

# BULLETIN

DU

DÉPARTEMENT DE L'AGRICULTURE

AUX

INDES NÉERLANDAISES.

N<sup>o</sup>. XXIX.

**(Géologie Agronomique VI.)**

BUITENZORG,  
IMPRIMERIE DU DÉPARTEMENT  
1909.

## UEBER VERDUNSTUNG VON WASSER- UND BODENOBERFLÄCHEN,

von

DR. E. C. JUL MOHR.

---

Allgemein verbreitet ist die Ansicht, dass von feuchtem Boden mehr Wasser verdunstet als von einer gleich grossen Wasserfläche.

Ramann <sup>1)</sup> sagt darüber: „Die Oberfläche einer Bodenschicht ist infolge der Körnung des Bodens rau, so dass der Einwirkung der verdunstenden Faktoren eine grössere Fläche zugänglich ist als z.B. in einer gleich grossen Wasserfläche. Hierauf beruht es, dass für dieselbe Flächeneinheit n a s s e r Boden mehr verdunstet als eine Wasserfläche, und selbst im feuchten Zustande nicht wesentlich dahinter zurück bleibt.

Die Versuche von Haberlandt <sup>2)</sup>, Masure, Wilhelm <sup>3)</sup>, zeigen dies übereinstimmend“.

Die von Wilhelm angegebenen Zahlen <sup>4)</sup> passen jedoch nur mässig in obigen Rahmen hinein. Erst wird angegeben, wie gegen eine Verdunstung=100 für Wasser, von Humus-reicher Gartenerde (mit 90% Wassergehalt) allerdings 109,17 verdunsteten; von strengem Lehm Boden (mit 50% Wassergehalt) dagegen nur 75,77. — Weiter findet man die Verhältniszahlen:

Wasser: 100,—grobgesiebter Boden: 114,48,— aber feingesiebter: 99,70.— Endlich <sup>5)</sup>:

„Bei bewegter Luft wird die Verdunstung von Wasser, dessen Oberfläche durch den Wind vergrössert wird, die Verdunstung aus dem Boden übertreffen. Bei zweistündiger Exposition im Freien zur Mittagszeit und bei mässigem Winde betrug die Verdunstung

	vom Boden:	vom Wasser:	Verhältniszahl:
Humusreiche Gartenerde	mit 69,3% Wasser: 7.156 g.	7,688 g.	93,07%
Lehm Boden	mit 48,7% Wasser: 4.977 g.	6,767 g.	73,55%

1) E. Ramann—Bodenkunde. 1905—S. 261.

2) F. Haberlandt—Unters. <sup>a/d</sup> Gebiete des Pflanzenbaues II.— S. 25. (Wien 1877).

3) G. Wilhelm—Boden und Wasser.—Wien 1861.

4) Das sub 3) genannte Werk war mir leider nicht zugänglich.—Wohl jedoch: G. Wilhelm. Landwirtschaftlehre I. Atmosphäre, Klima, Boden.— Berlin 1886.—

5) l. c. Seite 185.

— Hier bleibt also der Boden erheblich hinter der freien Wasserfläche zurück; nach meinen im nachstehenden beschriebenen Versuchen ist das sehr begreiflich; nur die gegebene Erklärung (Vergrößerung der Oberfläche durch den Wind) wäre wohl durch eine bessere zu ersetzen.

Haberlandt <sup>1)</sup> arbeitete mit kleinen Glaszylindern von 3.5 c.M. Durchmesser, in welchen die Erdschicht 2.5 c.M. hoch stand. Zum Vergleich enthielt einer der Cylinder destillirtes Wasser. Damit erreichte er das Resultat, dass allerdings vom feuchten Boden mehr verdunstete als vom Wasser; er sagt dann hierüber <sup>2)</sup>:

„Offenbar kann nur die grössere Oberfläche des Bodens, „welche, mit einer stark vergrößernden Loupe ausgesehen, unzählige Unebenheiten darbietet, diese Erscheinung hervorrufen „welche sich, in dem Falle der directen Besonnung der Bodenproben, „wegen ihrer stärkeren Erwärmung noch ansehnlich „steigern muss“.

Schade, dass Haberlandt ausser der Temperatur der Luft, nicht auch die Temperatur in seinen Cylindern gemessen hat.

A. Mitscherlich <sup>3)</sup> erhielt mit seinem Verdunstungsmesser ebenfalls Zahlen, welche ihn schliessen liessen <sup>4)</sup>:

„So verdunsteten nach meinen Beobachtungen glatte Flächen „von gebranntem Ton die 1,29-fache resp. 1,94-fache Wassermengen „wie die diesen entsprechenden freien Wasseroberflächen.

Gegen die gesperrt gedruckten Worte möchte ich jedoch einwenden, dass der gebrannte Ton eine vertikale cylindrische Fläche war, und die Wasseroberfläche <sup>5)</sup> eine horizontale Fläche, 1 $\frac{1}{2}$  c.M. unter dem Rande der Glasschale stehend. Wie wäre jedoch das Verhältnis gewesen, wenn Mitscherlich anstatt der Cylinderfläche der Tonzelle, die horizontale Bodenfläche mit der Wasserfläche verglichen hätte, und nun noch einen Glasrand von 1 $\frac{1}{2}$  c.M. darüber hinaus hätte sehen lassen?—Ich glaube, dass das Resultat anders ausgefallen wäre.

Uebrigens sagt Mitscherlich weiter nichts über das genannte Verhältnis, und betrachtet die Verdunstung im Allgemeinen (S.

---

1) l.c. Seite 28.

