

## Mittheilungen.

### 20. Alfred Burgerstein: Ueber die Transpirationsgrösse von Pflanzen feuchter Tropengebiete.

Eingegangen am 9. März 1897.

Ueber die Transpirationsgrösse der Pflanzen in heiss-feuchten Tropengebieten sind verschiedene Ansichten verbreitet.

Während G. HABERLANDT<sup>1)</sup>, welcher sich gelegentlich seines Aufenthaltes (November 1891 bis Februar 1892) in Buitenzorg bemüht hatte, die Transpirationsverhältnisse mehrerer dort vorkommender Pflanzen zu ermitteln, zu dem Ergebniss kam, dass die Verdunstungsgrösse der westjavanischen (speciell der von ihm untersuchten) Gewächse bedeutend geringer sei als die Wasserabgabe derjenigen Pflanzen, welche in unserem mitteleuropäischen Klima gedeihen, fand STAHL<sup>2)</sup> auf Grund von Beobachtungen, die er gleichfalls in Buitenzorg machte, dass die Transpiration in dem feucht-warmen Klima Javas keineswegs so gering zu schätzen sei, wie dies HABERLANDT gethan hat.

Es hat ferner auch WIESNER<sup>3)</sup> einige Transpirationsversuche in Buitenzorg ausgeführt, da es für seine Studien über den Einfluss der Lichtintensität auf gewisse Vegetationsprocesse erforderlich war, sich über die Grösse der Wasserabgabe der Pflanzen in heiss-feuchten Tropengebieten Klarheit zu verschaffen.

Prof. WIESNER hatte vor der Hand nicht die Absicht, die Ergebnisse dieser Transpirationsversuche zu publiciren, da er gegenwärtig mit anderweitigen Untersuchungen auf pflanzenphysiologischem Gebiete vollauf in Anspruch genommen ist.

Da jedoch die Beobachtungen WIESNER's geeignet sind, manches zur Klärung der durch die kritischen Bemerkungen STAHL's strittig

1) Anatomisch-physiologische Untersuchungen über das tropische Laubblatt. Sitzungsber. der Akad. der Wiss., Wien, Bd. 101, 1892.

2) Einige Versuche über Transpiration und Assimilation. Botan. Zeitung, 52. Jahrg., 1894.

3) Vergl. J. WIESNER, Pflanzenphysiologische Mittheilungen aus Buitenzorg. I—V Sitzungsber. der K. Akad. der Wiss., Wien 1894. — Ferner „Untersuchungen über das photochemische Klima von Wien, Cairo und Buitenzorg“ von J. WIESNER (unter Mitwirkung von W. FIGDOR, F. KRASSER und L. LINSBAUER). Denkschriften der K. Akad. der Wissensch., Wien, 64. Bd., 1896.

gewordenen Frage über die Grösse und physiologische Bedeutung der Transpiration der im feuchten Tropenklima auftretenden Gewächse beizutragen, so hatte Prof. WIESNER auf mein Ersuchen hin die Güte, mir sein Beobachtungsmaterial zur Bearbeitung und Veröffentlichung zu überlassen. Dies soll in dem vorliegenden Aufsätze geschehen.

Ich habe schon bemerkt, dass STAHL die von HABERLANDT aus seinen Versuchsergebnissen gezogenen Schlüsse rücksichtlich der Transpirationsgrösse der Vegetation Buitenzorgs, bezw. jener heiss-feuchter Tropengebiete überhaupt, in Zweifel gezogen hat. Wir müssen uns daher zunächst mit den HABERLANDT'schen Versuchen beschäftigen. Zur Ermittlung der Transpirationsgrösse bediente sich der genannte Forscher theils abgeschnittener, beblätterter Sprosse, theils abgeschnittener Blätter. Die unteren Enden der Versuchsobjecte tauchten mit der Schnittfläche in mit Wasser gefüllte Glaszylinder, welche mit einem central durchbohrten Korke verschlossen wurden. Durch die Korkbohrung ging das untere Ende der Zweige bezw. der Blattstiele hindurch. Der Zwischenraum zwischen den Rändern des Bohrloches und des durchgesteckten Pflanzentheiles war mit Baumwolle verstopft.

