} 8,17	^{mm} 5,56	^{mm} 13,7	^{mm} 12,4	^{mm} -1,3	1,69
11	132,4	1866	^{mm} 9,29	^{mm} 5,95	^{mm} 15,2	^{mm} 13,4	^{mm} -1,8	3,24
12	85,6	1582	^{mm} 6,01	^{mm} 5,05	^{mm} 11,1	^{mm} 10,7	^{mm} -0,4	0,16
13	118,8	1668	^{mm} 8,34	^{mm} 5,32	^{mm} 13,7	^{mm} 12,1	^{mm} -1,6	2,56
14	90,2	1684	^{mm} 6,33	^{mm} 5,37	^{mm} 11,7	^{mm} 11,9	^{mm} 0,2	0,04
15	66,0	1164	^{mm} 4,63	^{mm} 3,71	^{mm} 8,3	^{mm} 8,1	^{mm} -0,2	0,04
16	73,6	1149	^{mm} 5,17	^{mm} 3,67	^{mm} 8,8	^{mm} 8,4	^{mm} -0,4	0,16
17	103,4	1150	^{mm} 7,26	^{mm} 3,67	^{mm} 10,9	^{mm} 9,6	^{mm} -1,3	1,69
18	107,8	1608	^{mm} 7,57	^{mm} 5,13	^{mm} 12,7	^{mm} 12,4	^{mm} -0,3	0,09
19	81,8	2696	^{mm} 5,74	^{mm} 8,60	^{mm} 14,3	^{mm} 12,2	^{mm} -2,1	4,41
20	104,2	2377	^{mm} 7,31	^{mm} 7,58	^{mm} 14,9	^{mm} 13,6	^{mm} -1,3	1,69
21	117,8	2312	^{mm} 8,27	^{mm} 7,38	^{mm} 15,6	^{mm} 15,5	^{mm} -0,1	0,01
22	71,6	1386	^{mm} 5,03	^{mm} 4,42	^{mm} 9,4	^{mm} 8,8	^{mm} -0,6	0,36
23	63,6	1366	^{mm} 4,46	^{mm} 4,36	^{mm} 8,8	^{mm} 9,3	^{mm} 0,5	0,25
24	81,8	1666	^{mm} 5,74	^{mm} 5,31	^{mm} 11,0	^{mm} 10,2	^{mm} -0,8	0,64
25	91,3	1052	^{mm} 6,41	^{mm} 3,36	^{mm} 9,8	^{mm} 8,7	^{mm} -1,1	1,21
26	96,3	974	^{mm} 6,76	^{mm} 3,11	^{mm} 9,9	^{mm} 9,0	^{mm} -0,9	0,81
27	111,6	958	^{mm} 7,85	^{mm} 3,06	^{mm} 10,9	^{mm} 9,2	^{mm} -1,7	2,89
28	50,0	1400	^{mm} 3,51	^{mm} 4,47	^{mm} 8,0	^{mm} 8,0	^{mm} 0,0	0,00
29	53,8	807	^{mm} 3,78	^{mm} 2,57	^{mm} 6,4	^{mm} 6,3	^{mm} -0,1	0,01
30	63,8	1100	^{mm} 4,48	^{mm} 3,51	^{mm} 8,0	^{mm} 7,0	^{mm} -1,0	1,00
Summe	2771,5	46274	194,57	147,65	341,9	319,7	-22,2	29,68

Betrachtet man die Differenzen $v - v'$ als Fehler, so ergeben sich in den einzelnen Monaten folgende mittlere Fehler:

	$\sqrt{\frac{[(v - v')^2]}{n - 2}}$	$100 \cdot \sqrt{\frac{[(v - v')^2]}{n - 2}} : \frac{[v]}{n}$
Mai	$\pm 1,8^{mm}$	12%
Juni	$\pm 1,1$	6%
Juli	$\pm 1,3$	8%
August	$\pm 1,1$	8%
September	$\pm 1,0$	10%

Die mittleren Fehler erreichen und überschreiten also zum Theil die Fehlergrenze von etwa 11%, die wir früher für exceptionelle Fälle aufgestellt hatten, und es kommen an einzelnen Tagen Differenzen vor, die sogar etwas über 20% des Gesamtwertes der Verdunstung betragen.

Die Differenzen $v - v'$ können nun, ausser von den eigentlichen Beobachtungsfehlern, auch davon abhängen, dass entweder die Dalton-Weilenmann'sche Formel den Einfluss von S , s und w auf die Verdunstung nicht exact genug darstellt, oder dass die Verdunstung noch von anderen Factoren beeinflusst wird, die in jener Formel unberücksichtigt geblieben sind.

Bevor wir zu einer Untersuchung darüber übergehen, ob diese verhältnissmässig grossen Differenzen vielleicht daher rühren, dass dem Einfluss der Temperatur des verdunstenden Wassers und der derselben entsprechende Spannkraft, der absoluten Feuchtigkeit der Luft und insbesondere dem Einfluss der Windstärke auf die Verdunstung durch die Dalton-Weilenmann'schen Formeln nicht genügend Rechnung getragen wird, müssen wir zunächst prüfen, ob nicht durch eine Berücksichtigung der von uns vernachlässigten Variationen des Luftdrucks eine genauere Uebereinstimmung zwischen den beobachteten und berechneten Verdunstungsmengen zu erzielen gewesen wäre.

Wenn die Verdunstung in der That dem Barometerstande umgekehrt proportional ist, so müssen die berechneten Monatssummen der Verdunstung mit den beobachteten dadurch in eine bessere Uebereinstimmung gebracht werden können, dass man von der Annahme eines während der ganzen Zeit vom Mai bis October constanten Luftdrucks, wie dies unseren Berechnungen entspricht, zur Hypothese übergeht, dass der Luftdruck in den einzelnen Monaten constant und dem mittleren Luftdruck des betreffenden Monats gleich war. Dazu ist einfach die berechnete Verdunstung in jedem Monat mit dem mittleren Barometerstande für die ganze Zeit, nämlich $752^{mm},8$, zu multipliciren und durch den mittleren Barometerstand des betreffenden Monats — im Mai $756^{mm},2$, im Juni $752^{mm},1$, im Juli $747^{mm},7$, im August $753^{mm},0$ und im September $754^{mm},9$ — zu dividiren.

Die folgende kleine Tabelle III enthält die ohne diese Correction berechnete Summe der Verdunstung v' in jedem Monat, ferner die durch Berücksichtigung der mittleren Baro-

meterstände corrigirte Summe $\frac{v' \cdot b}{b'}$ derselben, und sodann die aus den Beobachtungen erhaltene Summe der Verdunstung v nebst den entsprechenden Differenzen.

Tabelle III.

Monate.	v'	$\frac{v' \cdot b}{b'}$	v	$v - v'$	$v - \frac{v' \cdot b}{b'}$
Mai	407,3	405,5	438,1	+30,8	+32,6
Juni	486,4	486,9	490,4	+ 4,0	+ 3,5
Juli	440,5	443,5	435,1	— 5,4	— 8,4
August	409,1	409,0	403,7	— 5,4	— 5,3
September	341,9	340,9	319,7	—22,2	—21,2

Aus dieser Tabelle ersieht man, dass die Uebereinstimmung in einigen Monaten unbedeutend besser, in anderen dagegen etwas schlechter geworden ist, im Ganzen genommen sind die Differenzen fast unverändert geblieben. Im September macht sich die stärkste Verbesserung geltend. Ich habe daher diesen Monat gewählt, um weiter die Tagessummen der Verdunstung unter Berücksichtigung des Luftdrucks umzurechnen. Macht man hierbei die der Wahrheit sehr nahe kommende Annahme, dass der Luftdruck an jedem einzelnen Tage constant und gleich dem Tagesmittel gewesen ist, so sind die in Tabelle II in der Rubrik v' für diesen Monat gegebenen Werthe mit 752,8 zu multipliciren und durch den mittleren Barometerstand des betreffenden Tages zu dividiren. Die Resultate dieser Berechnung sind in Tabelle IV gegeben, in welche auch, nach Tabelle II, die Werthe von v und v' des leichteren Vergleiches halber mit aufgenommen sind.

Tabelle IV.

September.

Datum.	v	v'	$\frac{v' \cdot b}{b'}$	$v - v'$	$v - \frac{v' \cdot b}{b'}$	$(v - v')^2$	$\left(v - \frac{v' \cdot b}{b'}\right)^2$
1	10,0	10,0	10,0	0,0	0,0	0,00	0,00
2	12,0	12,5	12,5	— 0,5	— 0,5	0,25	0,25
3	12,0	13,1	13,1	— 1,1	— 1,1	1,21	1,21
4	13,3	14,3	14,2	— 1,0	— 0,9	1,00	0,81
5	10,7	10,2	10,2	+ 0,5	+ 0,5	0,25	0,25
6	10,8	11,9	11,9	— 1,1	— 1,1	1,21	1,21
7	11,4	12,0	11,9	— 0,6	— 0,5	0,36	0,25
8	11,8	12,5	12,4	— 0,7	— 0,6	0,49	0,36
9	10,9	12,3	12,3	— 1,4	— 1,4	1,96	1,96
10	12,4	13,7	13,8	— 1,3	— 1,4	1,69	1,96
11	13,4	15,2	15,3	— 1,8	— 1,9	3,24	3,61
12	10,7	11,1	11,1	— 0,4	— 0,4	0,16	0,16
13	12,1	13,7	13,7	— 1,6	— 1,6	2,56	2,56
14	11,9	11,7	11,7	+ 0,2	+ 0,2	0,04	0,04
15	8,1	8,3	8,2	— 0,2	— 0,1	0,04	0,01
16	8,4	8,8	8,7	— 0,4	— 0,3	0,16	0,09
17	9,6	10,9	10,8	— 1,3	— 1,2	1,69	1,44
18	12,4	12,7	12,7	— 0,3	— 0,3	0,09	0,09
19	12,2	14,3	14,2	— 2,1	— 2,0	4,41	4,00
20	13,6	14,9	14,9	— 1,3	— 1,3	1,69	1,69
21	15,5	15,6	15,6	— 0,1	— 0,1	0,01	0,01
22	8,8	9,4	9,4	— 0,6	— 0,6	0,36	0,36
23	9,3	8,8	8,8	+ 0,5	+ 0,5	0,25	0,25
24	10,2	11,0	11,0	— 0,8	— 0,8	0,64	0,64
25	8,7	9,8	9,8	— 1,1	— 1,1	1,21	1,21
26	9,0	9,9	9,9	— 0,9	— 0,9	0,81	0,81
27	9,2	10,9	10,9	— 1,7	— 1,7	2,89	2,89
28	8,0	8,0	7,9	0,0	+ 0,1	0,00	0,01
29	6,3	6,4	6,3	— 0,1	0,0	0,01	0,00
30	7,0	8,0	7,9	— 1,0	— 0,9	1,00	0,81
Summe	319,7	341,9	341,1	— 22,2	— 21,4	29,68	28,94

Hieraus ergibt sich, dass die Uebereinstimmung zwischen den beobachteten und berechneten Verdunstungsmengen durch die Berücksichtigung der Luftdrucksschwankungen nur um sehr wenig besser geworden ist; der mittlere Fehler beträgt in beiden Fällen $\pm 1^{\text{mm}}0$. Die nach Tabelle II erhaltenen mittleren Fehler können also jedenfalls nicht darauf zurückgeführt werden, dass bei unseren Berechnungen die Variationen des Barometerstandes unberücksichtigt gelassen wurden.

Es liegt uns somit jetzt die Aufgabe ob zu untersuchen, ob die grossen Differenzen zwischen den beobachteten und berechneten Werthen der Verdunstung vielleicht davon abhängen, dass die Dalton-Weilenmann'sche Formel dem Einfluss der Temperatur des Wassers, der absoluten Feuchtigkeit und insbesondere der Windstärke nicht genügend Rechnung trägt. Wenn das der Fall sein sollte, so müsste sich ein bedeutender Unterschied in Bezug auf diese die Verdunstung beeinflussenden Elemente geltend machen zwischen den Tagen, wo die Differenzen besonders grosse positive Werthe besitzen, und jenen Tagen, an denen die Differenzen grosse negative Werthe erreichen. Ich gebe daher in der Tabelle V für alle Tage, an denen die Differenz zwischen der beobachteten und berechneten Verdunstung 10% des Gesamtwertes der Verdunstung am betreffenden Tage übersteigt, die mittleren Werthe der Spannkraft S für die Temperatur des Wassers, der absoluten Feuchtigkeit s , der Windstärke w und des Barometerstandes b .

Tabelle V.