2) l.c. Seite 30.

3) A. Mitscherlich.—Bodenkunde f. Land- u. Forstwirte. Berlin 1905. § 35.—S. 204. u.f.— (Siehe auch Landw. Vers. Stat. 60, (1904) S. 63.)

4) l.c. Seite 206.

5) L. Vers. Stat. 60, S. 68.

204—205) bloß als Funktion der „massgebenden atmosphärischen „Factoren“, und ferner als solche verschiedener Bodeneigenschaften, unter denen jedoch weder Farbe noch Temperatur vorkommen.

Allerdings wird (S. 207) noch gesagt, dass „bei ein und demselben Boden natürlich auch alle Verhältnisse welche auf die „Erwärmung desselben einen Einfluss haben, auch einen solchen „auf die Wasserverdunstung ausüben; so die Farbe des Bodens,“ etc. und dann wird ein Versuch darüber von Eser <sup>1)</sup> citirt. Über Vergleiche mit Wasseroberflächen trifft man jedoch nichts mehr an. Hier kann eine kleine Lücke ausgefüllt werden.

Durch die Tatsache, dass bei einem Verwitterungsversuch (welcher baldigst, ebenfalls in dieser Zeitschrift, beschrieben werden wird) von Behältern, in welchen Basaltgrus unter Wasser stand, mehr Wasser verdunstete, als von einem Atmometer mit kupferner Wasserschale angezeigt wurde, aufmerksam gemacht, kam ich zu folgender Betrachtung:

Nicht die Temperatur und das Sättigungsdeficit der Luft entscheiden über die etwaige Verdunstung, sondern *der Unterschied zwischen der absoluten Wasserdampftension der Luft und der Maximaltension, zu der Temperatur des Wassers gehörig*. Von Wasserflächen verschiedener Temperatur, aber sonst unter gleichen Umständen, verdunstet also desto mehr, je höher die Temperatur ist. Dann muss auch alles was Einfluss ausübt auf die Temperatur des Wassers, die Verdunstung in Mitleidenschaft ziehen. Es lässt sich demnach ein Einfluss der Farbe des Bodens, sowie der Dicke der Wasserschicht vom Boden bis zur Oberfläche, auf die Verdunstung erwarten.

Dass hier natürlich bloß solche Fälle gemeint werden, in welchen die Bestrahlung den Boden überhaupt erreichen kann, versteht sich von selbst.

Eine Anzahl aus dünnem Zink angefertigter, cylinderförmiger Schalen, 3 c. M. hoch, und mit einer genau 100 c. M<sup>2</sup>. grossen Bodenfläche, wurde von aussen weiss angestrichen; bei einer Schale der Boden ebenfalls weiss, bei einer andern schwarz, einer dritten ockergelb; zwei weitere Schalen blieben blankes Zink.

Nachdem die Schalen, mit 200 ccm. Wasser, und gedeckt mit einer gut schliessenden Glasplatte, gewogen waren, wurden

<sup>1)</sup> C. Eser—Forsch. a.d. Geb. d. Agrik. physik 7, 1—124.— Dort: S. 53—56.

sie bei klarem Himmel draussen aufgestellt. Von Zeit zu Zeit wurde die Temperatur abgelesen. Schliesslich wurden sie wieder zugedeckt und gewogen. Das Resultat giebt nachstehende Tabelle:

Datum.	Nummer	Näheres über die Schalen:	Temperatur:			Verdunstung: $\frac{h}{8-l}$	
			$8\frac{1}{2}^h$	$10\frac{1}{2}^h$	$12\frac{1}{2}^h$	m m. Höhe:	Verhältniszahlen:
22 Februar	-	(Lufttemperatur)	24°5	28°3	29°2	-	-
	(1)	Boden - ZINK	30°8	40°3	40°0	3.88 m.m.	<b>101</b>
	(2)	" - ZINK	30°7	40°0	40°2	3.79 "	<b>99</b>
	(3)	" - <b>Gelb</b>	30°6 <sub>5</sub>	40°0	40°1	3.84 "	<b>100</b>
	(4)	" - <b>Schwarz</b>	31°0 <sub>5</sub>	40°8	41°1	4.17	<b>109</b>
	(5)	" - <b>Weiss</b>	29°9	38°4	38°8	3.48 "	<b>91</b>
23 Februar	-	(Lufttemperatur)	23°0	27°1	28°2	-	-
	(1)	Boden - ZINK	26°2	24°8	39°3	2.40 m.m.	<b>98</b>
	(2)	" - ZINK	26°2	34°8	39°3	2.51 "	<b>102</b>
	(3)	" - <b>Gelb</b>	26°2	34°8	39°3	2.58 "	<b>105</b>
	(4)	" - <b>Schwarz</b>	26°3	35°1	40°3	2.68 "	<b>109</b>
	(5)	" - <b>Weiss</b>	26°0	32°5	37°9	2.25 "	<b>92</b>
24 Februar	-	(Lufttemperatur)	24°9	27°0	29°0	-	-
	(1)	Boden - ZINK	30°0	38°4	40°0	2.78 m.m.	<b>99</b>
	(2)	" - ZINK	30°1	38°7	40°3	2.82 "	<b>101</b>
	(3)	" - <b>Gelb</b>	30°0	38°4	40°0	2.75 "	<b>98</b>
	(4)	" - <b>Schwarz</b>	30°8	40°0	41°6	2.96 "	<b>106</b>
	(5)	" - <b>Weiss</b>	29°4	37°3	38°8	2.49 "	<b>89</b>

Die Zahlen stimmten genügend überein, um es bei diesen drei Tagen bewenden zu lassen. Zusammengefasst, lässt sich also sagen:

Die aus sonst ganz gleichen Schalen verdunstenden Wassermengen verhalten sich wie:

100 : 101 : 108 : 91 , je nachdem der Boden  
ZINK — GELB — SCHWARZ — WEISS ist.