Die Versuchsobjecte standen auf dem freien Platze vor dem Laboratorium des Buitenzorger Gartens unter einem allseits offenen Zelt, dessen mattes Glasdach mit Schlinggewächsen bekleidet war. Vor directer Insolation und vor Benetzung durch Regen waren sie vollkommen geschützt.

Die Transpirationsverluste wurden während zweier oder dreier Tage täglich zweimal (gewöhnlich um 7 a. M. und 3 p. M.) durch Wägung ermittelt. Aus den erhaltenen Gewichts-differenzen wurde die Transpirationsgrösse für einen Tag (24 Stunden), ferner für eine Vormittagsstunde (stündlicher Durchschnitt für die Zeit von 7 a. M. bis 3—5 p. M.) und für eine Nachmittags-Nachtstunde (stündlicher Durchschnitt für die Zeit von 3—5 p. m. bis 7 a. m.) berechnet und einheitlich auf 1 *qdm* Spreitenfläche sowie auch auf 1 *g* Blatt-Frischgewicht umgerechnet.

Von den 17 Pflanzenarten, deren Transpirationsgrösse von HABERLANDT ermittelt wurde, verloren pro Tag und 1 *dm*<sup>2</sup> Blattfläche neun Arten weniger als 1 *g* (0,29—0,89 *g*), sechs zwischen 1—2 *g* (1,0 bis 1,86 *g*) und nur zwei transpirirten stärker, nämlich *Phoenix spec.* (2,60 *g*) und *Acalypha tricolor* (3,25 *g*).

Pro Tag und 1 *g* Blattgewicht verloren elf Pflanzen weniger als 0,5 *g*, drei zwischen 0,5—1 *g* und nur *Acalypha* 1,79 *g*<sup>1)</sup>.

HABERLANDT theilt weiter die von ihm nach gleicher Methode im Grazer Botanischen Garten ermittelte Transpirationsgrösse einiger ein-

1) Für zwei Pflanzen (*Albizia moluccana* und *Bactris speciosa*) ist die Umrechnung pro Gramm Blattgewicht nicht angegeben.

heimischer Holzpflanzen mit: *Aesculus Hippocastanum*, *Syringa vulgaris*, *Acer Pseudoplatanus*, *Corylus Avellana*, *Cornus sanguinea*, *Pirus communis*. Zweige dieser Gewächse verloren (August, Temp. 21—31° C., rel. F. 49—80 pCt.) pro Tag und  $dm^2$  Blattfläche 1,37—5,97 g an Gewicht. Anschliessend reproducirt HABERLANDT die von N. J. C. MÜLLER für verschiedene einheimische Holzarten berechneten Transpirationswerthe, die sich pro Tag und  $dm^2$  Blattfläche zwischen 2,42—7,96 g bewegen.

Aus dem Vergleich der mitgetheilten Daten folgert HABERLANDT, dass die Transpiration der untersuchten Tropenpflanzen in dem feucht-warmen Klima von Buitenzorg bedeutend geringer ist, als die Transpiration von Gewächsen, welche in unserem mitteleuropäischen Klima gedeihen“. Nach seiner Ansicht ist die Transpiration der Pflanzen in unserem Klima mindestens 2—3mal grösser als die der Vegetation im feucht-warmen Tropengebiete.

Gegen die Versuchsanstellung HABERLANDT's könnte eingewendet werden, dass es besser gewesen wäre, mit ganzen, bewurzelten Pflanzen als mit abgeschnittenen Zweigen oder einzelnen Blättern zu experimentiren. Da indess HABERLANDT die Versuchszeit jedesmal auf zwei bis drei Tage reducirte, so fällt dieser Einwand — obgleich er berechtigt — nicht schwer in's Gewicht.

Allein bei dieser Gelegenheit muss ich eine Meinung HABERLANDT's corrigiren. Er sagt: „Bekanntlich transpiriren in Wasser gestellte Pflanzen und Pflanzentheile stärker als im Boden wurzelnde Pflanzen.“ Angenommen, dass dies richtig wäre, so müsste die factische Wasserabgabe der untersuchten Buitenzorger Pflanzen noch geringer sein als die von HABERLANDT durch Wägung und Rechnung gefundene Verdunstungsgrösse, da, wie eben bemerkt, HABERLANDT mit in Wasser gestellten Pflanzentheilen operirte.