Monat und Datum.	$v - v'$	$\frac{\Sigma S}{12}$	$\frac{\Sigma s}{12}$	$\frac{\Sigma w}{12}$	$\frac{\Sigma b}{12}$
26. Juni	— 2,1 ^{mm}	20,9	6,4	11,2	750,9
11. Juli	— 1,5	18,9	11,1	18,7	751,4
12. »	— 1,2	16,7	9,2	16,9	751,1
13. »	— 2,0	18,3	8,4	16,9	751,2
20. »	— 2,1	24,6	13,3	15,9	748,6
21. »	— 1,7	26,1	14,7	14,3	746,2
23. »	— 3,1	27,0	12,0	12,8	744,7
8. August	— 1,4	19,6	9,6	14,9	752,0
13. »	— 2,4	18,8	9,0	19,3	755,7
22. »	— 1,6	21,3	11,6	14,5	752,1
23. »	— 1,9	22,1	11,3	16,1	750,0
6. Sept.	— 1,1	20,6	10,7	8,4	753,3
9. »	— 1,4	14,9	6,6	13,2	753,6
10. »	— 1,3	15,6	5,9	11,1	749,8
11. »	— 1,8	17,2	6,2	10,8	749,9
13. »	— 1,6	18,8	8,9	11,9	752,6
17. »	— 1,3	14,0	5,4	11,2	756,5
19. »	— 2,1	13,6	6,8	27,1	755,6

Monat und Datum.	$v - v'$	$\frac{\Sigma S}{12}$	$\frac{\Sigma s}{12}$	$\frac{\Sigma w}{12}$	$\frac{\Sigma b}{12}$
25. Sept.	— 1,1 ^{mm}	13,7	6,1	11,0	750,6
26. »	— 0,9	15,0	7,0	9,9	752,9
27. »	— 1,7	16,9	7,6	10,5	754,1
30. »	— 1,0	10,6	5,3	14,2	758,9
Mittel...	— 1,65	18,4	8,8	14,1	751,9
7. Mai	+ 1,0	13,1	6,8	5,8	764,1
10. »	+ 4,1	14,8	5,4	16,8	759,1
14. »	+ 4,4	13,1	2,8	24,3	757,8
24. »	+ 2,1	19,8	7,0	11,5	748,8
27. »	+ 2,1	19,5	8,7	14,5	750,2
28. »	+ 1,8	16,8	10,9	28,5	751,7
30. »	+ 2,5	17,4	8,1	20,2	759,5
31. »	+ 4,6	13,4	4,1	22,1	761,6
14. Juni	+ 2,8	19,6	10,2	10,4	755,5
20. »	+ 2,5	17,2	9,0	16,6	751,2
3. Juli	+ 2,0	24,5	14,0	13,5	749,1
5. August	+ 1,6	23,2	13,8	9,5	749,3
7. »	+ 2,2	20,1	11,6	14,2	753,7
9. »	+ 1,8	19,3	11,3	13,3	751,3
Mittel...	+ 2,54	18,0	8,8	15,8	754,5

Die Werthe von b zeigen im Mittel, dass die Berechnung unter Berücksichtigung des Luftdrucks sogar noch etwas grössere Differenzen ergeben hätte, als sie unter der Annahme eines constanten Barometerstandes ausgefallen sind. Was nun die mittlere Spannkraft für die Temperatur des verdunstenden Wassers und die absolute Feuchtigkeit anbetrifft, so kommen bald positive bald negative Differenzen bei grossen und bei kleinen Werthen sowohl von S als von s vor. Das Mittel aus diesen beiden Grössen ist für die negativen Differenzen fast genau das gleiche wie für die positiven Differenzen, und deutet somit nichts darauf hin, dass die Dalton'sche Formel den Einfluss der Temperatur des Wassers und der Feuchtigkeit der Luft unrichtig darstellt. In Bezug auf die mittlere Windstärke zeigt sich dagegen ein, wenn auch unbedeutender, Unterschied zwischen den Tagen mit positiven und denjenigen mit negativen Differenzen. Die geringere mittlere Windstärke an den Tagen, wo die berechnete Verdunstung die beobachtete überwiegt und die grössere mittlere Windstärke an den Tagen, wo das umgekehrte Verhältniss eintritt, könnten so gedeutet werden, dass der Windstärke ein grösserer Einfluss auf die Verdunstung zukommt, als ihr die Weilenmannsche Formel einräumt. Um mir hierüber Gewissheit zu verschaffen, habe ich alle Differenzen nach den mittleren Windstärken an den einzelnen Tagen gruppiert, so dass ich die Differenzen an den

Tagen in die erste Gruppe vereinigte, wo die mittlere Windstärke nur 0 bis 10 Kilometer per Stunde betrug; aus den Differenzen an den Tagen, an denen die mittlere Windstärke von 10 bis 15 Kilometer ausmachte, bildete ich die zweite Gruppe; in gleicher Weise verfuhr ich mit den Differenzen an Tagen mit einer mittleren Windstärke von 15 — 20 Kilometer, 20 — 25 Kilometer und endlich 25 Kilometer und darüber.

Wenn nun die Dalton-Weilenmann'sche Formel dem Einfluss der Windstärke auf die Verdunstung nicht genügend Rechnung tragen würde, so müssten die Differenzen der einzelnen Gruppen in der folgenden Tabelle VI dies deutlich zeigen.

Tabelle VI.**Windstärke 0 — 10 Kilometer.**

Monat und Datum.	Differenz.	Verdunstung.	Monat und Datum.	Differenz.	Verdunstung.	Monat und Datum.	Differenz.	Verdunstung.
1. Mai	0,5	12,0	17. »	0,1	17,6	31. August	0,0	9,5
7. »	1,0	8,3	25. »	1,4	16,0	1. Sept.	0,0	10,0
8. »	0,0	10,8	14. Juli	—0,5	13,9	5. »	0,5	10,7
20. »	0,5	12,0	15. »	0,6	16,0	6. »	—1,1	10,8
21. »	0,7	13,8	24. »	0,3	15,4	26. »	—0,9	9,0
22. »	0,5	15,0	29. »	1,2	16,5			
3. Juni	0,6	16,0	5. August	1,6	13,6	Summe	+6,5	293,0
11. »	0,4	10,8	25. »	0,0	11,6	Mittel	+0,3	12,7
12. »	—0,6	15,6	30. »	—0,3	8,1			

Windstärke 10 — 15 Kilometer.

9. Mai	0,0	12,2	18. Juni	0,5	13,4	19. Juli	0,3	15,0
17. »	0,6	15,8	19. »	0,2	15,4	21. »	—1,7	15,3
19. »	—0,1	11,6	21. »	—1,0	15,0	23. »	—3,1	17,4
24. »	2,1	19,4	22. »	—0,7	13,8	25. »	0,9	16,4
25. »	1,2	12,7	24. »	—0,1	15,4	26. »	1,0	15,2
26. »	0,1	13,3	26. »	—2,1	16,4	2. August	+0,2	14,1
27. »	2,1	17,5	27. »	—1,6	18,6	3. »	0,4	15,5
29. »	—0,4	12,2	28. »	—0,5	19,6	4. »	1,1	13,7
1. Juni	1,1	18,8	29. »	0,4	20,7	7. »	2,2	14,8
2. »	0,2	15,6	1. Juli	0,2	17,6	8. »	—1,4	14,0
4. »	0,1	19,3	2. »	1,2	19,3	9. »	1,8	14,0
7. »	—0,7	11,9	3. »	2,0	17,6	15. »	1,4	15,0
10. »	0,6	17,0	4. »	1,0	17,6	16. »	+0,1	14,8
13. »	1,2	15,8	16. »	0,8	18,0	17. »	—0,9	17,0
14. »	2,8	16,4	17. »	0,9	14,6	18. »	0,4	14,2
15. »	—0,9	16,9	18. »	0,9	13,9	19. »	0,7	13,8

Monat und Datum.	Diffe- renz.	Verdun- stung.	Monat und Datum.	Diffe- renz.	Verdun- stung.	Monat und Datum.	Diffe- renz.	Verdun- stung.
22. August	—1,6	13,6	10. Sept.	—1,3	12,4	27. Sept.	—1,7	9,2
24. »	—1,0	14,6	11. »	—1,8	13,4	29. »	—0,1	6,3
26. »	—0,4	12,8	13. »	—1,6	12,1	30. »	—1,0	7,0
29. »	0,0	8,2	15. »	—0,2	8,1	Summe Mittel	—2,3 0,0	958,5 14,3
2. Sept.	—0,5	12,0	16. »	—0,4	8,4			
3. »	—1,1	12,0	17. »	—1,3	9,6			
4. »	—1,0	13,3	18. »	—0,3	12,4			
9. »	—1,4	10,9	25. »	—1,1	8,7			
Windstärke 15 — 20 Kilometer.								
2. Mai	—1,0	12,4	11. Juli	—1,5	10,8	20. August	—0,7	13,0
10. »	4,1	18,0	12. »	—1,2	10,6	21. »	—0,7	13,2
12. »	0,6	15,6	13. »	—2,0	15,1	23. »	—1,9	16,2
16. »	0,9	23,2	20. »	—2,1	15,6	8. Sept.	—0,7	11,8
18. »	0,1	14,0	22. »	—1,2	23,0	12. »	—0,4	10,7
23. »	1,2	19,0	27. »	—0,1	14,0	14. »	0,2	11,9
5. Juni	—0,1	11,6	28. »	—1,6	18,2	21. »	—0,1	15,5
8. »	0,5	16,2	30. »	—0,1	19,6	22. »	—0,6	8,8
9. »	—0,5	18,1	1. August	—0,8	14,9	23. »	0,5	9,3
16. »	—0,2	20,3	6. »	0,1	13,5	24. »	—0,8	10,2
20. »	2,5	16,8	11. »	—1,2	16,0	Summe Mittel	—11,3 —0,3	538,8 15,0
23. »	0,2	14,0	13. »	—2,4	15,4			
8. Juli	0,3	16,3	14. »	—0,6	16,0			
Windstärke 20 — 25 Kilometer.								
4. Mai	0,9	12,6	31. Mai	4,6	21,7	7. Sept.	—0,6	11,4
11. »	—0,5	14,8	6. Juni	0,2	13,4	20. »	—1,3	13,6
13. »	0,9	19,0	30. »	0,0	24,0	Summe Mittel	+10,1 +0,7	246,9 17,6
14. »	4,4	24,4	10. Juli	—1,0	17,0			
15. »	1,5	23,8	10. August	—0,6	15,8			
30. »	2,5	18,6	12. »	—0,9	16,8			
Windstärke 25 — 30 Kilometer.								
			28. Mai	1,8	14,4			
			9. Juli	—0,9	15,2			
			19. Sept.	—2,1	12,2			
			28. »	—0,0	8,0			
			Summe	—1,2	49,8			
			Mittel	—0,3	12,4			

Die den verschiedenen Windstärken entsprechenden mittleren Differenzen sind verhältnissmässig klein (nicht über 4%) und scheinen in keinem einfachen Abhängigkeitsverhältniss von der Windstärke zu stehen, da sie ziemlich regellos bald positiv und bald negativ sind; ferner setzen sich die mittleren Differenzen für die einzelnen Windstärken aus ziemlich grossen einzelnen Differenzen mit entgegengesetztem Zeichen zusammen, so dass letztere durch eine andere Ursache als die Windstärke bedingt sein müssen. Hiernach ist somit keine Aussicht dazu vorhanden, eine erheblich bessere Uebereinstimmung zwischen den beobachteten und berechneten Verdunstungsmengen dadurch zu erzielen, dass man die Dalton-Weilenmann'sche Formel durch eine anderweitige Annahme über den Einfluss der Windstärke auf die Verdunstung umformt.

Es ergibt sich sonach aus diesen Erörterungen, dass durch die Dalton-Weilenmann'sche Formel der Einfluss der Windstärke, der Temperatur des verdunstenden Wassers und der absoluten Feuchtigkeit auf die Verdunstung ziemlich exact zum Ausdruck gebracht wird, und dass jedenfalls die zwischen den beobachteten und berechneten Verdunstungsmengen bestehenden Differenzen nicht allein der Ungenauigkeit der Formel in Bezug auf die erwähnten Elemente zur Last gelegt werden können. Dagegen ist es sehr wohl denkbar, dass bei der Verdunstung noch andere Factoren mitwirken, die in unserer Formel nicht compariren. So scheint aus den in Tabelle III enthaltenen Daten hervorzugehen, dass ein solcher Factor auf die jährliche Periode der Verdunstung Einfluss nimmt. Die Differenz $v - v'$ beträgt nämlich für die gesammte Verdunstung im Mai $+30^{\text{mm}},8$, sinkt im Juni auf $+4^{\text{mm}},0$, wechselt im Juli das Zeichen und beträgt $-5^{\text{mm}},4$, im August $-6^{\text{mm}},4$ und im September $-22^{\text{mm}},2$. In den Monaten Mai und September weisen fast sämmtliche Differenzen das entgegengesetzte Vorzeichen auf: im Mai sind mit Ausnahme von nur 4 Tagen alle Differenzen positiv, während sie im September fast stets negativ sind.

Da also ein unbekannter, die jährliche Periode der Verdunstung beeinflussender Factor vorhanden zu sein scheint, und daher der Einwand erhoben werden könnte, dass durch die Einwirkung desselben die Abweichungen vom Dalton'schen Gesetz in den obigen Tabellen zum Theil verdeckt worden sein könnten, so hielt ich es für nothwendig, den Einfluss jenes Factors möglichst zu eliminiren und sodann die Formel nochmals darauf zu prüfen, ob dieselbe dem Einfluss der Temperatur des verdunstenden Wassers, der absoluten Feuchtigkeit und der Windstärke genügend Rechnung trägt.

Ich habe dazu aus den Tagessummen $\Sigma(S-s)$ und $\Sigma(S-s)v$ sowie den Werthen von v die Constanten A und B für jeden Monat besonders berechnet, und weiter dann mit Hülfe derselben die Werthe von v' für jeden Tag abgeleitet. Bei der Berechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate ergaben sich in den einzelnen Monaten folgende Normalgleichungen und aus denselben hervorgehende Werthe der Constanten A und B :

Monat.	Normalgleichungen.	A	B
Mai (28 Tage)	$\begin{cases} A \times 392809,2 + B \times 6662412 - 52504,9 = 0 \\ B \times 6662412 + A \times 130531475 - 959516,1 = 0 \end{cases}$	0,067	0,00393

Momate.	Normalgleichungen.	A	B
Juni (30 Tage)	$\begin{cases} A \times 570940,5 + B \times 8709482 - 68056 = 0 \\ A \times 8709482 + B \times 141930187 - 1069812 = 0 \end{cases}$	0,066	0,00349
Juli (27 Tage)	$\begin{cases} A \times 486105,7 + B \times 7946288 - 58697,5 = 0 \\ A \times 7946288 + B \times 139645991 - 982762,3 = 0 \end{cases}$	0,0818	0,00238 ¹⁾
Aug. (29 Tage)	$\begin{cases} A \times 382766,1 + B \times 6436987 - 46506,0 = 0 \\ A \times 6436987 + B \times 118335641 - 805264,4 = 0 \end{cases}$	0,0828	0,00230 ¹⁾
Sept. (30 Tage)	$\begin{cases} A \times 268628,6 + B \times 4357355 - 30479 = 0 \\ A \times 4357355 + B \times 77943820 - 516778,9 = 0 \end{cases}$	0,0635	0,00308

In der folgenden Tabelle VII sind die mit diesen Constanten berechneten Werthe von v' , so wie die zugehörigen Werthe von $v - v'$ und $(v - v')^2$ enthalten.

Tabelle VII.