Mit diesem einfachen Resultat könnte die Beantwortung der aufgeworfenen Frage im Allgemeinen als erledigt betrachtet werden; für Java, ein Land mit 2 Millionen H.A. bewässerter Reisfelder, schien es angezeigt, noch ein Paar Schritte weiter zu gehen.

So wurde denn zuerst obiger Versuch wiederholt, aber jetzt auf dem Boden der Schalen eine dünne Schicht Erde ausgebreitet:

Nummer.	Näheres über die Schalen:	Verhältniszahlen :		
		1 März	2 März	3 März
(1)	ZINK —	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
(2)	<b>Gelber</b> Lateritboden	<b>101</b>	<b>103</b>	<b>100</b>
(3)	<b>Roter</b> Lateritboden	<b>102</b>	<b>100</b>	<b>107</b>
(4)	<b>Schwarzer</b> Humusboden	<b>109</b>	<b>129</b>	<b>119</b>
(5)	<b>Weisser</b> Kalkboden	<b>89</b>	<b>91</b>	<b>96</b>

Die verhältnismässig grossen Differenzen zwischen den drei gleichartigen Zahlenreihen glaube ich in der Hauptsache dem an den drei genannten Tagen sehr verschiedenen Wetter zuschreiben zu können. Im grossen Ganzen stimmt das Resultat jedoch genügend mit dem vorigen überein.

Von einer Wasserfläche, über schwarzem Boden wenige c.M. hoch stehend, verdunstete hier also über 20% mehr Wasser, als von einer Wasserfläche, in sonst ganz gleichen Umständen über weissem Boden stehend.

Soweit es erlaubt ist, diesen Schluss auf die Praxis, die nassen Reisfelder, (Sawah's), — auf welchen das Wasser ebenfalls nur wenige c.M. hoch steht, — zu übertragen, würde dies bedeuten, dass man zur Bewässerung dunkelfarbiger Böden mehr Wasser zu geben hätte als zur Irrigation hellfarbiger Böden.

Man wird vielleicht einwenden wollen, dass in der Nacht dann auch das umgekehrte Verhältnis, die Verdunstung betreffend,

eintreten muss, weil das Wasser über dem schwarzen Boden dann durch die stärkere Ausstrahlung der schwarzen Unterlage durch die Wasserschicht hindurch, relativ kühler werden muss. Dies letztere mag so sein, aber die Unterschiede in der Verdunstung lassen sich dadurch keineswegs ausgleichen; denn was in der Nacht verdunstet, ist nur etwa 10 bis höchstens 20% von der totalen Verdunstung, und kann darum die am Tage entstehenden Differenzen nie aufheben.

Von grosser Bedeutung ist dieser Factor bei der Bestimmung des zur Bewässerung nötigen Wassers allerdings nicht; handelt es sich doch höchstens um einen Unterschied in der Verdunstung von etwa 1 m.M. pro Tag; dafür hätte man also höchstens  $\frac{1}{4}$  L. Wasser pro H.A. pro Sec. bei zwölfstündiger Bewässerung mehr oder weniger zu geben. Im Allgemeinen haben Bewässerungsanlagen jedoch von vorne herein schon einen grösseren Spielraum.

Kehren wir nun zurück zu unserm Ausgangspunkte, den Vergleich der Verdunstung von feuchter Erde und einer entsprechenden Wasseroberfläche.

Sich stützend auf obige Resultate, darf man dann wohl behaupten, dass allen früheren Arbeiten, die vorliegende Frage betreffend, der Fehler anhaftet, dass zu wenig berücksichtigt worden ist, in welcher bestimmten Weise die Verdunstung des Wasser gemessen, und zum Vergleich herangezogen wurde. Nehmen wir an, dass in der Regel Glas-, oder sogar Porzellanschalen benutzt wurden, dann darf es nicht Wunder nehmen, dass man für nasse Böden höhere Verdunstungszahlen fand, als für Wasser mit farblosem oder weissem Untergrund.

Die Frage blieb daher tatsächlich offen, und es schien mir erwünscht, *die Verdunstung von einer nassen Erdoberfläche noch einmal zu vergleichen mit solcher von einer Wasseroberfläche in so weit wie möglich durchgezogener Gleichheit sonstiger Umstände.* Ich habe gemeint, dies in der Weise zu erreichen, dass ich, in zwei gleichen Zinkschalen, einerseits, in der Wasserschale, den Boden der andern Schale ebenfalls einfüllte, und zwar bis eben unter der Wasseroberfläche; andererseits, in der Bodenschale, den Boden so nass machte, wie nur irgend möglich, ohne dass jedoch Wasser obenauf zu stehen kam, oder auch nur zu sehen war. Auf diese Weise lagen die Grenzen möglichst nahe bei-

sammen; es musste jedoch immer ein freier Raum zwischen den beiden betrachteten Zuständen bleiben, n.l. der, welcher korrespondirt mit allen Fällen zwischen dem Momente, dass die ersten Erdkörner an der Oberfläche auftauchen, und dem, dass die Oberfläche abgetrocknet ist. 1)

Zahlreiche Versuche wurden ausgeführt, gerade weil gleich die ersten mir Zahlen lieferten, mit der gangläufigen Meinung gänzlich im Widerspruch. So wurden z. B. die folgenden Verhältniszahlen gefunden, wobei jedesmal das Mittel aus den 2 zusammengehörigen Zahlen = 100 gesetzt wurde:

Bodenart:	VERHÄLTNISSZAHLEN DER VERDUNSTUNG	
	von der <b>WASSER</b> -oberfläche.	von der <b>BODEN</b> -oberfläche.
I <b>Schwarze</b> Humuserde.	<b>106</b>	<b>94</b>
II " " "	<b>103<sup>1/2</sup></b>	<b>96<sup>1/2</sup></b>
I <b>Rote</b> Lateriterde	<b>102</b>	<b>98</b>
II " " "	<b>103</b>	<b>97</b>
I <b>Gelbe</b> Lateriterde	<b>105</b>	<b>95</b>
II " " "	<b>105</b>	<b>95</b>
I <b>Weisse</b> Kalkerde	<b>102<sup>1/2</sup></b>	<b>97<sup>1/2</sup></b>
II " " "	<b>100</b>	<b>100</b>

Wie man sieht, stimmen alle Zahlen überein, insofern die nasse Erde hinter dem Wasser zurückblieb. Aber nicht allein die *nasse* Erde tut dieses; viel mehr noch die *feuchte* Erde mit einem Feuchtigkeitsgehalt, entsprechend den Versuchen früherer Forscher. Die grosse Tabelle (siehe hinten!) giebt eine Uebersicht eines combinirten Versuchs, bei welchem die unter Wasser stehenden Schalen täglich neu angefüllt wurden, diejenigen mit der nassen Erde nach den dritten Tage jedoch nicht mehr.

Zum richtigen Verständnis dieser Tabelle sei erwähnt, das der richtige Moment der Abtrocknung an zu nehmen ist

- für die Schale (3) mit schwarzer Erde bei  $\pm 105$  Wasser  
 " " " (4) " roter " "  $\pm 115$  "  
 " " " (6) " gelber " "  $\pm 90$  "  
 " " " (8) " weisser " "  $\pm 85$  "

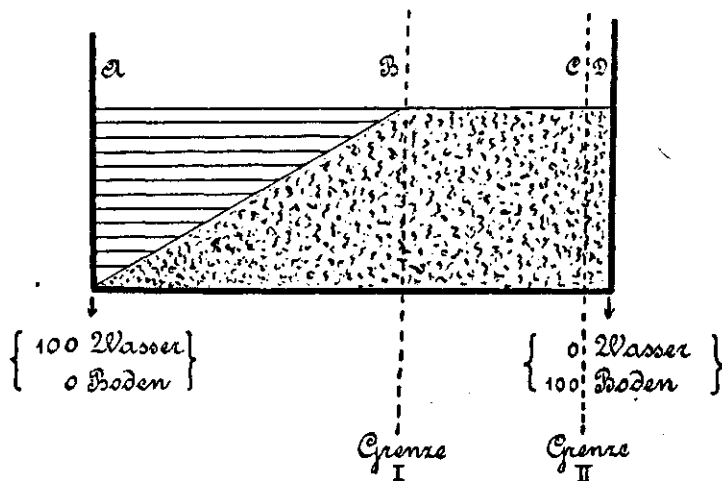
1) Siehe Nachtrag!



Dadurch sind die 2 ersten Tage für Schwarz und Weiss eigentlich abnormal; Rot und Gelb zeigen schöne Uebereinstimmung mit den vorhergehenden Zahlen.

Ferner kann man sehen, dass, sobald der Wassergehalt der feuchten Erde bis auf etwa die Hälfte desjenigen des Anfangsstadiums gesunken ist, die Verdunstung anfängt, rapide abzunehmen. Den fünften Tag übertreffen jedoch die Zahlen von (3), (4) und (6) noch immerhin diejenigen von (5), der Wasserschale mit weissem Boden. Doch wird jetzt wohl nicht mehr daraus gefolgert werden, dass die Verdunstung aus feuchter Erde, diejenige einer entsprechenden Wasseroberfläche übertreffe.

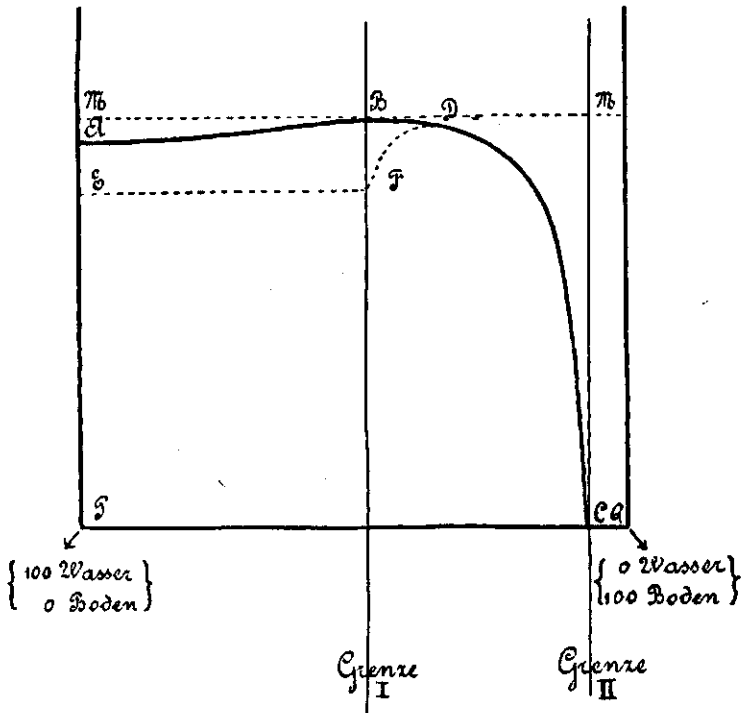
Um die verschiedenen Verhältnisse noch besser zum Ausdruck zu bringen, könnte man die Verdunstung (unter übrigens gleichen äussern Umständen) graphisch darstellen als Funktion des Verhältnisses von Wasser zu Boden. Der Inhalt der Schalen liesse sich dann z. B. angeben wie in dieser Figur:



Von A bis B behält man eine Wasseroberfläche, aber der Boden rückt ihr immer näher. Bei B, bei Grenze I, also bei etwa 45 Wasser auf 55 Boden, ist der Übergang von der Wasseroberfläche zur Bodenoberfläche. Eigentlich müssten hier nach dem auf Seite 7. gesagten zwei Grenzen eingezeichnet werden <sup>1)</sup>. Bei C, bei Grenze II, ist der Boden trocken bis auf das hygroscopische Wasser.

Auf dieser Basis ist nun die nachstehende graphische Vorstellung als Skizze aufgebaut:

<sup>1)</sup> Siehe Nachtrag!



Die durchgezogene Linie  $A B C$  zeigt die Verdunstung, wie sie aus meinen Versuchen hervorgeht.  $A P$  ist dann die Verdunstung von Wasser, aber über einem Untergrund, von der Farbe der benutzten Erde.  $M M$  ist die Maximumlinie, Tangente in  $B$ . In  $C$  ist die Verdunstung  $= 0$ , weiter nach rechts müsste sie negativ werden.

Nach früheren Ansichten ist  $E P$  die Verdunstung der entsprechenden Wasserfläche. Weil nirgends die Rede war von etwaiger Änderung dieser Grösse beim Fortschreiten von  $E$  nach  $F$ , habe ich diese Linie einfach horizontal gezeichnet. Dass man rechts von  $F$  bedeutend in die Höhe musste, das war bekannt, und die Beobachtung, dass  $D$  ansehnlich über  $E$  liege, war vollkommen richtig. Die Linie  $E F D C$  in dieser Figur giebt nun an, wie ich mir denke, dass man nach früheren Auffassungen die hier in Frage stehende Linie construirt hätte; es ist sehr begreiflich, dass hier dieser Irrtum einschleichen konnte, weil man wohl viele Punkte zwischen  $D$  und  $C$ , (ausser dem Punkte  $E$ ), bestimmte, aber keine Punkte zwischen  $A$  und  $D$ .

Buitenzorg, April 1909.

## N A C H T R A G.

---

Es ist im Vorhergehenden <sup>1)</sup> gesagt worden, dass zwischen der Wasseroberfläche und der Bodenoberfläche eigentlich zwei Grenzen lägen, näml. die erste, dort wo die ersten Bodenkörner sich aus der Wasseroberfläche zu erheben beginnen; die zweite, dort wo die Bodenoberfläche abgetrocknet ist.

Aus folgendem Versuch wird es klar, welche dieser beiden Grenzen eigentlich allein eine Grenze ist.

Auf eine c.g.-Waage wurde links eine Zinkschale mit (rotem) Boden gesetzt, mit so viel Wasser, dass die Oberfläche nur eben blank war. Auf der andern Seite jedoch eine Schale mit Wasser und etwas (roter) Erde auf dem Boden, aus nun wohl bekannten Gründen. Dann wurde Gleichgewicht gemacht, die ganze Waage draussen in den Sonnenschein gestellt, und das Schalenpaar der Verdunstung überlassen. Alle Viertelstunden wurde dann allein das Gewicht notirt, nötig um Gleichgewicht zu machen. Während so die rechte Schale einfach Wasser blieb, ging die linke mit der Erde durch die beiden oben genannten Grenzen. Dies sieht man klar in folgender Tabelle:

---

1). Siehe S. 7 und S. 10.—

Stunde	VOM BODEN VERDUNSTLITE <b>mehr</b> ALS VOM WASSER:				Bemerkungen
	23 April	24 April	26 April	27 April	
<b>7.-</b>	g	g	g	g	
.15	-	-	-	+ 0.00	*) Die ersten Bodenkörner erreichen die Oberfläche.
.30	+ 0.02	-	-	+ 0.01	
.45	+ 0.05	+ 0.05	-	+ 0.00	
<b>8.-</b>	+ 0.02	+ 0.00	-	+ 0.00	** ) Die Oberfläche ist augenscheinlich abgetrocknet.
.15	+ 0.05	+ 0.03	-	+ 0.02	24 April wurde kein neues Wasser zugefügt; der feuchte Boden vom vorigen Tag trocknete weiter aus.
.30	+ 0.05	- 0.06	-	+ 0.02	
.45	+ 0.03	- 0.04	-	+ 0.05	
.15	+ 0.03	- 0.05	-	+ 0.06	
<b>9.-</b>	+ 0.05	- 0.05	-	+ 0.16	26 April wurden die Schalen neu beigefüllt. Der Boden blieb eben unter Wasser.
.30	+ 0.07	- 0.04	-	+ 0.20	
.45	+ 0.04	- 0.11	-	+ 0.15	
<b>10.-</b>	+ 0.06	- 0.10	-	+ 0.20	27 April. Bis 8 Uhr sehr bedeckte Luft. Von 11 <sup>h</sup> 45 an abwechselnd klar und bewölkt.
.15	+ 0.09	- 0.05	-	+ 0.15	
.30	+ 0.10	- 0.10	-	+ 0.04	
.45	+ 0.03	- 0.13	-	+ 0.02	
<b>11.-</b>	± 0	- 0.08	-	+ 0.05	
.15	- 0.17	- 0.10	-	+ 0.19	** )
.30	- 0.05	- 0.13	-	- 0.05	
.45	- 0.03	- 0.11	+ 0.07	- 0.07	
<b>12.-</b>	- 0.10	- 0.23	+ 0.18	+ 0.02	
.15	- 0.05	- 0.10	+ 0.15	- 0.15	
.30	- 0.07	- 0.13	+ 0.05	- 0.03	
.45	- 0.15	- 0.12	+ 0.23	+ 0.01	
<b>1.-</b>	- 0.06	- 0.15	+ 0.12	- 0.01	