Soweit mir die Transpirationslitteratur bekannt ist, hat sich KRUTITZKY<sup>1)</sup> dahin geäussert, dass sowohl die Wassereinsaugung (durch die Schnittfläche), als auch die Wasserabgabe abgeschnittener Blätter grösser ist, als die von Blättern, die im organischen Verbande mit der Pflanze stehen. Ebenso verdunstet nach KRUTITZKY jedes einzelne Blatt eines Zweiges am Zweige stehend weniger, als wenn es nach Abtrennung in einem besonderen Transpirationsapparat steht.

Nun ist aber diese Ansicht von KRUTITZKY nicht richtig. Wahr ist vielmehr, dass sich die Verdunstungsgrösse eines abgeschnittenen und mit der Schnittfläche in Wasser stehenden Blattes — unter sonst gleichen Bedingungen — von Tag zu Tag vermindert<sup>2)</sup>.

1) Vgl. meine „Materialien zu einer Monographie der Transpiration“. I. Th., S. 65.

2) Dass sich die Wasseraufnahme durch die Schnittfläche lebender Zweige von Tag zu Tag vermindert, hat schon HALES beobachtet.

Zur Begründung führe ich folgende Beobachtungen an: WIESNER bestimmte die Transpirationsgrösse einer bewurzelten, in Wasser stehenden, gesunden Pflanze von *Ficus elastica*. Der entsprechend adjustirte Apparat wurde (im pflanzenphysiologischen Institute der hiesigen Universität) durch mehrere Tage von 8 a. M. bis 8 p. M. stündlich gewogen. Es betrug nun bei einer Temperatur von 13 bis 15,4°C. und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 40 bis 53 pCt. die durchschnittlich stündliche Gewichtsabnahme in sechs auf einander folgenden Tagen (I—VI) in Gramm:

I. = 0,097	IV. = 0,086
II. = 0,093	V. = 0,098
III. = 0,111	VI. = 0,085

Dagegen gab ein abgeschnittenes und mit der Schnittfläche in Wasser stehendes *Ficus*blatt bei einer Temperatur von 18—21°C. und einer relativen Feuchtigkeit von 66—74 pCt. in sechs auf einander folgenden Tagen (I—VI) durchschnittlich pro Stunde Gramm Wasser ab:

I. = 0,039	IV. = 0,022
II. = 0,032	V. = 0,020
III. = 0,025	VI. = 0,019

Ich selbst habe ein paar Versuche mit *Aucuba japonica* gemacht.

A) Bei einer gesunden Topfpflanze mit vier grösseren und zwei kleineren Blättern wurde der (ausser glisirte) Topf oberseits mit einer halbirtten, central durchbohrten Glasplatte (mittelst Knetwachs) gedeckt, und ausserdem wurde der ganze Topf mit Stanniol gut umwickelt. Dieser Verschluss war zwar nicht wasserdicht, aber immerhin befriedigend, da bei einem täglichen Gesamtgewichtsverlust (Topf und Pflanze) von 1500—2000 mg der Gewichtsverlust des Topfes allein (wie nachträglich constatirt wurde) nur etwa 12 mg pro Tag betrug. Die Wägungen wurden täglich zu derselben Stunde vorgenommen. Die Pflanze stand im diffusen Tageslicht; die Temperatur bewegte sich (während des Tages) zwischen 14—18,8°C., die relative Feuchtigkeit zwischen 65—80 pCt.

B) Nach sechs Tagen (am 1. Januar 1897) wurde der Stamm an der Basis abgeschnitten und mit dem unteren Theile in einen mit destillirtem Wasser gefüllten Glaszylinder eingeführt. Die Wasseroberfläche war mit einer Schicht Olivenöl gedeckt; die von Oel umgebene Stengelpartie wurde mit Stanniol umwickelt. Die Wägungen wurden täglich einmal bis zum 8. Januar vorgenommen. Tages-temperatur 14,8—18,5°C., relative Luftfeuchtigkeit 65—74 pCt. Schwach diffuses Licht.