Dat.	Mai.			Juni.			Juli.			August.			September.		
	v'	$v - v'$	$(v - v')^2$	v'	$v - v'$	$(v - v')^2$	v'	$v - v'$	$(v - v')^2$	v'	$v - v'$	$(v - v')^2$	v'	$v - v'$	$(v - v')^2$
1	12,0	$\pm 0,0$	0,00	17,9	$+0,9$	0,81	17,6	$\pm 0,0$	0,00	15,2	$-0,3$	0,09	9,2	$+0,8$	0,64
2	14,6	$-2,2$	4,84	15,4	$+0,2$	0,04	18,5	$+0,8$	0,64	14,0	$+0,1$	0,01	11,7	$+0,3$	0,09
3	—	—	—	15,2	$+0,8$	0,64	15,3	$+2,3$	5,29	15,6	$-0,1$	0,01	12,2	$-0,2$	0,04
4	12,9	$-0,3$	0,09	19,2	$+0,1$	0,01	16,2	$+1,4$	1,96	12,6	$+1,1$	1,21	13,4	$-0,1$	0,01
5	—	—	—	11,8	$-0,2$	0,04	—	—	—	12,8	$+1,3$	1,69	9,4	$+1,3$	1,69
6	—	—	—	13,5	$-0,1$	0,01	—	—	—	12,7	$+0,8$	0,64	11,0	$-0,2$	0,04
7	7,5	$+0,8$	0,64	12,6	$-0,7$	0,49	—	—	—	12,3	$+2,5$	6,25	11,2	$+0,2$	0,04
8	11,1	$-0,3$	0,09	15,8	$+0,4$	0,16	15,2	$+1,1$	1,21	15,0	$-1,0$	1,00	11,7	$+0,1$	0,01
9	12,9	$-0,7$	0,49	18,8	$-0,7$	0,49	14,9	$+0,3$	0,09	11,9	$+2,1$	4,41	11,5	$-0,6$	0,36
10	14,9	$+3,1$	9,61	16,4	$+0,6$	0,36	17,0	$\pm 0,0$	0,00	15,1	$+0,7$	0,49	12,8	$-0,4$	0,16
11	17,0	$-2,2$	4,84	10,3	$+0,5$	0,25	11,9	$-1,1$	1,21	16,4	$-0,4$	0,16	14,2	$-0,8$	0,64
12	16,4	$-0,8$	0,64	16,2	$-0,6$	0,36	11,5	$-0,9$	0,81	16,3	$+0,5$	0,25	10,3	$+0,4$	0,16
13	19,9	$-0,9$	0,81	14,7	$+1,1$	1,21	16,3	$-1,2$	1,44	16,6	$-1,2$	1,44	12,7	$-0,6$	0,36
14	22,2	$+2,2$	4,84	13,6	$+2,7$	7,39	15,0	$-1,1$	1,21	15,9	$+0,1$	0,01	10,9	$+1,0$	1,00
15	24,5	$-0,7$	0,49	18,0	$-1,1$	1,21	15,7	$+0,3$	0,09	13,3	$+1,7$	2,89	7,8	$+0,3$	0,09
16	24,5	$-1,3$	1,69	20,8	$-0,5$	0,25	16,7	$+1,3$	1,69	14,6	$+0,2$	0,04	8,2	$+0,2$	0,04
17	15,9	$-0,1$	0,01	17,4	$+0,2$	0,04	13,6	$+1,0$	1,00	17,6	$-0,6$	0,36	10,1	$-0,5$	0,25
18	15,0	$-1,0$	1,00	12,9	$+0,5$	0,25	12,7	$+1,2$	1,44	13,9	$+0,3$	0,09	11,8	$+0,6$	0,36
19	12,5	$-0,9$	0,81	15,2	$+0,2$	0,04	14,3	$+0,7$	0,49	13,5	$+0,3$	0,09	13,5	$-1,3$	1,69
20	11,9	$+0,1$	0,01	14,6	$+2,2$	4,84	17,2	$-1,6$	2,56	13,1	$-0,1$	0,01	13,9	$-0,3$	0,09
21	13,6	$+0,2$	0,04	16,1	$-1,1$	1,21	16,7	$-1,4$	1,96	13,4	$-0,2$	0,04	14,6	$+0,9$	0,81
22	15,2	$-0,2$	0,04	14,4	$-0,6$	0,36	23,5	$-0,5$	0,25	14,7	$-1,1$	1,21	8,8	$\pm 0,0$	0,00
22	19,2	$-0,2$	0,04	14,1	$-0,1$	0,01	20,6	$-3,2$	10,24	17,2	$-1,0$	1,00	8,2	$+1,1$	1,21
24	18,4	$+1,0$	1,00	15,7	$-0,3$	0,09	15,5	$-0,1$	0,01	15,6	$-1,0$	1,00	10,3	$-0,1$	0,01
25	12,1	$+0,6$	0,36	14,4	$+1,6$	2,56	15,8	$+0,6$	0,36	11,6	$\pm 0,0$	0,00	9,0	$-0,3$	0,09
26	13,8	$-0,5$	0,25	18,4	$-2,0$	4,00	14,3	$+0,9$	0,81	13,2	$-0,4$	0,16	9,1	$-0,1$	0,01
27	16,5	$+1,0$	1,00	20,2	$-1,6$	2,56	14,1	$-0,1$	0,01	—	—	—	10,0	$-0,8$	0,64
28	14,2	$+0,2$	0,04	20,1	$-0,5$	0,25	18,7	$-0,5$	0,25	—	—	—	7,5	$+0,5$	0,25
29	13,2	$-1,0$	1,00	20,4	$+0,3$	0,09	15,5	$+1,0$	1,00	8,2	$\pm 0,0$	0,00	5,9	$+0,4$	0,16
30	17,7	$+0,9$	0,81	24,5	$-0,5$	0,25	19,3	$+0,3$	0,09	9,1	$-1,0$	1,00	7,4	$-0,4$	0,16
31	18,9	$+2,8$	7,84	—	—	—	—	—	—	10,0	$-0,5$	0,25	—	—	—
Summe	438,5	$-0,4$	43,32	488,6	$+1,7$	30,17	433,6	$+1,5$	36,11	400,9	$+2,8$	25,80	318,3	$+1,4$	11,10

1) Die Werthe der Constanten A und B im Juli und August unterscheiden sich wesentlich von denjenigen in den übrigen Monaten. Dieses Resultat der Berechnung scheint mir jedoch desshalb keine besondere Bedeutung

Betrachten wir wie früher die Differenzen $v - v'$ als Fehler, so erhalten wir hieraus in den einzelnen Monaten folgende mittlere Fehler:

Monate.	$\sqrt{\frac{[(v-v')^2]}{n-2}}$	$100 \cdot \sqrt{\frac{[(v-v')^2]}{n-2}} \cdot \frac{[v]}{n}$
Mai	$\pm 1,3^{mm}$	$\pm 8\%$
Juni	$\pm 1,0$	$\pm 6\%$
Juli	$\pm 1,2$	$\pm 7\%$
August	$\pm 1,0$	$\pm 7\%$
September	$\pm 0,6$	$\pm 6\%$

Die mittleren Fehler sind somit in allen Monaten kleiner geworden, als sie bei der Berechnung der Verdunstungsmengen mit ein und denselben Constanten für die ganze Zeit ausgefallen warer; doch ist die dadurch erzielte bessere Uebereinstimmung bloss in den Monaten Mai und September von grösserer Bedeutung, wo jetzt die mittleren Fehler um etwa 4% kleiner als früher sind; in den übrigen Monaten ist die Uebereinstimmung zwischen den beobachteten und berechneten Verdunstungsmengen im Mittel bloss um etwa 1% besser geworden.

In der folgenden Tabelle VIII sind entsprechend der früheren Tabelle V die mittleren Werthe von S , s und w an allen den Tagen zusammengestellt, wo die Differenz $v - v'$ 10% der Verdunstung überstieg. Die Anzahl dieser Tage hat namentlich in Bezug auf die negativen Differenzen sehr bedeutend abgenommen, und auch die absolute Grösse der Differenzen ist etwas kleiner geworden.

Tabelle VIII.

Monat und Datum.	$v - v'$	$\frac{\Sigma S}{12}$	$\frac{\Sigma s}{12}$	$\frac{\Sigma w}{12}$	$\frac{\Sigma b}{12}$	Monat und Datum.	$v - v'$	$\frac{\Sigma S}{12}$	$\frac{\Sigma s}{12}$	$\frac{\Sigma w}{12}$	$\frac{\Sigma b}{12}$
2. Mai	-2,2	17,4	9,2	19,4	750,0	10. Mai	+3,1	14,8	5,4	16,8	759,1
11. »	-2,2	11,9	3,9	24,0	761,5	31. »	+2,8	13,4	4,1	22,1	761,6
26. Juni	-2,0	20,9	6,4	11,2	750,9	14. Juni	+2,8	19,6	10,2	10,4	755,5
11. Juli	-1,1	18,9	11,1	18,7	751,4	20. »	+2,2	17,2	9,0	16,6	751,2
20. »	-1,6	24,6	13,3	15,9	748,6	25. »	+1,6	17,4	4,9	8,3	753,5
23. »	-3,2	27,0	12,0	12,8	744,7	3. Juli	+2,3	24,5	14,0	13,5	749,1
30. Aug.	-1,0	17,2	9,4	5,7	759,3	7. Aug.	+2,5	20,1	11,6	14,2	753,7
19. Sept.	-1,3	13,6	6,8	27,1	755,6	9. »	+2,1	19,3	11,3	13,3	751,3
Mittel	-1,8	18,9	9,0	16,8	752,8	15. »	+1,7	20,9	11,5	13,4	753,3
						5. Sept.	+1,3	18,1	10,1	8,4	754,7
						23. »	+1,1	15,4	10,1	16,2	755,5
						Mittel	+2,1	18,2	9,3	13,9	754,4

zu haben, weil die Rechnung mit den Constanten $A=0,0702$ und $B=0,00319$ in Tab. II in diesen beiden Monaten nur wenig grössere mittlere Fehler ergibt als die Rechnung mit den für diese Monate speciell abgeleiteten Constanten.

*

Auch die Daten in dieser Tabelle geben keinen Anhaltspunkt für die Annahme, dass die gefundenen Differenzen zwischen den beobachteten und berechneten Werthen der Verdunstung durch eine unrichtige Darstellung des Einflusses von S , s und w auf v in der Dalton-Weilenmann'schen Formel veranlasst sein könnten; wir sehen in der Tabelle positive und negative Differenzen bald bei grossen bald bei kleinen Werthen von S , s und w eintreten. In Bezug auf die Windstärke fällt gegenüber der analogen Tabelle V auf, dass hier die negativen Differenzen im Mittel bei einer grösseren mittleren Windstärke stattfinden als die positiven, während dort gerade das Umgekehrte der Fall war.

Ferner habe ich die Differenzen an den einzelnen Tagen nach den mittleren Windstärken geordnet, ähnlich wie dies in Tabelle VI geschehen war. Ich beschränke mich hier darauf die dabei gefundenen Resultate anzuführen, die noch deutlicher als die früher gefundenen Werthe bestätigen, dass die Differenzen zwischen den beobachteten und berechneten Werthen der Verdunstung nicht der Weilenmann'schen Annahme über den Einfluss der Windstärke auf die Verdunstung zur Last gelegt werden können. Entsprechend den verschiedenen mittleren Windstärken (in Kilometer per Stunde) ergaben sich nämlich folgende mittlere Differenzen:

bei	5 — 10	10 — 15	15 — 20	20 — 25	25 — 30
	$+ 0,2^{mm}$	$+ 0,1^{mm}$	$- 0,1^{mm}$	$+ 0,2^{mm}$	$- 0,1^{mm}$

Weiter habe ich zur Prüfung unserer Formel unter Benutzung der für die einzelnen Monate berechneten Constanten A und B , den *täglichen Gang der Verdunstung* berechnet und denselben mit dem aus den Beobachtungen abgeleiteten Gange verglichen.

Eine solche Prüfung der Formel auf ihre Fähigkeit den täglichen Gang der Verdunstung einigermaassen befriedigend darzustellen schien mir um so interessanter zu sein, als dieselbe meines Wissens früher niemals weder bezüglich der von Weilenmann erweiterten Formel noch in Bezug auf den einfachen Dalton'schen Ausdruck vorgenommen worden ist. Ich habe dazu für alle geraden Tagesstunden die Monatsmittel aus den Werthen von $S - s$ und $(S - s) \cdot w$ gebildet, aus diesen Werthen für je zwei benachbarte Stunden das Mittel genommen und sodann aus demselben mit Hülfe der obigen Constanten die Verdunstung in der Zeit zwischen den beiden Stunden berechnet. In der nachfolgenden Tabelle IX sind für jeden einzelnen Monat die beobachteten und die in der angegebenen Weise berechneten mittleren Werthe von v und v' von je zwei zu zwei Stunden enthalten. Da wir es hier mit Mittelwerthen zu thun haben und die Verdunstung des Nachts in 2 Stunden häufig nur Hundertstel Millimeter beträgt, so gebe ich sowohl v als v' bis auf $0,01^{mm}$ an, ohne jedoch der letzten Stelle einen erheblichen Werth beilegen zu wollen.

Tabelle IX.