Ohne viel Worte sieht man sofort, dass bei der ersten Grenze die Verdunstung eher noch zu als abnimmt; bei der zweiten kommt jedoch der Umschlag; *kaum ist der Boden abgetrocknet, oder die Verdunstung nimmt ab.*—Dass am nächsten Tag anfangs vom feuchten Boden etwas mehr verdunstet, kann man leicht erklären

mit der Annahme, dass die Oberfläche sich gewissermassen erholt hatte und nun wieder vollständig durchfeuchtet war, und weiter damit dass der Boden sich schneller erwärmt. Nach einer Stunde war dieser Vorsprung aber schon wieder verloren, und *weiter giebt der feuchte Boden immer weniger Wasser ab, als die Wasseroberfläche.*

26 April haben wir blos zu tun mit zwei Wasseroberflächen; die Schale, in welcher der Boden der Oberfläche näher steht, verdunstet mehr als die andere, in welcher das Wasser tiefer ist.—27 April wiederholt sich das Resultat vom 23<sup>en</sup>; allein ist das Ende etwas getrübt durch die abwechselnde Bewölkung, und den sich nähernden Wetterumschlag.

Die S. 7 und 10 besprochene Grenze I ist also mit der hier gefundenen *zweiten* Grenze identisch an zu nehmen.