C) Gleichzeitig mit Versuch A wurde die Transpiration eines einzelnen Blattes einer *Aucuba* bestimmt, welches mit dem Blattstiel in Wasser tauchte (Oelschichte etc.).

D) Ein *Aucuba*-Blatt ( $O = 204 \text{ cm}^2$ ) wurde unter denselben äusseren Bedingungen ohne Wasser frei aufgestellt.

Die für  $100 \text{ cm}^2$  Blattspaltenoberfläche berechnete Transpirationsgrösse<sup>1)</sup> betrug für 24 Stunden in den auf einander folgenden Tagen:

A) Bewurzelte Pflanze in sehr feuchtem Boden: 0,482, 0,520, 0,524<sup>2)</sup>, 0,610, 0,585, 0,601 g.

B) Dieselbe Pflanze ohne Wurzeln, mit dem unteren Stengeltheil in Wasser stehend: 518, 485, 290, 262, 115, 133, 114, 112 g.

C) Ein Blatt mit dem unteren Stielende in Wasser: 304, 215, 144, 65, 62, 51 g.

D) Ein Blatt ohne Wasserzufuhr: 352, 118, 96, 94, 73, 61, 56 g.

Aus diesen Zahlen ergibt sich, dass die Ansicht, dass abgeschnittene, im Wasser stehende beblätterte Sprosse oder Blätter mehr transpiriren als im Boden wurzelnde Pflanzen, nicht richtig ist. Man sieht vielmehr, dass bei dem abgeschnittenen *Aucuba*-Sprosse schon am dritten Tage, beim einzelnen Blatte schon am zweiten Tage eine ansehnliche Depression der Verdunstung gegenüber der Wasserabgabe der (in sehr feuchtem Boden) eingewurzelten Pflanze eintrat.

Der Vorwurf aber, welcher HABERLANDT gemacht werden muss, ist, dass er seine Versuchspflanzen nicht im Freien exponirte, dass dieselben niemals von der Sonne direct beschienen wurden, und dass daher die von ihm berechneten Zahlen eine richtige Vorstellung von den thatsächlichen Transpirationsverhältnissen im feucht-warmen Tropengebiete zu geben nicht im Stande sind.

Der Ansicht HABERLANDT's betreffs der geringen Wasserabgabe javanischer Gewächse ist bereits STAHL entgegengetreten, indem er sagt<sup>3)</sup>:

„Für die in Wäldern und sonstigen schattigen Orten wachsenden Pflanzen, die der Einwirkung des directen Sonnenlichts entzogen sind und von fast gesättigter Atmosphäre umgeben sind, mag die HABERLANDT'sche Annahme zutreffend sein. Was dagegen die der Sonne ausgesetzten Tropenpflanzen betrifft, so lassen die oben mitgetheilten Erfahrungen (weite Oeffnung der Spaltöffnungen bei Besonnung und grosser Luftfeuchtigkeit etc.) es mir wahrscheinlich erscheinen, dass ihre Verdunstungsgrösse viel zu gering angeschlagen wird. Wenn auch z. B. in Buitenzorg die Sonne während der Regenzeit meist nur etwa

1) Ein Theil der „Transpirationsgrösse“ kommt — namentlich bei abgeschnittenen Blättern — auf Rechnung der Athmung.

2) Am dritten Tage wurde Wasser zugegossen.

3) l. c. S. 122.

5 bis 6 Stunden die Pflanzen bescheint, so sind doch in dieser Zeit die Transpirationsbedingungen gerade wegen des Wasserdampfgehaltes der Luft und des Bodens äusserst günstig. Die von HABERLANDT gefundenen relativ geringen Verdunstungsgrössen erklären sich meines Erachtens aus der Art seiner Versuchsanstellung.“

Wie gewaltig die Unterschiede in der Verdunstungsgrösse von Pflanzen in feucht-heissen Tropengebieten sein können, je nach der Lichtintensität, der die betreffenden Pflanzen ausgesetzt sind, davon geben die folgenden Beobachtungen WIESNER's eine Vorstellung.