Monate.		$12-2^h$	$2-4^h$	$4-6^h$	$6-8^h$	$8-10^h$	$10-12^h$	$12-2^h$	$2-4^h$	$4-6^h$	$6-8^h$	$8-10^h$	$10-12^h$	$12-12^h$
Mai	v	0,38	0,25	0,29	1,10	2,06	2,58	2,86	2,47	1,85	0,92	0,48	0,41	15,65
	v'	0,36	0,31	0,35	0,96	1,96	2,62	2,78	2,41	1,80	1,10	0,57	0,42	15,65
	$v-v'$	+0,02	-0,06	-0,06	+0,14	+0,10	-0,04	+0,08	+0,06	+0,05	-0,18	-0,09	-0,01	$\pm 0,00$
Juni	v	0,14	0,09	0,27	1,08	2,19	2,90	3,10	2,89	2,14	0,98	0,38	0,23	16,39
	v'	0,20	0,15	0,30	1,00	2,01	2,74	3,01	2,76	2,07	1,17	0,54	0,32	16,27
	$v-v'$	-0,06	-0,06	-0,03	+0,08	+0,18	+0,16	+0,09	+0,13	+0,07	-0,19	-0,16	-0,09	+0,12
Juli	v	0,16	0,13	0,25	1,05	2,05	2,83	3,16	2,78	1,95	0,99	0,45	0,31	16,12
	v'	0,24	0,18	0,33	1,03	2,01	2,69	2,92	2,63	1,94	1,11	0,58	0,39	16,06
	$v-v'$	-0,08	-0,05	-0,08	+0,02	+0,04	+0,14	+0,24	+0,15	+0,01	-0,12	-0,13	-0,08	+0,06
August	v	0,03	0,05	0,10	0,79	1,83	2,68	2,92	2,68	1,78	0,65	0,27	0,13	13,91
	v'	0,08	0,06	0,16	0,77	1,82	2,58	2,82	2,51	1,69	0,82	0,35	0,18	13,84
	$v-v'$	-0,05	-0,01	-0,06	+0,02	+0,01	+0,10	+0,10	+0,17	+0,09	-0,17	-0,08	-0,05	+0,07
Sept.	v	0,09	0,10	0,12	0,52	1,43	2,20	2,49	2,09	1,07	0,28	0,14	0,12	10,65
	v'	0,13	0,12	0,12	0,50	1,35	2,09	2,34	2,02	1,18	0,44	0,19	0,13	10,62
	$v-v'$	-0,04	-0,02	$\pm 0,00$	+0,02	+0,08	+0,11	+0,15	+0,07	-0,11	-0,16	-0,05	-0,01	+0,03

Wir finden in dieser Tabelle im Allgemeinen eine unerwartet gute¹⁾ Uebereinstimmung zwischen dem aus den Beobachtungen abgeleiteten und dem durch Rechnung ermittelten täglichen Gange der Verdunstung. Die Lage der Maxima der Verdunstung, die zwischen 12^h Mittags und 2^h p. m. eintreten, und der Minima, die für die Verdunstung meist von 2 bis 4^h a. m. stattfinden, stimmt fast immer genau überein; für die letzteren kommen allerdings einige Abweichungen vor, doch ist dabei zu bemerken, dass die absolute Grösse der Verdunstung zur Zeit des Minimums meist so klein ist, dass eine durchaus innerhalb der Grenze der Beobachtungsfehler liegende Veränderung ihres absoluten Werthes um $\pm 0,02$ die Eintrittszeit des Minimums häufig um volle zwei Stunden verschiebt. Auch das Ansteigen vom Minimum zum Maximum und der darauf folgende Abfall sind für v und v' sehr ähnlich, so dass hiermit der Beweis dafür geliefert ist, dass die Weilenmann'sche Formel nicht nur die hauptsächlichsten Factoren enthält, von denen die Verdunstung abhängt, sondern auch den Einfluss derselben im Allgemeinen richtig darstellt.

Andererseits zeigt sich aber auch bei genauerer Durchsicht der Differenzen von $v-v'$ in Tabelle IX, dass noch andere Elemente bei der Verdunstung mitwirken müssen oder dass die Abhängigkeit der Verdunstung von S , s und w durch die Dalton-Weilenmann'sche Formel nicht absolut exact ausgedrückt wird.

Die Differenzen $v-v'$ ergeben, dass fast ohne Ausnahme von 6^h Morgens bis 6^h Abends die beobachtete Verdunstung die berechnete überwiegt, während umgekehrt von 6^h Abends bis 6^h Morgens die berechneten Werthe der Verdunstung grösser sind als die aus den Beobachtungen abgeleiteten Verdunstungsmengen.

1) Es ist hierbei hervorzuheben, dass für die Berechnung die aus den Tagessummen von $(S-s)$, $(S-s) \cdot w$ und v abgeleiteten Constanten A und B benutzt wurden. Die Uebereinstimmung würde natürlich noch besser ausgefallen sein, wenn die Constanten aus den Monatsmitteln dieser Werthe zu den einzelnen Stunden berechnet worden wären.

Dieser Gang der Differenzen könnte auch vielleicht durch einen bei der Bestimmung der Temperatur des Wassers begangenen principiellen Fehler erklärt werden. Man könnte nämlich annehmen, dass die Oberfläche des Wassers unter der Wirkung der directen Inso-lation eine höhere Temperatur erhalte, als welche das am Boden des Verdunstungsgefässes liegende Thermometer anzeigt; doch müsste zur Erklärung einer Differenz von $+0^{\text{mm}}.15$ zur Mittagszeit die Temperatur der Oberfläche um etwa 1.5° C. höher sein als die nur 20 Mm tiefere Wasserschicht am Boden des Gefässes. Um die Differenzen zwischen dem aus den Beobachtungen hergeleiteten und dem berechneten täglichen Gange der Verdunstung ganz aufzuheben, müsste die Temperatur der Wasseroberfläche eine um 2° bis 3° grössere Tagesamplitude haben, als die Temperatur des Wassers am Boden des Evaporometers. Wie wir auf pag. 16 gesehen haben übertrifft die Amplitude der Temperatur des Wassers nach den Angaben des in demselben liegenden Thermometers die Tagesamplitude der Temperatur der Luft um 4° bis 6° ; würde man daher bei den Berechnungen von der Temperatur der Luft ausgehen, so hätte man eine viel schlechtere Uebereinstimmung zwischen dem beobachteten und berechneten täglichen Gange der Verdunstung zu erwarten, als wir sie in Tabelle IX gefunden haben.

Der Umstand, dass die Temperatur des Wassers nicht in der Verdunstungsschale selbst, sondern in einer in der Nähe derselben aufgestellten Schale, von allerdings genau derselben Form und Grösse, bestimmt wurde, könnte gleichfalls die Veranlassung zu kleinen Unterschieden zwischen dem berechneten und beobachteten täglichen Gange der Verdunstung gewesen sein. Denn ebenso wie die Angaben zweier Thermometer in der Sonne durch eine etwas geänderte Aufstellung nicht unerheblich modificirt werden, so würde auch die Temperatur des Wassers in den beiden Schalen durch eine vielleicht wenig auffallende Verschiedenheit ihrer Aufstellung beeinflusst sein können.

Nachdem durch die vorstehenden Erörterungen nachgewiesen worden ist, dass die Dalton-Weilenmann'sche Formel den Einfluss der Temperatur des Wassers, der absoluten Feuchtigkeit der Luft und der Windstärke auf die Grösse der Verdunstung im Allgemeinen richtig darstellt, hätte mir eine Untersuchung darüber obgelegen, ob sich nicht andere Factoren finden lassen, die gleichfalls auf die Verdunstung einwirken, und die demnach zur Erklärung der grossen mittleren Differenzen und besonders der bedeutenden Abweichungen an einzelnen Tagen dienen könnten. Ich habe auch in der That Untersuchungen in dieser Richtung angestellt, dieselben jedoch wieder aufgegeben, da ich bald erkannte, dass die Hauptursache für die scheinbar ungenügende Uebereinstimmung zwischen den beobachteten und berechneten Verdunstungsmengen in der Unsicherheit der Verdunstungsmessungen selbst zu suchen ist.

Wir hatten bei der Abschätzung der zwischen den beobachteten und berechneten Verdunstungsmengen zu erwartenden Differenzen nur die bei der Bestimmung der Temperatur, der Feuchtigkeit und der Windstärke zulässigen Fehler berücksichtigt, und denselben gegenüber die Fehler bei den Verdunstungsmessungen selbst als kleine Werthe vernachlässigt.

sigt, da die Genauigkeit der einzelnen Ablesungen $\pm 0^{\text{mm}},05$ betrug. Wenn dieses aber in der That die Genauigkeitsgrenze auch für die Resultate der Verdunstungsmessungen wäre, so müssten zwei Evaporometer derselben Construction die in unmittelbarer Nähe von einander aufgestellt sind, auch bis zu dieser Grenze übereinstimmende Verdunstungsmengen ergeben. Das ist nun aber keineswegs der Fall. Auf derselben Latte wie die zu den zweistündlichen Verdunstungsmessungen bestimmte Schale stand eine zweite Schale desselben Evaporometers, an welcher zu den gewöhnlichen Terminen, nämlich um 7^h Morgens, um 1^h Nachmittags und um 9^h Abends die Verdunstungsbeobachtungen angestellt wurden; die Resultate dieser Beobachtungen sind gleichfalls von Herrn F. Dohrandt publicirt¹⁾. Ich habe nach diesen Daten für jeden einzelnen Tag die Verdunstungsmengen von 7^h Morgens des betreffenden Tages bis 7^h Morgens des folgenden Tages abgeleitet und theile dieselben in der folgenden Tabelle X in der Rubrik *a* mit. Aus den zweistündlichen Beobachtungen habe ich gleichfalls für jeden einzelnen Tag die Verdunstungsmengen von 6^h Morgens des Beobachtungstages bis 6^h Morgens am nächsten Tage und ebenso die Verdunstungsmengen von 8^h Morgens bis 8^h Morgens berechnet. Da die Verdunstungsmengen gerechnet von 6^h Morgens von den von 8^h Morgens bis 8^h Morgens gezählten Verdunstungssummen sich meist nur um wenige Zehntel Millimeter unterschieden, so muss das Mittel aus den beiden Zahlen sehr nahe die Verdunstungssumme für die Zeit von 7^h Morgens bis 7^h Morgens repraesentiren. Kleine Fehler von 0,1 bis 0,2 Millimeter die an einem Tage in der einen Richtung dabei begangen werden können, müssen am nächsten Tage mit dem entgegengesetzten Zeichen auftreten und sich in der Monatssumme fast vollständig aufheben. Die auf diese Weise aus den zweistündlichen Beobachtungen abgeleiteten für die Zeit von 7^h Morgens bis 7^h Morgens geltenden Verdunstungsmengen an den einzelnen Tagen sind in der nachstehenden Tabell X in der Columne *b* eingetragen. Diejenigen Tage an denen die Verdunstungsmessungen durch Niederschläge gestört waren, wurden fortgelassen.

1) Beobachtungsmaterial gesammelt von der meteorologischen Abtheilung der wissenschaftlichen Expedition | an den Amu-Darja 1874—75, pag. 157 und 158.

Tabelle X.

Datum.	Mai.				Juni.				Juli.				August.				September.			
	a	b	b-a	(b-a) ²	a	b	b-a	(b-a) ²	a	b	b-a	(b-a) ²	a	b	b-a	(b-a) ²	a	b	b-a	(b-a) ²
1	12,2	12,3	+0,1	0,01	16,8	17,6	+0,8	0,64	18,7	18,0	-0,7	0,49	15,2	14,1	-1,1	1,21	11,2	10,4	-0,8	0,64
2	12,0	12,1	+0,1	0,01	15,8	15,4	-0,4	0,16	18,2	19,5	+1,3	1,69	15,0	14,4	-0,6	0,36	11,6	11,7	+0,1	0,01
3	—	—	—	—	15,6	16,4	+0,8	0,64	16,3	16,7	+0,4	0,16	16,4	15,8	-0,6	0,36	13,4	13,0	-0,4	0,16
4	11,5	12,4	+0,9	0,81	19,4	19,7	+0,3	0,09	—	—	—	—	14,6	13,6	-1,0	1,00	12,4	12,1	-0,3	0,09
5	—	—	—	—	11,2	11,4	+0,2	0,04	—	—	—	—	13,8	13,4	-0,4	0,16	11,4	10,8	-0,6	0,36
6	—	—	—	—	11,9	12,6	+0,7	0,49	—	—	—	—	14,3	13,5	-0,8	0,64	11,6	11,8	+0,2	0,04
7	8,5	8,6	+0,1	0,01	11,5	12,0	+0,5	0,25	—	—	—	—	14,9	14,8	-0,1	0,01	11,9	11,4	-0,5	0,25
8	10,2	11,0	+0,8	0,64	16,6	16,8	+0,2	0,04	17,0	16,9	-0,1	0,01	14,8	13,7	-1,1	1,21	11,4	11,2	-0,2	0,04
9	12,6	12,8	+0,2	0,04	16,4	17,8	+1,4	1,96	14,4	14,6	+0,2	0,04	15,7	14,9	-0,8	0,64	11,8	11,1	-0,7	0,49
10	16,2	19,0	+2,8	7,84	16,2	16,9	+0,7	0,49	17,0	16,8	-0,2	0,04	16,8	16,0	-0,8	0,64	13,2	12,7	-0,5	0,25
11	13,7	14,0	+0,3	0,09	9,5	10,4	+0,9	0,81	11,8	10,7	-1,1	1,21	16,6	15,5	-1,1	1,21	13,3	12,8	-0,5	0,25
12	15,3	15,9	+0,6	0,36	15,1	15,8	+0,7	0,49	10,2	9,9	-0,3	0,09	16,3	16,5	+0,2	0,04	11,4	10,8	-0,6	0,36
13	18,6	19,7	+1,1	1,21	15,7	15,7	±0,0	0,00	15,6	15,0	-0,6	0,36	16,8	15,4	-1,4	1,96	13,1	12,0	-1,1	1,21
14	23,2	24,5	+1,3	1,69	16,2	16,6	+0,4	0,16	15,8	14,6	-1,2	1,44	17,2	16,2	-1,0	1,00	12,6	11,8	-0,8	0,64
15	26,2	26,8	+0,6	0,36	17,4	17,0	-0,4	0,16	17,1	15,5	-1,6	2,56	15,4	14,9	-0,5	0,25	8,0	7,9	-0,1	0,01
16	18,9	18,6	-0,3	0,09	19,4	20,1	+0,7	0,49	20,8	18,1	-2,7	7,29	16,4	15,0	-1,4	1,96	8,8	8,8	±0,0	0,00
17	15,3	16,8	+1,5	2,25	17,4	18,0	+0,6	0,36	14,7	14,2	-0,5	0,25	18,4	17,0	-1,4	1,96	9,3	9,4	+0,1	0,01
18	11,6	12,4	+0,8	0,64	13,2	13,3	+0,1	0,01	14,4	13,9	-0,5	0,25	15,1	14,0	-1,1	1,21	13,4	13,0	-0,4	0,16
19	11,2	11,8	+0,6	0,36	15,5	15,4	-0,1	0,01	15,6	15,2	-0,4	0,16	16,8	14,6	-2,2	4,84	14,6	13,1	-1,5	2,25
20	12,2	12,3	+0,1	0,01	15,2	16,6	+1,4	1,96	16,4	15,7	-0,7	0,49	12,0	11,8	-0,2	0,04	15,5	14,8	-0,7	0,49
21	12,6	14,0	+1,4	1,96	15,5	15,1	-0,4	0,16	17,2	16,4	-0,8	0,64	13,6	13,2	-0,4	0,16	12,2	12,5	+0,3	0,09
22	15,0	15,8	+0,8	0,64	12,7	13,2	+0,5	0,25	24,2	23,0	-1,2	1,44	14,8	13,8	-1,0	1,00	10,0	8,9	-1,1	1,21
23	18,6	19,3	+0,7	0,49	14,2	14,2	±0,0	0,00	18,1	16,5	-1,6	2,56	17,4	16,6	-0,8	0,64	9,5	9,1	-0,4	0,16
24	18,6	19,4	+0,8	0,64	15,6	15,8	+0,2	0,04	16,7	15,8	-0,9	0,81	13,8	14,4	+0,6	0,36	10,8	10,6	-0,2	0,04
25	12,1	12,0	-0,1	0,01	15,1	15,8	+0,7	0,49	16,3	16,3	±0,0	0,00	12,0	11,8	-0,2	0,04	8,0	8,3	+0,3	0,09
26	14,2	14,6	+0,4	0,16	16,2	16,3	+0,1	0,01	15,4	15,2	-0,2	0,04	12,8	12,6	-0,2	0,04	10,0	9,1	-0,9	0,81
27	16,6	16,9	+0,3	0,09	18,6	19,3	+0,7	0,49	15,5	14,8	-0,7	0,49	—	—	—	—	10,7	9,9	-0,8	0,64
28	12,8	13,0	+0,2	0,04	18,4	18,9	+0,5	0,25	17,6	16,9	-0,7	0,49	—	—	—	—	7,1	7,4	+0,3	0,09
29	12,6	12,4	-0,2	0,04	19,4	21,3	+1,9	3,61	17,6	17,3	-0,3	0,09	7,4	7,8	+0,4	0,16	6,6	6,2	-0,4	0,16
30	17,8	22,3	+4,5	20,25	23,3	23,8	+0,5	0,25	23,4	23,7	+0,3	0,09	8,4	8,2	-0,2	0,04	7,5	6,6	-0,9	0,81
31	18,4	19,6	+1,2	1,44	—	—	—	—	—	—	—	—	9,6	9,5	-0,1	0,01	—	—	—	—
Summe	418,7	440,3	+21,6	42,18	475,0	489,2	+14,2	14,80	436,0	421,2	-14,8	23,18	422,3	403,0	-19,3	23,15	332,3	319,2	-13,1	11,81