Buitenzorg, Mai 1909.—

---

# VERDUNSTUNG:

Schalen-Nrn.:	WASSER.	SCHWARZ.		ROT.		GELB.		WEISS.		WASSER.
	(10)	(1)	(3)	(2)	(4)	(7)	(6)	(9)	(8)	(5)
Beschreibung:	Boden SCHWARZ.	Boden eben unter Wasser.	Boden eben über Wasser	Boden eben unter Wasser	Boden eben über Wasser	Boden eben unter Wasser	Boden eben über Wasser	Boden eben unter Wasser	Boden eben über Wasser	Boden WEISS.
26 März.	Anfänglicher Inhalt: 200 Wasser. Verlust $\left. \begin{matrix} \text{zuerst} \\ \text{später} \end{matrix} \right\}$ zusammen: 6.78 } 16.67 gr. 9.89 } Verhältnis: $\frac{114}{119}$ <b>116</b>	(140 Wasser + 100 Boden.) 7.38 } 17.63 gr. 10.25 } $\frac{124}{129}$ <b>123</b>	(125 Wasser + 125 Boden.) 7.72 } 17.89 gr. 10.17 } $\frac{129}{121}$ <b>124</b>	(140 Wasser + 160 Boden.) 7.95 } 18.71 gr. 10.76 } $\frac{193}{128}$ <b>130</b>	(115 Wasser + 185 Boden.) 7.10 } 16.67 gr. 9.57 } $\frac{119}{115}$ <b>116</b>	(120 Wasser + 140 Boden.) 7.11 } 17.01 gr. 9.90 } $\frac{119}{117}$ <b>118</b>	(90 Wasser + 160 Boden.) 6.71 } 15.53 gr. 8.82 } $\frac{112}{105}$ <b>108</b>	(150 Wasser + 140 Boden.) 6.80 } 17.02 gr. 10.22 } $\frac{114}{121}$ <b>118</b>	(120 Wasser + 150 Boden.) 7.00 } 16.05 gr. 9.05 } $\frac{117}{107}$ <b>111</b>	200 Wasser. 5.97 } 14.40 gr. 8.43 } $\frac{100}{100}$ <b>100</b>
27 März.	Anfänglicher Inhalt: 200 Wasser. Verlust $\left. \begin{matrix} \text{zuerst} \\ \text{später} \end{matrix} \right\}$ zusammen: 5.02 } 9.52 gr. 4.50 } Verhältnis: $\frac{123}{119}$ <b>121</b>	(150 Wasser + 100 Boden.) 5.24 } 10.07 gr. 4.83 } $\frac{129}{128}$ <b>129</b>	(115 Wasser + 125 Boden.) 5.45 } 10.15 gr. 4.70 } $\frac{134}{125}$ <b>130</b>	(140 Wasser + 160 Boden.) 5.69 } 10.42 gr. 4.73 } $\frac{141}{126}$ <b>133</b>	(115 Wasser + 185 Boden.) 5.23 } 9.78 gr. 4.55 } $\frac{129}{121}$ <b>125</b>	(120 Wasser + 140 Boden.) 5.12 } 9.77 gr. 4.65 } $\frac{126}{123}$ <b>125</b>	(95 Wasser + 160 Boden.) 4.85 } 9.11 gr. 4.26 } $\frac{119}{113}$ <b>116</b>	(150 Wasser + 140 Boden.) 4.85 } 9.18 gr. 4.33 } $\frac{119}{115}$ <b>117</b>	(110 Wasser + 150 Boden.) 4.94 } 9.25 gr. 4.31 } $\frac{121}{114}$ <b>118</b>	200 Wasser. 4.07 } 7.84 gr. 3.77 } $\frac{100}{100}$ <b>100</b>
29 März.	Anfänglicher Inhalt: 200 Wasser. Verlust $\left. \begin{matrix} \text{zuerst} \\ \text{später} \end{matrix} \right\}$ zusammen: 7.38 } 14.58 gr. 7.20 } Verhältnis: $\frac{117}{122}$ <b>119</b>	(140 Wasser + 100 Boden.) 7.94 } 15.60 gr. 7.66 } $\frac{125}{130}$ <b>128</b>	(105 Wasser + 125 Boden.) 7.83 } 14.92 gr. 7.09 } $\frac{124}{120}$ <b>122</b>	(130 Wasser + 160 Boden.) 8.02 } 15.06 gr. 7.04 } $\frac{127}{119}$ <b>123</b>	(105 Wasser + 185 Boden.) 7.50 } 14.38 gr. 6.88 } $\frac{118}{117}$ <b>117</b>	(110 Wasser + 140 Boden.) 7.50 } 14.47 gr. 6.97 } $\frac{118}{118}$ <b>118</b>	(90 Wasser + 160 Boden.) 7.18 } 13.44 gr. 6.26 } $\frac{113}{106}$ <b>110</b>	(140 Wasser + 140 Boden.) 7.15 } 13.58 gr. 6.43 } $\frac{113}{109}$ <b>111</b>	(100 Wasser + 150 Boden.) 7.50 } 14.14 gr. 6.64 } $\frac{118}{113}$ <b>116</b>	200 Wasser. 6.33 } 12.22 gr. 5.89 } $\frac{100}{100}$ <b>100</b>
30 März.	Anfänglicher Inhalt: 200 Wasser. Verlust $\left. \begin{matrix} \text{zuerst} \\ \text{später} \end{matrix} \right\}$ zusammen: 6.51 } 24.85 gr. 18.34 } Verhältnis: $\frac{113}{122}$ <b>119</b>	(140 Wasser + 100 Boden.) 7.20 } 26.05 gr. 18.85 } $\frac{125}{125}$ <b>125</b>	(90 Wasser + 125 Boden.) 6.98 } 25.16 gr. 18.18 } $\frac{121}{121}$ <b>121</b>	(140 Wasser + 160 Boden.) 6.93 } 25.37 gr. 18.44 } $\frac{120}{123}$ <b>122</b>	(90 Wasser + 185 Boden.) 6.92 } 24.88 gr. 17.96 } $\frac{120}{119}$ <b>120</b>	(110 Wasser + 140 Boden.) 6.87 } 25.08 gr. 18.21 } $\frac{119}{121}$ <b>121</b>	(75 Wasser + 160 Boden.) 6.21 } 22.18 gr. 15.97 } $\frac{108}{106}$ <b>107</b>	(140 Wasser + 140 Boden.) 6.30 } 22.56 gr. 16.26 } $\frac{100}{108}$ <b>108</b>	(85 Wasser + 150 Boden.) 6.96 } 22.28 gr. 15.32 } $\frac{121}{102}$ <b>107</b>	200 Wasser. 5.76 } 20.81 gr. 15.05 } $\frac{100}{100}$ <b>100</b>