Ich führe zunächst zwei Versuchsreihen an, die WIESNER in Buitenzorg mit Reispflanzen ausführte. Die beiden Pflanzen (A, B) wurden mit den Wurzeln und der diesen anhaftenden Erde vorsichtig aus dem Boden gehoben. Dann wurde der die Wurzeln einschliessende Erdballen in ein mit Wasser gefülltes Becherglas versenkt und die Wasseroberfläche mit einer Oelschicht gedeckt. Die Ermittlung der Transpiration geschah durch Wägungen des ganzen Apparates.

#### Reispflanze A.

Versuchszeit Uhr a. M.	Temperatur	Relative Feuchtigkeit	Beleuchtung <sup>1)</sup>	Transpiration pro Stunde
6,50— 7,50	22,0—22,5°	95—96	diffus	0,81 g
7,50— 9,17	22,5—23,5°	89—95	} 70 Min. diffus } } 17 „ So—S <sub>2</sub> }	2,32 „
7,20—10,10	25,0—25,2°	82—94		So—S <sub>2</sub>
10,11—10,19	25,2—28,5°	73—72	S <sub>3</sub> —S <sub>4</sub>	10,57 „

#### Reispflanze B.

Versuchszeit Uhr	Temperatur	Relative Feuchtigkeit	Beleuchtung	Transpiration pro Stunde
8,43— 9,00	26,2°	82	Sonne	15,35 g
9 — 9,15	27°	70	diffus	0,09 „
9,18— 9,34	27,2°	?	Sonne	8,91 „
9,39—10,10	27°	74	diffus	2,85 „

Eine weitere Versuchsreihe wurde an einem sonnigen Vormittage mit einem jüngeren (rothen) und einem älteren (grünen) Blatte von *Amherstia nobilis* durchgeführt. Die Blätter standen mit dem Stiel in mit Wasser gefüllten Glaszylindern. Es betrug die Transpiration, berechnet pro Stunde und 100 g Lebendgewicht, in Gramm:

<i>Amherstia</i>	Rothes Blatt	Grünes Blatt
Bedeckter Vorraum . . . . .	1,22	1,00
Freie Exposition So . . . . .	1,88	2,56
„ „ S <sub>2</sub> . . . . .	2,40	5,33
„ „ S <sub>4</sub> . . . . .	3,11	8,44

1) Die für die Sonnenbedeckung gewählten Bezeichnungen bedeuten: So Sonne vollständig bedeckt; S<sub>1</sub> Sonne nur als heller Schein am Himmel sichtbar; S<sub>2</sub> Sonne als Scheibe zu sehen; S<sub>3</sub> Sonne nur von leichtem Dunst oder von einem zarten Wolkenschleier bedeckt; S<sub>4</sub> Sonne vollkommen unbedeckt erscheinend.

Einen Transpirationsversuch mit einem grünen Blatte von *Amherstia nobilis* hat auch Dr. FIGDOR gelegentlich seiner botanischen Studien in Buitenzorg ausgeführt. Derselbe hatte die Freundlichkeit, mir die diesbezüglichen Resultate zur Verfügung zu stellen.

Versuchszeit Uhr	Temperatur	Relative Feuchtigkeit	Aufstellung	I.	II.
8,25— 9,8	25 —27,0°	70—81	frei, $S_1—S_2$	6,23	0,17
9,8 — 9,41	27 —27,5°	70—71	„ $S_2—S_3$	7,77	0,18
9,41—10,15	27,1—27,5°	69—74	} diffus. Bedeckter Vorraum }	4,47	0,10
10,15—11,20	27,1—28,1°	69—74			

Hierbei bedeutet I die Transpiration (in Gramm) berechnet pro Stunde und 100 g Blattlebendgewicht, II jene pro Stunde und 100 cm<sup>2</sup> Blattoberfläche.

Aus diesen Resultaten geht wohl der mächtige Einfluss der Sonne bei gleichzeitig grosser Luftfeuchtigkeit auf die Transpiration hervor.