Aus den Daten dieser Tabelle ist zunächst ersichtlich, dass die beiden Evaporometer-schalen keineswegs übereinstimmende Monatssummen der Verdunstung ergeben, sondern erhebliche Differenzen bis zu 5% des Gasamtwertes der monatlichen Verdunstung aufweisen. Die Differenzen zwischen der Verdunstung nach den beiden Schalen erfolgen ferner nicht in allen Monaten im gleichen Sinn: während im Mai und Juni die Summe der Verdunstung aus der Schale, die zu den zweistündlichen Beobachtungen benutzt wurde, die Verdunstung aus der Schale übertrifft, die zu den Terminbeobachtungen um 7^h a. m., 1^h und 9^h p. m. diente, findet in den Monaten Juli, August und September das entgegengesetzte Verhältniss statt. Beim Vergleich dieser Differenzen von $b - a$ mit den in der Tabelle II enthaltenen Differenzen $v - v'$ zwischen der beobachteten und berechneten monatlichen Verdunstung finden wir, dass diese Differenzen im gleichen Sinn erfolgen, wenn sie auch ihrer absoluten Grösse nach nicht vollkommen übereinstimmen. Beim Vergleich dieser Differenzen an den einzelnen Tagen finden wir weiter, dass an einer bedeutenden Anzahl

von Tagen, an denen die Differenzen von $v - v'$ einen grossen Werth erreichen, auch grosse Differenzen $b - a$ im gleichen Sinn auftreten. Hieraus scheint hervorzugehen, dass die Variation der Differenzen $v - v'$ für die einzelnen Monate und ihr Uebergang von positiven zu negativen Werthen wohl kaum durch die Einwirkung eines der meteorologischen Elemente hervorgerufen ist, sondern die Ursache derselben hauptsächlich darin zu suchen ist, dass die zu den zweistündlichen Beobachtungen benutzte Schale aus irgend einem Grunde allmählig immer kleinere Verdunstungsmengen bei gleichen meteorologischen Zuständen angab. Ebenso sind an einer grossen Anzahl von Tagen die bedeutenderen Werthe der Differenzen von $v - v'$ nicht durch die Unrichtigkeit der Formel oder durch Nichtberücksichtigung anderer meteorologischer Factoren zu erklären, sondern einfach auf die Unsicherheit¹⁾ bei den Verdunstungsmessungen resp. auf die auf pag. 10 erwähnten gröberen Beobachtungsfehler zurückzuführen.

Wenn wir die Differenzen $b - a$ als bei den Verdunstungsmessungen begangene Fehler auffassen, so erhalten wir aus den in Tabelle X enthaltenen Summen der Fehlerquadrate folgende mittlere Fehler in den einzelnen Monaten.

Monate.	$\sqrt{\frac{[(b-a)^2]}{n-1}}$	$100 \cdot \sqrt{\frac{[(b-a)^2]}{n-1}} : \frac{[b]}{n}$
Mai	$\pm 1,2$ ^{mm}	8%
Juni	$\pm 0,7$	4%
Juli	$\pm 1,0$	6%
August	$\pm 0,9$	7%
September	$\pm 0,6$	6%

Vergleichen wir diese mittleren Fehler mit den auf pag. 18 mitgetheilten mittleren Fehlern, die sich aus den Beobachtungsfehlern bei der Bestimmung der Temperatur des Wassers, der Feuchtigkeit der Luft und der Windstärke einerseits und den Fehlern der Verdunstungsmessungen andererseits zusammensetzen, so finden wir, dass die Fehler bei den Verdunstungsmessungen nahezu die Hälfte des gesammten mittleren Fehlers veranlassen. Da die hiernach übrigbleibenden mittleren Fehler von ungefähr derselben Grösse, wie die durch die Unsicherheit der Verdunstungsmessungen veranlassten Fehler, grössten Theils

1) Die Ursache dieser Unsicherheit der Beobachtungen über die Verdunstung ist sicher nicht in der Construction der betreffenden Evaporometer zu suchen, die allen billiger Weise zu stellenden Anforderungen genügen dürften, sondern darin, dass scheinbar unbedeutende Verschiedenheiten in der Exposition der Instrumente schon merkliche Veränderungen in der Verdunstung hervorrufen können. Wenn daher in der Folge von Beobachtungsfehlern bei den Verdunstungsmessungen die Rede sein wird, so ist dieser Ausdruck in diesem Sinne

zu verstehen. In neuerer Zeit haben die im Central-Observatorium zur Verwendung kommenden Wagevaporometer eine derartige Einrichtung erhalten, dass in ihnen das Niveau des Wassers constant erhalten und ferner die Temperatur des Wassers direct in der Verdunstungsschale gemessen wird. Die mit diesen verbesserten Evaporometern gemessenen Verdunstungsmengen werden voraussichtlich eine bessere Uebereinstimmung mit den nach der Formel berechneten Verdunstungsgrössen ergeben.

auf die Ungenauigkeit bei der Bestimmung der erwähnten die Verdunstung beeinflussenden Elemente zurückgeführt werden können, so schienen mir weitere Untersuchungen über den etwaigen Einfluss anderer Factoren auf die Verdunstung auf Grund des vorliegenden Beobachtungsmaterials keine Aussicht auf Erfolg zu haben; falls auch durch Einführung anderer Elemente in die Formel eine bessere Uebereinstimmung zwischen den beobachteten und berechneten Verdunstungsmengen erzielt würde, so könnte das Resultat einer derartigen Untersuchung als innerhalb der Grenze der Beobachtungsfehler liegend nur eine sehr geringe Sicherheit haben.

Nach den vorstehenden Erörterungen ergibt sich somit als Schlussresultat, dass die Dalton-Weilenmann'sche Formel die Abhängigkeit der Verdunstung im Freien von der Temperatur des verdunstenden Wassers, der absoluten Feuchtigkeit der Luft und der Windstärke nach den in Nukuss angestellten Beobachtungen bis auf etwa $\pm 10\%$ des Gesamtwertes der Verdunstung richtig darstellt, und dass somit die Verdunstungsmengen aus den bezeichneten Elementen bis auf diese Grenze genau nach der Formel berechnet werden können. Die übrig bleibenden, im Mittel $\pm 10\%$ der Verdunstung betragenden Abweichungen können zum grössten Theil durch Beobachtungsfehler beim Bestimmen der Temperatur des Wassers, der Feuchtigkeit und der Windstärke einerseits und durch die Unsicherheit der Verdunstungsmessungen andererseits erklärt werden.

III. Anwendung der Formel auf die Verdunstungsbeobachtungen im Schatten.

Ausser den Verdunstungsbeobachtungen in der Sonne wurden in Nukuss auch Messungen über die Verdunstung im Schatten angestellt, zu denen eine in der Psychrometerhütte nahezu im gleichen Niveau mit den Thermometerkugeln des Psychrometers 3 Meter über dem Boden aufgestellte Schale desselben Wagevaporometers benutzt wurde, die dort gegen Niederschläge und directe Sonnenstrahlen geschützt war; die Ablesungen wurden um 7^h a. m., 1^h und 9^h p. m. gemacht und die Resultate dieser Beobachtungen sind in dem bereits mehrfach citirten Sammelwerk von Herr F. Dohrandt auf pag. 163 — 165 publicirt. Im Anschluss an diese Messungen liess Herr Dohrandt vom Mai bis October zweistündliche Beobachtungen über die Temperatur des verdunstenden Wassers im Schatten anstellen, zu denen ein einfaches Thermometer diente, welches in einer zweiten gleichfalls im Schatten aufgestellten Schale von genau derselben Form und Grösse lag, wie die zu den Verdunstungsmessungen benutzte. Bei einer im Juni 1875 vorgenommenen Verification des Thermometers fand Herr Dohrandt folgende Correctionen:

bei	15°	25°	30°	40°
	— 0,4	— 0,1	$\pm 0,0$	+ 0,6

Da Temperaturen über 30°C. kaum beobachtet wurden — die höchste gemessene Temperatur des Wassers in der Evaporometerschale im Schatten betrug $30,5^{\circ}\text{C.}$ — so wurden hiernach folgende Correctionsgrößen angenommen, welche an die directen Angaben des Thermometers angebracht worden sind:

Correctionen:

bei Temperaturen bis $+16,6$	— 0,4
von $16,7$ — $20,0$	— 0,3
» $21,1$ — $23,1$	— 0,2
» $23,2$ — $25,0$	— 0,1
höher als $25,1$	$\pm 0,0$

Da man bei der Discussion von Verdunstungsbeobachtungen einerseits vielfach von der maximalen Spannkraft des Wasserdampfes für die Temperatur der Luft ausgegangen ist und andererseits Herr A. Weilenmann seinen Untersuchungen die vom nassen Thermometer angezeigte Temperatur zu Grunde gelegt hat, so gebe ich im Nachfolgenden eine vergleichende Zusammenstellung der Monatsmittel der Temperatur t des verdunstenden Wassers in der Evaporometerschale, der Temperatur t' der Luft und der Temperatur t'' des feuchten Thermometers.

Tabelle XI.

Monate.	2 ^h a.m.	4 ^h a.m.	6 ^h a.m.	8 ^h a.m.	10 ^h a.m.	12 ^h Mittag.	2 ^h p.m.	4 ^h p.m.	6 ^h p.m.	8 ^h p.m.	10 ^h p.m.	12 ^h Mittern.	Mittel.	
Mai	t	12,1	11,0	12,5	16,6	18,8	20,0	20,7	20,1	19,2	16,0	14,1	12,9	16,2
	t'	13,9	12,6	14,6	20,2	23,5	25,3	26,2	25,7	24,1	19,1	16,5	14,9	19,7
	t''	10,0	9,1	10,8	13,0	14,2	14,9	15,2	15,2	14,7	12,9	11,6	10,7	12,7
	$\frac{t'+t''}{2}$	12,0	10,8	12,7	16,6	18,8	20,1	20,7	20,4	19,4	16,0	14,0	12,8	16,2
Juni	t	13,2	12,4	15,0	19,2	21,5	22,4	22,8	22,7	22,1	19,0	16,4	14,8	18,5
	t'	14,6	13,5	17,0	23,4	27,3	29,2	30,0	29,6	27,9	22,4	18,9	16,6	22,5
	t''	11,6	10,8	12,9	15,5	16,4	16,5	16,5	16,6	16,7	15,1	13,6	12,6	14,6
	$\frac{t'+t''}{2}$	13,1	12,2	15,0	19,4	21,8	22,8	23,2	23,1	22,3	18,8	16,2	14,6	18,6
Juli	t	18,5	18,0	19,6	22,7	24,7	25,5	25,9	26,0	25,0	22,4	20,4	19,4	22,3
	t'	20,4	19,6	21,7	26,6	30,1	32,0	32,9	32,6	30,2	25,8	23,1	21,5	26,4
	t''	16,8	16,5	17,7	19,6	20,4	20,5	20,7	21,1	20,8	19,3	18,0	17,3	19,1
	$\frac{t'+t''}{2}$	18,6	18,0	19,7	23,1	25,2	26,2	26,8	26,8	25,5	22,6	20,6	19,4	22,8
August	t	16,3	15,6	15,9	19,6	21,9	22,8	23,1	23,1	22,3	19,7	18,2	17,2	19,6
	t'	17,3	16,6	17,4	23,4	27,4	29,2	29,8	29,4	27,0	22,6	20,3	18,6	23,2
	t''	15,3	14,5	14,8	17,2	18,2	18,4	18,5	18,9	18,9	17,5	16,5	16,0	17,1
	$\frac{t'+t''}{2}$	16,3	15,6	16,1	20,3	22,8	23,8	24,2	24,2	23,0	20,0	18,4	17,3	20,2
Sept.	t	11,5	10,5	10,0	14,3	17,6	18,8	19,4	19,4	17,9	14,8	13,2	12,0	14,9
	t'	13,3	12,0	11,6	18,2	23,3	25,8	27,0	26,4	21,8	17,5	15,0	13,7	18,8
	t''	10,5	9,5	9,2	12,9	14,9	15,5	15,9	16,1	15,3	13,2	11,9	11,0	13,0
	$\frac{t'+t''}{2}$	11,9	10,8	10,4	15,6	19,1	20,6	21,8	21,2	18,6	15,4	13,4	12,4	15,9

*

Wie man aus den Daten dieser Tabelle ersieht, bleibt die Temperatur des verdunstenden Wassers in dem Evaporometer im Schatten im Laufe des ganzen Tages niedriger als die Temperatur der Luft und höher als die Temperatur des nassen Thermometers. In den beiden ersten Monaten liegt sie fast genau in der Mitte zwischen diesen Temperaturen, so dass das Mittel $\frac{t' + t''}{2}$ aus denselben bis auf wenige Zehntel Grade mit der Temperatur des verdunstenden Wassers übereinstimmt; in den folgenden Monaten und namentlich im September nähert sie sich jedoch etwas mehr der Temperatur des nassen Thermometers, so dass die Temperatur des verdunstenden Wassers um 1 bis 2° C. niedriger ist als die Werthe von $\frac{t' + t''}{2}$. Die Tagesamplitude der Temperatur des Wassers im Schatten ist dem entsprechend um etwa 4—6° kleiner als die Amplitude der Temperatur der Luft, während bei dem im Freien aufgestellten Evaporometern das entgegengesetzte Verhältniss beobachtet worden war.