1 April.	Anfänglicher Inhalt: 200 Wasser. Verlust $\left. \begin{matrix} \text{zuerst} \\ \text{später} \end{matrix} \right\}$ zusammen: 5.65 } 22.59 gr. 16.94 } Verhältnis: $\frac{114}{124}$ <b>121</b>	(140 Wasser + 100 Boden.) 6.18 } 23.87 gr. 17.69 } $\frac{125}{129}$ <b>128</b>	(65 Wasser + 125 Boden.) 6.10 } 22.40 gr. 16.30 } $\frac{123}{113}$ <b>120</b>	(140 Wasser + 160 Boden.) 6.14 } 22.87 gr. 16.73 } $\frac{124}{122}$ <b>123</b>	(65 Wasser + 185 Boden.) 5.80 } 21.60 gr. 15.80 } $\frac{117}{115}$ <b>116</b>	(120 Wasser + 140 Boden.) 6.07 } 22.79 gr. 16.72 } $\frac{123}{122}$ <b>122</b>	(55 Wasser + 160 Boden.) 5.20 } 19.13 gr. 13.93 } $\frac{105}{102}$ <b>103</b>	(140 Wasser + 140 Boden.) 5.75 } 20.40 gr. 14.65 } $\frac{116}{107}$ <b>110</b>	(65 Wasser + 150 Boden.) 4.40 } 15.15 gr. 10.75 } $\frac{89}{79}$ <b>81</b>	200 Wasser. 4.95 } 18.64 gr. 13.69 } $\frac{100}{100}$ <b>100</b>
2 April.	Anfänglicher Inhalt: 200 Wasser. Verlust $\left. \begin{matrix} \text{zuerst} \\ \text{später} \end{matrix} \right\}$ zusammen: 9.22 } 20.02 gr. 10.80 } Verhältnis: $\frac{125}{108}$ <b>116</b>	(140 Wasser + 100 Boden.) 8.88 } 21.10 gr. 12.22 } $\frac{121}{123}$ <b>122</b>	(45 Wasser + 125 Boden.) 7.81 } 16.40 gr. 8.59 } $\frac{106}{86}$ <b>95</b>	(140 Wasser + 160 Boden.) 8.57 } 20.40 gr. 11.83 } $\frac{116}{119}$ <b>118</b>	(45 Wasser + 185 Boden.) 6.87 } 14.10 gr. 7.23 } $\frac{93}{73}$ <b>81</b>	(120 Wasser + 140 Boden.) 8.47 } 20.52 gr. 12.05 } $\frac{115}{121}$ <b>118</b>	(35 Wasser + 160 Boden.) 6.21 } 13.16 gr. 6.95 } $\frac{84}{70}$ <b>76</b>	(140 Wasser + 140 Boden.) 8.30 } 19.13 gr. 10.83 } $\frac{113}{109}$ <b>110</b>	(50 Wasser + 150 Boden.) 5.55 } 12.85 gr. 7.30 } $\frac{75}{78}$ <b>74</b>	200 Wasser. 7.37 } 17.33 gr. 9.96 } $\frac{100}{100}$ <b>100</b>
3 April.	Anfänglicher Inhalt: 200 Wasser. Verlust $\left. \begin{matrix} \text{zuerst} \\ \text{später} \end{matrix} \right\}$ zusammen: 10.47 } 28.32 gr. 17.85 } Verhältnis: $\frac{110}{119}$ <b>115</b>	(140 Wasser + 100 Boden.) 11.52 } 30.29 gr. 18.77 } $\frac{122}{125}$ <b>123</b>	(28 Wasser + 125 Boden.) 6.25 } 13.00 gr. 6.75 } $\frac{66}{45}$ <b>53</b>	(140 Wasser + 160 Boden.) 10.94 } 28.92 gr. 17.98 } $\frac{115}{120}$ <b>118</b>	(30 Wasser + 185 Boden.) 5.47 } 11.75 gr. 6.28 } $\frac{58}{42}$ <b>48</b>	(120 Wasser + 140 Boden.) 10.89 } 28.97 gr. 18.08 } $\frac{115}{120}$ <b>118</b>	(22 Wasser + 160 Boden.) 5.80 } 12.38 gr. 6.58 } $\frac{61}{44}$ <b>50</b>	(150 Wasser + 140 Boden.) 10.05 } 26.65 gr. 16.60 } $\frac{106}{110}$ <b>108</b>	(37 Wasser + 150 Boden.) 6.87 } 16.79 gr. 9.92 } $\frac{72}{66}$ <b>68</b>	200 Wasser. 9.48 } 24.53 gr. 15.05 } $\frac{100}{100}$ <b>100</b>
5 April.	Anfänglicher Inhalt: 200 Wasser. Verlust $\left. \begin{matrix} \text{zuerst} \\ \text{später} \end{matrix} \right\}$ zusammen: 7.52 } 23.90 gr. 16.38 } Verhältnis: $\frac{112}{119}$ <b>117</b>	(140 Wasser + 100 Boden.) 8.30 } 25.52 gr. 17.22 } $\frac{123}{125}$ <b>124</b>	(15 Wasser + 125 Boden.) 3.94 } 8.62 gr. 4.68 } $\frac{58}{34}$ <b>42</b>	(140 Wasser + 160 Boden.) 8.20 } 24.90 gr. 16.70 } $\frac{121}{122}$ <b>122</b>	(18 Wasser + 185 Boden.) 3.14 } 7.27 gr. 4.13 } $\frac{47}{30}$ <b>35</b>	(120 Wasser + 140 Boden.) 8.10 } 24.62 gr. 16.52 } $\frac{120}{120}$ <b>120</b>	(9 Wasser + 160 Boden.) 3.18 } 7.51 gr. 4.33 } $\frac{47}{32}$ <b>37</b>	(140 Wasser + 140 Boden.) 7.77 } 23.00 gr. 15.23 } $\frac{115}{111}$ <b>112</b>	(19 Wasser + 150 Boden.) 4.37 } 10.80 gr. 6.43 } $\frac{65}{47}$ <b>53</b>	200 Wasser. 6.75 } 20.48 gr. 13.73 } $\frac{100}{100}$ <b>100</b>
6 April.	Anfänglicher Inhalt: 200 Wasser. Verlust $\left. \begin{matrix} \text{zuerst} \\ \text{später} \end{matrix} \right\}$ zusammen: 14.10 } 28.20 gr. 14.10 } Verhältnis: $\frac{115}{119}$ <b>117</b>	(140 Wasser + 100 Boden.) 15.00 } 29.90 gr. 14.90 } $\frac{122}{126}$ <b>124</b>	(6 Wasser + 125 Boden.) 4.51 } 7.48 gr. 2.97 } $\frac{37}{25}$ <b>31</b>	(140 Wasser + 160 Boden.) 14.60 } 29.15 gr. 14.55 } $\frac{119}{123}$ <b>121</b>	(11 Wasser + 185 Boden.) 3.33 } 5.33 gr. 2.00 } $\frac{27}{17}$ <b>22</b>	(120 Wasser + 140 Boden.) 14.45 } 28.88 gr. 14.43 } $\frac{118}{122}$ <b>120</b>	(2 Wasser + 160 Boden.) 3.25 } 5.60 gr. 2.35 } $\frac{26}{20}$ <b>23</b>	(140 Wasser + 140 Boden.) 13.30 } 26.10 gr. 12.80 } $\frac{108}{108}$ <b>108</b>	(8 Wasser + 150 Boden.) 3.77 } 6.07 gr. 2.30 } $\frac{31}{19}$ <b>25</b>	200 Wasser. 12.28 } 24.15 gr. 11.87 } $\frac{100}{100}$ <b>100</b>
Temperatur: 8 April, 10 <sup>h</sup> V.	34°	36°	—	33°5	—	32°8	—	31°	—	32°