Nach den Psychrometertafeln wurden die den Temperaturen des verdunstenden Wassers entsprechenden maximalen Spannkraften S aufgeschlagen, und sodann für jede gerade Tagesstunde die Werthe von $S - s$ und $(S - s) \cdot w$ gebildet, aus denen dann weiter für jeden einzelnen Tag gerechnet von 12^h Mittags des betreffenden Tages bis 12^h Mittags des nächsten Tages die Summen $\Sigma(S - s)$ und $\Sigma(S - s) \cdot w$ nach dem Schema:

$$\frac{1}{2}12^h + 2^h + 4^h + 6^h + 8^h + 10^h + 12^h + 2^h + 4^h + 6^h + 8^h + 10^h + \frac{1}{2}12^h$$

abgeleitet wurden.

Da die Verdunstungsbeobachtungen nur um 7^h Morgens, 1^h Nachmittags und 9^h Abends angestellt worden sind und die Tagessummen der Verdunstung von 1^h p. m. des Beobachtungstages bis 1^h p. m. des folgenden Tages gerechnet sind, so gelten die in der bezeichneten Weise gebildeten Summen von $S - s$ und $(S - s) \cdot w$ nicht streng für dieselben Termine, wie die Verdunstungssummen. Hierdurch werden zwischen den beobachteten und berechneten Verdunstungsmengen Differenzen hervorgerufen werden müssen, und zwar werden dieselben so viel betragen, um wie viel die Verdunstung von 12^h bis 1^h des betreffenden Tages von der Verdunstung in derselben Stunde am folgenden Tage abweicht. Da nun keine stündlichen Beobachtungen der Verdunstung im Schatten angestellt worden sind, so lässt sich die genaue Grösse der hierdurch veranlassten Differenzen nicht bestimmen. Nach den zweistündlichen Verdunstungsbeobachtungen in Petro-Alexandrowsk, die von Herrn Dohrandt in seinem Sammelwerk auf pag. 240 und 241 veröffentlicht sind, können wir indessen die Grösse dieser Differenzen wenigstens annähernd schätzen. Nimmt man nämlich die Differenzen zwischen den im Schatten täglich von 11^h a. m. bis 1^h p. m. beobachteten Verdunstungsmengen von einem Tage zum andern, so muss das Mittel aus denselben nahezu die doppelte Grösse der gesuchten mittleren Differenz haben. Aus den in Petro-Alexandrowsk im Juni, Juli und August angestellten zweistündlichen Verdunstungsbeobachtungen im Schatten habe ich so gefunden, dass die Differenz zwischen den berechneten

und beobachteten Tagessummen der Verdunstung wegen der abweichenden Termine im Mittel etwa $\pm 0^{\text{mm}},2$ betragen muss. Ferner habe ich noch einen zweiten indirecten Weg eingeschlagen um zu einer Schätzung der durch die verschiedene Tagesrechnung veranlassten Differenzen zu gelangen. Ich führte nämlich nach Weilenmanns Vorgang eine Berechnung der Verdunstungsbeobachtungen auf Grund der Beobachtungen am nassen Thermometer aus, indem ich die den Temperaturen des nassen Thermometers entsprechenden maximalen Spannkkräfte S'' aufschlug und sodann für jede einzelne Tagesstunde die Werthe von $S'' - s$ und $(S'' - s) \cdot w$ berechnete. Aus diesen Werthe bildete ich weiter die genau für den von 1^h Nachmittag bis 1^h Nachmittags gerechneten Tag geltenden Summen von $S'' - s$ und $(S'' - s) \cdot w$ nach dem Schema:

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2}1^h + 2^h + 3^h + 4^h + 5^h + 6^h + 7^h + 8^h + 9^h + 10^h + 11^h + 12^h + 1^h + 2^h + 3^h \\ & + 4^h + 5^h + 6^h + 7^h + 8^h + 9^h + 10^h + 11^h + 12^h + \frac{1}{2}1^h \end{aligned}$$

andererseits leitete ich diese Summen entsprechend dem Tage von 12^h Mittags bis 12^h Mittags nach dem früheren Schema ab:

$$\frac{1}{2}12^h + 2^h + 4^h + 6^h + 8^h + 10^h + 12^h + 2^h + 4^h + 6^h + 8^h + 10^h + \frac{1}{2}12^h$$

Aus den in Nukuss im Mai 1875 angestellten Verdunstungsbeobachtungen im Schatten berechnete ich nach der Methode der kleinsten Quadrate die Constanten A und B zuerst auf Grund der Summen nach dem ersteren und sodann nach dem letzteren Schema, und weiter die Verdunstungssummen an den einzelnen Tagen. Ich erhielt so für die berechneten Verdunstungsmengen nach der ersten Methode einen mittleren Fehler von $\pm 1^{\text{mm}},6$ oder 15% der Verdunstung, und nach der zweiten Methode einen mittleren Fehler von $\pm 1^{\text{mm}},8$ oder 17%¹⁾. Es ist indessen hierbei zu berücksichtigen, dass die Rechnung auf Grund des ersten Schema's schon desswegen etwas genauere Resultate ergeben muss, weil demselben stündliche Beobachtungen zu Grunde liegen und die $\Sigma(S'' - s)$ und $\Sigma(S'' - s) \cdot w$ daher genauer den wahren Werth der Integrale $\int(S'' - s) dt$ und $\int(S'' - s) \cdot w dt$ repräsentiren als dies bei der Berechnung aus zweistündlichen Beobachtungen der Fall sein wird.

In der folgenden Tabelle XII sind die in der oben angegebenen Weise aus den Beobachtungen der Temperatur des verdunstenden Wassers, der absoluten Feuchtigkeit der Luft und der Windstärke berechneten Werthe von $\Sigma(S - s)$ und $\Sigma(S - s) \cdot w$, sowie die beobachteten Verdunstungsmengen v für jeden einzelnen Tag gegeben; ausgeschlossen wurden nur die Beobachtungen am 30. Juli, wo gröbere Fehler²⁾ bei den Verdunstungsmessungen

1) Bei der Berechnung aus den zweistündlichen Beobachtungen ergaben sich für die Constanten folgende Werthe:

$$\begin{aligned} A &= 0,093 \\ B &= 0,00634. \end{aligned}$$

2) An diesem Tage ist für die Verdunstung von 9^h

Abends bis 7^h Morgens 7^{mm},4} angegeben, während dieselbe zu dieser Tageszeit im Mittel nur etwa 2^{mm}} beträgt da jedoch die Temperatur der Luft bei grosser Trockenheit in der That ziemlich hoch war, so ist diese Angabe noch weniger auffallend, als die am selben Tage von 7^h a. m. bis 1^h p. m. gefundene ungemein grosse Verdun-

gemacht worden zu sein scheinen. Nach den bei den Beobachtungen über die Verdunstung in der Sonne gemachten Erfahrungen, habe ich hier die Constanten A und B aus diesen Daten für jeden Monat besonders berechnet. Nach der Methode der kleinsten Quadrate ergaben sich in den einzelnen Monaten folgende Normalgleichungen und aus denselben hervorgehende Werthe der Constanten A und B :

Monate.	Normalgleichungen.	Constante.	
		A	B
Mai (31 Tage)	$\begin{cases} A \times 257804,0 + B \times 4498612 - 30998,3 = 0 \\ A \times 4498612 + B \times 87042194 - 577264,2 = 0 \end{cases}$	0,0459	0,00426
Juni (30 Tage)	$\begin{cases} A \times 349434,8 + B \times 5119618 - 32648,8 = 0 \\ A \times 5119618 + B \times 79540562 - 492285,6 = 0 \end{cases}$	0,0483	0,00308
Juli (30 Tage)	$\begin{cases} A \times 312820,6 + B \times 4925907 - 30876,8 = 0 \\ A \times 4925907 + B \times 83415735 - 508098,7 = 0 \end{cases}$	0,0398	0,00374
Aug. (31 Tage)	$\begin{cases} A \times 202106,4 + B \times 3266507 - 22342,2 = 0 \\ A \times 3266507 + B \times 56528535 - 377679,1 = 0 \end{cases}$	0,0388	0,00444
Sept. (30 Tage)	$\begin{cases} A \times 126472,1 + B \times 1951309 - 15420,6 = 0 \\ A \times 1951309 + B \times 32208381 - 250596,2 = 0 \end{cases}$	0,0289	0,00603

Die mit diesen Constanten berechneten Werthe von $A\Sigma(S-s)$ und $B\Sigma(S-s).w$ sowie die durch Summation derselben erhaltenen Werthe der berechneten Verdunstung v' sind gleichfalls in der nachstehenden Tabelle XII enthalten.

stung von 10^m , da hier bei Regen und Gewitter eine starke Zunahme der Feuchtigkeit bei raschem Sinken der Temperatur stattfand. Im Ganzen sollen $23^m, 3$ verdunstet sein, während die für diesen Tag berechnete Verdunstung bloss $14^m, 5$ beträgt.

Tabelle XII.

Mai.

Datum.	$\Sigma(S-s)$	$\Sigma(S-s).w$	$A. \Sigma(S-s)$	$B. \Sigma(S-s).w$	v'	v	$v-v'$	$(v-v')^2$
1	81,2	948	3,73	4,04	7,8	6,8	-1,0	1,00
2	82,3	1709	3,78	7,28	11,1	11,5	+0,4	0,16
3	40,0	1325	1,84	5,64	7,5	11,4	+3,9	15,21
4	66,0	1068	3,03	4,55	7,6	6,4	-1,2	1,44
5	46,1	900	2,12	3,83	6,0	4,4	-1,6	2,56
6	30,5	640	1,40	2,73	4,1	8,9	+4,8	23,04
7	76,1	558	3,49	2,38	5,9	6,6	+0,7	0,49
8	78,4	672	3,60	2,86	6,5	6,8	+0,3	0,09
9	81,4	1414	3,74	6,02	9,8	9,8	$\pm 0,0$	0,00
10	96,2	1837	4,42	7,83	12,2	12,9	+0,7	0,49
11	70,3	1839	3,23	7,83	11,1	10,6	-0,5	0,25
12	88,7	1976	4,07	8,42	12,5	13,4	+0,9	0,81
13	106,7	2520	4,90	10,74	15,6	16,8	+1,2	1,44
14	131,8	3472	6,05	14,79	20,8	19,2	-1,6	2,56
15	153,1	3476	7,03	14,80	21,8	17,6	-4,2	17,64
16	108,8	1658	4,99	7,06	12,0	9,3	-2,7	7,29
17	108,6	1620	4,98	6,90	11,9	11,0	-0,9	0,81
18	72,2	1290	3,31	5,50	8,8	7,6	-1,2	1,44
19	69,0	782	3,17	3,33	6,5	6,4	-0,1	0,01
20	81,2	632	3,73	2,69	6,4	6,6	+0,2	0,04
21	92,7	1050	4,25	4,47	8,7	10,2	+1,5	2,25
22	104,3	1358	4,79	5,79	10,6	12,2	+1,6	2,56
23	119,2	1926	5,47	8,20	13,7	15,2	+1,5	2,25
24	119,2	1458	5,47	6,21	11,7	11,1	-0,6	0,36
25	85,6	888	3,93	3,78	7,7	6,8	-0,9	0,81
26	104,5	1276	4,80	5,44	10,2	11,9	+1,7	2,89
27	89,2	1585	4,09	6,75	10,8	8,8	-2,0	4,00
28	48,6	1088	2,23	4,63	6,9	6,2	-0,7	0,49
29	77,6	1137	3,56	4,84	8,4	9,8	+1,4	1,96
30	101,6	2804	4,66	11,95	16,6	19,6	+3,0	9,00
31	98,0	1760	4,50	7,50	12,0	14,0	+2,0	4,00
Summe	2709,1	46666	124,36	198,78	323,2	329,8	+6,6	107,34

Juni.

Datum.	$\Sigma(S-s)$	$\Sigma(S-s).w$	$A. \Sigma(S-s)$	$B. \Sigma(S-s).w$	v'	v	$v-v'$	$(v-v')^2$
1	104,8	1785	5,06	5,50	10,6	11,4	+0,8	0,64
2	104,4	1513	5,04	4,66	9,7	12,2	+2,5	6,25
3	132,3	1189	6,39	3,66	10,0	9,9	-0,1	0,01
4	129,5	2062	6,25	6,35	12,6	10,8	-1,8	3,24
5	69,6	1216	3,36	3,74	7,1	6,6	-0,5	0,25
6	59,0	1146	2,85	3,53	6,4	6,9	+0,5	0,25
7	83,2	1080	4,02	3,33	7,4	8,2	+0,8	0,64
8	107,4	1994	5,19	6,14	11,3	12,7	+1,4	1,96
9	104,6	1726	5,05	5,32	10,4	10,6	+0,2	0,04
10	105,8	1164	5,11	3,58	8,7	9,8	+1,1	1,21
11	100,4	1024	4,85	3,15	8,0	7,8	-0,2	0,04
12	108,2	1432	5,23	4,41	9,6	9,6	$\pm 0,0$	0,00
13	86,7	1317	4,19	4,06	8,2	9,1	+0,9	0,81
14	103,7	1488	5,01	4,58	9,6	10,2	+0,6	0,36
15	109,2	1962	5,27	6,04	11,3	12,8	+1,5	2,25
16	129,0	2213	6,23	6,82	13,0	12,6	-0,4	0,16
17	113,1	1536	5,46	4,73	10,2	9,0	-1,2	1,44
18	96,4	1226	4,66	3,78	8,4	7,8	-0,6	0,36
19	104,6	1496	5,05	4,61	9,7	9,2	-0,5	0,25
20	79,5	1854	3,84	5,71	9,6	8,0	-1,6	2,56
21	115,8	1130	5,59	3,48	9,1	7,4	-1,7	2,89
22	73,7	1446	3,56	4,45	8,0	7,8	-0,2	0,04
23	72,4	1506	3,50	4,64	8,1	7,6	-0,5	0,25
24	110,6	1292	5,34	3,98	9,3	8,5	-0,8	0,64
25	129,4	1172	6,25	3,61	9,9	10,4	+0,5	0,25
26	127,4	1436	6,15	4,42	10,6	10,5	-0,1	0,01
27	132,4	1878	6,39	5,78	12,2	12,2	$\pm 0,0$	0,00
28	121,0	1746	5,84	5,38	11,2	11,4	+0,2	0,04
29	130,8	2386	6,32	7,35	13,7	14,0	+0,3	0,09
30	133,5	2791	6,45	8,60	15,0	14,4	-0,6	0,36
Summe	3178,4	47206	153,50	145,39	298,9	299,4	+0,5	27,29

Juli.

Datum.	$\Sigma(S-s)$	$\Sigma(S-s).w$	$A.\Sigma(S-s)$	$B.\Sigma(S-s).w$	v'	v	$v-v'$	$(v-v')^2$
1	127,0	1675	5,05	6,26	11,3	9,9	-1,4	1,96
2	128,1	1519	5,10	5,68	10,8	9,6	-1,2	1,44
3	103,4	1472	4,12	5,51	9,6	9,0	-0,6	0,36
4	99,4	1850	3,96	6,92	10,9	10,6	-0,3	0,09
5	86,0	1639	3,42	6,13	9,6	9,0	-0,6	0,36
6	98,7	920	3,93	3,44	7,4	7,6	+0,2	0,04
7	92,8	1182	3,69	4,42	8,1	9,0	+0,6	0,81
8	86,7	2144	3,45	8,02	11,5	11,4	-0,1	0,01
9	87,6	2208	3,49	8,26	11,8	11,3	-0,5	0,25
10	98,4	2204	3,92	8,24	12,2	10,8	-1,4	1,96
11	78,1	1500	3,11	5,61	8,7	8,6	-0,1	0,01
12	74,2	1550	2,95	5,80	8,8	8,6	-0,2	0,04
13	82,0	1408	3,26	5,27	8,5	8,2	-0,3	0,09
14	115,3	954	4,59	3,57	8,2	8,3	+0,1	0,01
15	97,3	1364	3,87	5,10	9,0	9,2	+0,2	0,04
16	102,8	1709	4,09	6,39	10,5	9,8	-0,7	0,49
17	67,3	1166	2,68	4,36	7,0	7,0	$\pm 0,0$	0,00
18	79,2	1368	3,15	5,12	8,3	8,0	-0,3	0,09
19	87,3	1574	3,47	5,89	9,4	9,6	+0,2	0,04
20	94,6	1620	3,76	6,06	9,8	10,2	+0,4	0,16
21	125,1	2348	4,98	8,78	13,8	14,9	+1,1	1,21
22	177,0	2832	7,04	10,59	17,6	18,1	+0,5	0,25
23	130,0	1452	5,17	5,43	10,6	10,8	+0,2	0,04
24	121,0	1101	4,82	4,12	8,9	9,4	+0,5	0,25
25	93,2	1156	3,71	4,32	8,0	7,1	-0,9	0,81
26	89,2	1149	3,55	4,30	7,8	8,4	+0,6	0,36
27	94,2	1984	3,75	7,42	11,2	12,6	+1,4	1,96
28	94,0	1659	3,74	6,20	9,9	9,8	-0,1	0,01
29	104,0	1728	4,14	6,46	10,6	12,4	+1,8	3,24
30	—	—	—	—	—	—	—	—
31	79,8	1900	3,18	7,11	10,3	10,5	+0,2	0,04
Summe	2993,7	48335	119,14	180,78	300,1	299,7	-0,4	16,42

August.

Datum.	$\Sigma(S-s)$	$\Sigma(S-s).w$	$A. \Sigma(S-s)$	$B. \Sigma(S-s).w$	v'	v	$v-v'$	$(v-v')^2$
1	79,4	1260	3,08	5,59	8,7	8,4	-0,3	0,09
2	104,0	1209	4,04	5,37	9,4	8,0	-1,4	1,96
3	112,6	1328	4,37	5,90	10,3	10,2	-0,1	0,01
4	84,8	1148	3,29	5,10	8,4	7,0	-1,4	1,96
5	74,9	940	2,91	4,17	7,1	7,0	-0,1	0,01
6	70,4	1285	2,73	5,70	8,4	8,6	+0,2	0,04
7	76,2	1327	2,96	5,89	8,8	8,4	-0,4	0,16
8	83,0	1388	3,22	6,16	9,4	9,2	-0,2	0,04
9	88,6	1757	3,44	7,80	11,2	10,8	-0,4	0,16
10	86,8	1989	3,37	8,83	12,2	12,6	+0,4	0,16
11	92,0	2044	3,57	9,08	12,6	12,2	-0,4	0,16
12	80,6	2090	3,13	9,28	12,4	12,4	$\pm 0,0$	0,00
13	81,7	1894	3,17	8,41	11,6	10,6	-1,0	1,00
14	83,2	1526	3,23	6,78	10,0	9,3	-0,7	0,49
15	87,2	1363	3,38	6,05	9,4	9,6	+0,2	0,04
16	99,8	1489	3,87	6,61	10,5	11,1	+0,6	0,36
17	105,8	1830	4,10	8,12	12,2	12,0	-0,2	0,04
18	89,4	1147	3,47	5,09	8,6	8,0	-0,6	0,36
19	93,0	1302	3,61	5,78	9,4	9,6	+0,2	0,04
20	63,6	1142	2,47	5,07	7,5	8,2	+0,7	0,49
21	77,6	1446	3,01	6,42	9,4	9,4	$\pm 0,0$	0,00
22	75,7	1410	2,94	6,26	9,2	11,1	+1,9	3,61
23	92,6	1807	3,59	8,02	11,6	13,1	+1,5	2,25
24	89,4	1046	3,47	4,64	8,1	7,8	-0,3	0,09
25	60,9	853	2,36	3,79	6,2	5,7	-0,5	0,25
26	66,9	912	2,60	4,05	6,6	7,2	+0,6	0,36
27	50,4	638	1,96	2,83	4,8	6,8	+2,0	4,00
28	18,4	294	0,71	1,30	2,0	2,3	+0,3	0,09
29	41,6	338	1,61	1,50	3,1	3,6	+0,5	0,25
30	64,7	370	2,51	1,64	4,2	4,6	+0,4	0,16
31	56,3	435	2,18	1,93	4,1	4,8	+0,7	0,49
Summe	2431,5	39007	94,35	173,16	267,4	269,6	+2,2	19,12

September.

Datum.	$\Sigma(S-s)$	$\Sigma(S-s).w$	$A.\Sigma(S-s)$	$B.\Sigma(S-s).w$	v'	v	$v-v'$	$(v-v')^2$
1	64,0	764	1,84	4,61	6,4	7,0	+0,6	0,36
2	56,8	928	1,64	5,60	7,2	7,7	+0,5	0,25
3	81,7	1406	2,36	8,48	10,8	11,2	+0,4	0,16
4	59,8	931	1,73	5,61	7,3	7,4	+0,1	0,01
5	65,9	664	1,90	4,00	5,9	6,6	+0,7	0,49
6	68,2	1062	1,97	6,40	8,4	8,4	$\pm 0,0$	0,00
7	64,9	1434	1,88	8,65	10,5	10,3	-0,2	0,04
8	56,8	1170	1,64	7,06	8,7	8,8	+0,1	0,01
9	74,2	920	2,14	5,55	7,7	9,7	+2,0	4,00
10	96,8	1277	2,80	7,70	10,5	9,6	-0,9	0,81
11	82,8	1110	2,39	6,69	9,1	7,8	-1,3	1,69
12	59,4	1023	1,72	6,17	7,9	8,6	+0,7	0,49
13	98,0	1124	2,83	6,78	9,6	8,1	-1,5	2,25
14	37,8	872	1,09	5,26	6,4	5,6	-0,8	0,64
15	33,4	548	0,97	3,30	4,3	4,4	+0,1	0,01
16	60,1	765	1,74	4,61	6,4	7,2	+0,8	0,64
17	76,8	866	2,22	5,22	7,4	8,0	+0,6	0,36
18	73,8	1412	2,13	8,51	10,6	12,6	+2,0	4,00
19	62,2	1718	1,80	10,36	12,2	12,6	+0,4	0,16
20	94,6	1871	2,73	11,28	14,0	12,7	-1,3	1,69
21	61,6	1000	1,78	6,03	7,8	6,2	-1,6	2,56
22	40,9	790	1,18	4,76	5,9	6,0	+0,1	0,01
23	42,6	826	1,23	4,98	6,2	6,4	+0,2	0,04
24	61,7	1011	1,78	6,10	7,9	8,6	+0,7	0,49
25	55,6	522	1,61	3,15	4,8	5,3	+0,5	0,25
26	73,4	800	2,12	4,82	6,9	6,6	-0,3	0,09
27	60,8	834	1,78	5,03	6,8	6,2	-0,6	0,36
28	34,7	667	1,00	4,02	5,0	4,5	-0,5	0,25
29	38,6	611	1,12	3,68	4,8	5,0	+0,2	0,04
30	36,4	557	1,05	3,36	4,4	4,0	-0,4	0,16
Summe	1874,3	29483	54,17	177,77	231,8	233,1	+1,3	22,31

*

Leiten wir aus diesen Daten, ebenso wie dies bei der Betrachtung der Verdunstung in der Sonne geschah, die mittleren Fehler in den einzelnen Monaten ab, so erhalten wir:

Monate.	$\sqrt{\frac{[(v - v')^2]}{n - 2}}$	$100 \cdot \sqrt{\frac{[(v - v')^2]}{n - 2}} : \frac{[v]}{n}$
Mai	$\pm 1,9$	$\pm 18\%$
Juni	$\pm 1,0$	$\pm 10\%$
Juli	$\pm 0,8$	$\pm 8\%$
August	$\pm 0,8$	$\pm 9\%$
September	$\pm 0,9$	$\pm 11\%$

Beim Vergleich mit den auf Seite 27 mitgetheilten mittleren Fehlern für die Verdunstung in der Sonne zeigt sich, dass die mittleren Fehler für die Verdunstung im Schatten absolut genommen im Juli und August kleiner sind, im Juni etwa dieselbe Grösse besitzen und im Mai und September grösser sind als die betreffenden Werthe für die Verdunstung in der Sonne; im Allgemeinen kann man sagen, dass die absolute Grösse der mittleren Fehler hier und dort nahezu dieselbe ist. Da nun aber die Gesamtmenge der Verdunstung im Schatten erheblich kleiner als diejenige der Verdunstung in der Sonne ist, so sind die mittleren Fehler für die Verdunstung im Schatten relativ beträchtlich grösser als die mittleren Fehler für die Verdunstung in der Sonne; im Mai und September sind sie sogar fast doppelt so gross. Dieses Verhalten hat augenscheinlich seinen Grund in der Aufstellung des Evaporometers im Schatten; dadurch, dass im Innern der Hütte, bei gleicher Windgeschwindigkeit im Freien, je nach der Richtung des Windes eine grössere oder geringere Geschwindigkeit der Luftcirculation stattfinden kann, wird ein secundärer die Verdunstung beeinflussender Factor geschaffen, dem die Dalton-Weilenmann'sche Formel keine Rechnung trägt. Da bei der Berechnung der Verdunstungsmengen nach dieser Formel der Einfluss der Windstärke ohne Rücksicht auf die Windrichtung zur Geltung kommt, so müssen in den Fällen, wo der Wind aus den durch die Wände geschützten Richtungen her wehte und demnach in Wirklichkeit ein geringerer Theil der Windstärke auf die Verdunstung im Innern der Hütte Einfluss nehmen konnte als bei den nördlichen Winden, die berechneten Werthe der Verdunstung zu gross ausfallen. Wir sehen in der That auch in vielen solchen Fällen, wie z. B. am 14. und 15. Mai, am 2., 20. und 21. Juni, am 2. August, 10., 11., 13. und 20. September grosse negative Differenzen $v - v'$ eintreten. Es ist indessen zu bemerken, dass dieser störende Einfluss der Windrichtung in Nukuss weniger als vielleicht anderswo zur Geltung kam, da hier vorwiegend Winde aus NW, N und NE herrschten und südliche Winde im Allgemeinen sehr selten in den Monaten vorkamen, in welchen die Verdunstungsbeobachtungen angestellt wurden.

Im Allgemeinen lässt sich also behaupten, dass die Dalton-Weilenmann'sche Formel die Abhängigkeit der Verdunstung in der Hütte von der Temperatur des verdunstenden Wassers, der absoluten Feuchtigkeit der Luft und der Windstärke nach den in Nukuss ange-

stellten Beobachtungen bis auf etwa $\pm 15\%$ des Gesamtwertes der Verdunstung richtig darstellt.

Zum Schluss möchte ich noch eine kurze Vergleichung der Verdunstungsmengen im Freien und in der Hütte anstellen, in so weit sich dieselben aus unserer Formel ihrer absoluten Grösse nach ergeben.

In der Einleitung hatten wir die Vermuthung ausgesprochen, dass durch die Einführung der Temperatur des verdunstenden Wassers in die Formel die Resultate der Verdunstungsbeobachtungen zum Theil von ihrer Abhängigkeit von der Form und Exposition der Evaporometer befreit werden könnten, in so fern nämlich die Temperatur des Wassers in den verschiedenen Apparaten durch diese Momente beeinflusst wird und die Formel diesem Einfluss Rechnung trägt. Dagegen berücksichtigt die Formel diejenigen durch die Aufstellung der Instrumente gebotenen Bedingungen nicht, welche auf die Windstärke modificirend einwirken.

Wenn wir also mit den Constanten A und B , wie wir sie aus den in der Sonne angestellten Verdunstungsbeobachtungen abgeleitet haben, die Verdunstungsmengen in der Hütte aus den im Schatten gemessenen Temperaturen des verdunstenden Wassers, sowie aus der absoluten Feuchtigkeit der Luft und der Windstärke nach unserer Formel berechnen, so sollten die so berechneten und die wirklich beobachteten Verdunstungsmengen nur um jene Grössen differiren, die durch diejenigen Umstände bedingt sind, welche die Windstärke in höherem oder geringerem Grade modificiren; im gegebenen Fall sollten also die mit jenen Constanten berechneten Werthe der Verdunstung im Schatten grösser als die direct beobachteten sein, und da in Nukuss die Winde meist von der ungeschützten Seite der Hütte her wehten, sollte die Grösse der Differenz gewisse Grenzen nicht überschreiten.

Ich habe daher mit den bei der Berechnung der Verdunstung in der Sonne gefundenen Constanten, nämlich $A = 0,0702$ und $B = 0,00319$, aus den in Tabelle XII enthaltenen, aus den Beobachtungen im Schatten gebildeten Monatssummen von $\Sigma(S-s)$ und $\Sigma(S-s) \cdot w$ die Summe V' der Verdunstung in den einzelnen Monaten abgeleitet und wiederhole hier nach jener Tabelle die aus den Beobachtungen direct ermittelten Monats-Summen V der Verdunstung im Schatten:

Monate.	V	V'	$V - V'$
	^{mm}	^{mm}	^{mm}
Mai	329,8	339,0	— 9,2
Juni	299,4	373,7	— 74,3
Juli	299,7	364,3	— 64,6
August	269,6	295,1	— 25,5
September	233,1	225,6	+ 7,5

Wenn wir berücksichtigen, dass selbst bei der Berechnung der monatlichen Verdunstungsmengen in der Sonne, die doch mit den aus den Beobachtungen in der Sonne speciell abgeleiteten Constanten ausgeführt wurde, die Differenzen zwischen den beobachteten und

berechneten Werthen 20^{mm} und selbst 30^{mm} betrugen, so werden die obigen Differenzen nicht besonders gross erscheinen, da dieselben ja zum grössten Theil darauf zurückgeführt werden müssen, dass bei der Verdunstung in der Hütte ein kleinerer Theil der Windstärke zur Geltung kommt, als bei den im Freien angestellten Messungen. Auffallend ist das Eintreten einer positiven Differenz im September; die Grösse derselben ist jedoch so unbedeutend, dass sich kaum irgend welche Schlüsse aus derselben ziehen lassen.

Nachtrag.

Nachdem die vorstehende Abhandlung bereits abgeschlossen und zum Druck vorgestellt worden war, fand ich, dass die zweistündlichen Beobachtungen über die Temperatur des verdunstenden Wassers zusammen mit den stündlichen allgemeinen meteorologischen Beobachtungen in Nukuss noch bis zum 14. October 1875 fortgesetzt worden waren. Da die Temperaturen in diesen letzten 14 Tagen von denjenigen in den vorhergehenden Monaten sehr abwichen — die Temperatur des Wassers im Evaporometer im Freien sank mehrfach um einige Grade unter den Gefrierpunkt, — so schien es interessant zu sein, die früher gefundenen Constanten zur Berechnung der Verdunstung in der ersten Hälfte des Octobers zu benutzen, und die Resultate dieser Berechnung mit den durch die directe Beobachtung im October erhaltenen Verdunstungsgrössen zu vergleichen. Wenn die Constanten A und B der Dalton-Weilenmann'schen Formel einen jährlichen Gang besitzen sollten, worauf einige der früheren Resultate vielleicht hinweisen könnten, so müssten die Differenzen zwischen den nach den Constanten der früheren Monate für den October berechneten und den im October wirklich beobachteten Verdunstungsmengen grössere Werthe als gewöhnlich erreichen; wenn ferner die Verdunstung des Wassers beim Gefrieren durch die freiwerdende latente Wärme eine erhebliche Steigerung erfahren sollte, wie dieses mehrfach behauptet worden ist¹⁾, so könnte der tägliche Gang der Verdunstung in den ersten 14 Tagen des Octobers davon nicht unbeeinflusst geblieben sein, da an 6 Tagen die Temperatur des Wassers unter den Gefrierpunkt gesunken war.

I. Die Verdunstung im Freien im October 1875.

In der nachstehenden Tabelle ist dieselbe Bezeichnungsweise beibehalten, wie früher; es ist daher hier nur zu bemerken, dass unter v' diejenigen Verdunstungsmengen zu verstehen sind, die sich bei der Berechnung nach der Dalton-Weilenmann'schen Formel mit den Constanten $A = 0,0702$ und $B = 0,00319$ ergaben d. h. mit den Grössen, die aus allen Beobachtungen vom Mai bis September abgeleitet worden waren; bei der Berechnung von v''

1) E. Lenz: Beitrag zur Bestimmung der in St.-Petersburg verdunstenden Wassermenge. Mélanges physiques et chimiques tirés du Bulletin de l'Académie des sciences de Pétersbourg, Tome I, pag. 232.

wurden dagegen die im September gefundenen Constanten $A = 0,0635$ und $B = 0,00308$ angewendet.

Tabelle A. (1.—14. October 1875.)

Datum.	$\Sigma(S-s)$	$\Sigma(S-s).w$	v	v'	$v - v'$	$(v-v')^2$	v''	$v - v''$	$(v-v'')^2$
1	58,9	602	5,6	6,0	-0,4	0,16	5,6	$\pm 0,0$	0,00
2	64,8	530	6,0	6,2	-0,2	0,04	5,7	+0,3	0,09
3	58,8	1419	8,2	8,7	-0,5	0,25	8,1	+0,1	0,01
4	62,2	1993	9,8	10,7	-0,9	0,81	10,1	-0,3	0,09
5	59,8	1444	9,0	8,8	+0,2	0,04	8,2	+0,8	0,64
6	65,0	1233	8,3	8,5	-0,2	0,04	7,9	+0,4	0,16
7	69,1	862	6,4	7,6	-1,2	1,44	7,0	-0,6	0,36
8	62,8	746	7,0	6,8	+0,2	0,04	6,3	+0,7	0,49
9	75,4	952	7,8	8,3	-0,5	0,25	7,7	+0,1	0,01
10	77,0	860	7,4	8,2	-0,8	0,64	7,5	-0,1	0,01
11	66,4	638	6,5	6,7	-0,2	0,04	6,2	+0,3	0,09
12	84,0	1148	9,2	9,6	-0,4	0,16	8,9	+0,3	0,09
13	48,5	980	6,8	6,5	+0,3	0,09	6,1	+0,7	0,49
14	56,1	782	6,2	6,4	-0,2	0,04	6,0	+0,2	0,04
Summe	908,8	14189	104,2	109,0	-4,8	4,04	101,3	+2,9	2,57

Es ergibt sich hieraus, dass v' auch im October, ebenso wie dies im August und September der Fall gewesen war, etwas grösser ausfällt als die beobachteten Verdunstungsmengen; dagegen ist v'' etwas kleiner als die beobachteten Werthe, was gegen einen jährlichen Gang der Constanten zu sprechen scheint. Betrachtet man die Differenzen zwischen den beobachteten und berechneten Werthen der Verdunstung als Fehler, so ergibt sich für v' ein mittlerer Fehler von $\pm 0,58$ oder $\pm 8\%$ des Gesamtwertes der Verdunstung und für v'' ein mittlerer Fehler von $\pm 0,46$ oder $\pm 6\%$, also ungefähr ebenso grosse Fehler wie in denjenigen Monaten, welche die beste Uebereinstimmung zwischen Beobachtung und Rechnung aufwiesen. Zur Berechnung des täglichen Ganges der Verdunstung in der ersten Hälfte des Octobers, die ganz in der früher dargelegten Weise geschah, benutzte ich die aus den Beobachtungen im September abgeleiteten Constanten, wobei ich folgende Resultate erhielt.

Tabelle B. (October 1875.)

	12 ^h -2 ^h	2 ^h -4 ^h	4 ^h -6 ^h	6 ^h -8 ^h	8 ^h -10 ^h	10 ^h -12 ^h	12 ^h -2 ^h	2 ^h -4 ^h	4 ^h -6 ^h	6 ^h -8 ^h	8 ^h -10 ^h	10 ^h -12 ^h
$[S-s]$	9,55	6,9	5,4	34,6	117,15	191,3	213,1	177,85	92,25	31,15	16,75	12,95
$[(S-s).w]$	136,5	119	100,5	389,5	1635,5	3210,5	3661	2842	1330	367,5	229	178
v	0,06	0,05	0,05	0,26	1,12	1,71	1,75	1,46	0,56	0,20	0,11	0,09
v''	0,07	0,06	0,05	0,24	0,89	1,57	1,77	1,43	0,71	0,22	0,13	0,10
$v - v''$	-0,01	-0,01	$\pm 0,00$	+0,02	+0,23	+0,14	-0,02	+0,03	-0,15	-0,02	-0,02	-0,01

Nach den Daten dieser Tabelle ist die Uebereinstimmung zwischen dem beobachteten und berechneten täglichen Gange der Verdunstung ungefähr ebenso gut, wie in den früheren Monaten; allerdings ist der Verlauf der Differenzen etwas unregelmässiger — die berechneten Werthe für die Zeit von 8^h bis zu 10^h a. m. sind verhältnissmässig etwa um 0^{mm},1 zu klein und für die Zeit von 12^h bis 2^h p. m. um ebenso viel oder etwas mehr zu gross —, doch ist dabei zu bemerken, dass die benutzten Constanten nicht, wie in den übrigen Monaten, aus den betreffenden Beobachtungen selbst abgeleitet sind, und dass sodann der tägliche Gang im October nur aus 14 Tagen berechnet ist, und somit Störungen an einzelnen Tagen weniger ausgeglichen sein werden, als bei der Herleitung des täglichen Ganges aus den Beobachtungen eines vollen Monats.

Das Gefrieren des Wassers im Evaporometer trat mit Ausnahme eines Falles, wo die Temperatur bereits um 8^h p. m. unter 0° gesunken war, zwischen 12^h Mitternacht und 6^h a. m. ein; sollte daher das Gefrieren einen bedeutenden Einfluss auf die Verdunstung ausüben, so wären in dieser Zeit hauptsächlich Störungen im täglichen Gange der Verdunstung zu erwarten.

Der Gang der Differenzen $v - v''$ ist aber hier ganz regelmässig, so dass in denselben keine Bestätigung für jene Ansicht gefunden werden kann; jedenfalls könnte hiernach die Steigerung der Verdunstung beim Gefrieren nur wenige Hundertstel Millimeter in 2 Stunden betragen, und es müssten daher zur endgültigen Entscheidung über diese Frage empfindlichere Apparate verwendet werden, da das Wageporometer nur 0^{mm},05 zu schätzen gestattet.

II. Die Verdunstung in der Hütte im October 1875.

In der folgenden Tabelle sind die Resultate der Berechnung der Verdunstung im Schatten enthalten, wobei der Rechnung die im September erhaltenen Constanten $A = 0,0289$ und $B = 0,00603$ zu Grunde gelegt sind; die Bezeichnungsweise ist die bisherige.

Tabelle C. (1.—13. October 1875.)

Datum.	$\Sigma(S-s)$	$\Sigma(S-s).w$	v	v'	$v - v'$	$(v - v')^2$
1	35,8	278	2,7	2,7	$\pm 0,0$	0,00
2	43,4	564	4,8	4,6	$+0,2$	0,04
3	47,3	1164	8,2	8,4	$-0,2$	0,04
4	44,8	1230	8,6	8,7	$-0,1$	0,01
5	46,8	986	7,0	7,3	$-0,3$	0,09
6	49,8	798	6,2	6,2	$\pm 0,0$	0,00
7	50,0	591	4,7	5,0	$-0,3$	0,09
8	61,6	675	5,4	5,8	$-0,4$	0,16
9	73,0	898	6,4	7,5	$-1,1$	1,21
10	49,6	451	3,6	4,2	$-0,6$	0,36
11	44,9	468	4,4	4,1	$+0,3$	0,09
12	68,6	1090	5,8	8,6	$-2,8$	7,84
13	38,0	533	3,6	4,3	$-0,7$	0,49
Summe	653,6	9726	71,4	77,4	$-6,0$	10,42

Die berechneten Werthe sind hiernach gegenüber den beobachteten Grössen etwas zu gross; doch ist es weniger dieser Umstand, der die Verwendung von Constanten bedenklich erscheinen lassen könnte, die aus den Beobachtungen anderer Monate abgeleitet sind, als die bedeutende Grösse des mittleren Fehlers, welcher sich zu $\pm 0^{\text{mm}},97$ oder $\pm 18\%$ ergibt. Bei näherer Betrachtung der einzelnen Differenzen zeigt sich jedoch, dass dieser Werth des mittleren Fehlers zur Hälfte durch die bedeutende Abweichung der beobachteten von der berechneten Verdunstung am 12. October veranlasst wird; an diesem Tage aber wehten vorwiegend südliche Winde (SSW, SSE und SE), so dass nach den früheren Erörterungen die Stärke des Windes nur sehr geschwächt die Verdunstung beeinflussen konnte. Schliesst man die Beobachtungen an diesem Tage aus, so beträgt der mittlere Fehler nur $+ 0^{\text{mm}},51$ oder 9% des Gesamtwertes der Verdunstung. Es lässt sich also auch aus diesen Beobachtungen nicht entscheiden, ob die Werthe von A und B eine jährliche Periode besitzen oder ob dieselben wirklich constante Grössen sind.