Welch unrichtige Vorstellung HABERLANDT über die Transpirationsleistung von Pflanzen heiss-feuchter Tropengebiete dadurch erlangen musste, dass er seinen Versuchspflanzen die directe Sonnenwirkung entzog, zeigen die WIESNER'schen Reisversuche.

Bei der Reispflanze A betrug das Lebendgewicht der transpirirenden Theile 21,5 g, die Versuchszeit 205 Minuten ( $3\frac{5}{12}$  Stunden), und die während dieser Zeit abgegebene Wassermenge 11,8 g. Daraus ergibt sich pro Gramm Frischgewicht der transpirirenden Organe eine Verdunstungsgrösse von 0,548 g. — Bei der Reispflanze B betrug das Lebendgewicht der transpirirenden Theile 18,7 g, und die während 79 Minuten ( $1\frac{1}{3}$  Stunden) abgegebene absolute Wassermenge 8,2 g; dies giebt pro Gramm Lebendgewicht 0,438 g.

Die Transpirationswerthe 0,548 g und 0,438 g pro Gramm Frischgewicht für die Zeit von nur  $3\frac{5}{12}$  beziehungsweise  $1\frac{1}{3}$  Stunden sind aber schon so gross, dass sie die vierundzwanzigstündige Transpirationsgrösse der meisten Versuchspflanzen HABERLANDT's übertreffen.

Wie bedeutend die Transpiration in Buitenzorg sein kann, geht auch aus den nachstehenden Beobachtungen WIESNER's<sup>1)</sup> hervor: Um sich durch eigene Untersuchungen über das Verhalten frei exponirter, krautiger, überhaupt zarter Pflanzen zum Regen zu unterrichten, liess WIESNER mehrere derartige Pflanzen eintopfen und an einer dem Regen vollkommen zugänglichen Stelle des Buitenzorger Gartens vor den Fenstern seines Wohnzimmers (um sie während des stärksten Regens mit Ruhe beobachten zu können) in den Boden eingraben. Als Versuchspflanzen dienten ein *Coleus*, ein zartblättriges *Adiantum*, eine

1) Untersuchungen über die mechanische Wirkung des Regens auf die Pflanze nebst Beobachtungen und Bemerkungen über secundäre Regenwirkungen. Annal. du Jard. Bot. de Buitenzorg. Vol. XV. 1897.

noch ganz krautige *Jatropha*, endlich *Mimosa pudica*, alle vollkommen gesund und kräftig. Eine Versuchsreihe begann am 21. December 1895.

„Die Pflanzen waren täglich, und an einigen Tagen sehr starkem Regen ausgesetzt, ohne dass die geringste mechanische Schädigung an den zarten Pflanzentheilen bemerkbar geworden wäre<sup>1)</sup>. Der 29. December war ein vollkommen regenfreier Tag; der Vormittag war sonnig und am Mittag war die Sonne vollkommen unbedeckt. An diesem Tage gingen alle Versuchspflanzen (welche auch an diesem Tage nicht begossen wurden) durch Verdorren zu Grunde“.

„Ich führe“ — sagt WIESNER — „dies besonders an, weil noch immer die Meinung verbreitet ist, das im heissfeuchten Tropengebiete die Transpiration sehr gering sei. Die angeführte Beobachtung lehrt aber, welche enorme Transpiration selbst bei der hohen Luftfeuchtigkeit in den Tropen sich einstellen kann, und sich immer einstellt, wenn die Organe insolirt sind. Man denkt bei der Beurtheilung der Transpirationsverhältnisse der Pflanzen des heissfeuchten Tropengebietes gewöhnlich nur an die dort herrschende, zumeist enorm hohe Luftfeuchtigkeit und übersieht die von mir schon seit langer Zeit constatirte Steigerung der Verdunstung grüner Pflanzentheile im Lichte in Folge Umsetzung des des in das Chlorophyll einstrahlenden Lichtes in Wärme.“

Die zweite Versuchsreihe begann WIESNER am 30. December 1893 mit denselben Pflanzenarten. Sie erhielten sich sehr gut bis zum 16. Januar 1894, einem regenlosen, zum Theil sonnigen Tage, an welchem alle Versuchspflanzen in Folge übermässiger Transpiration den Zustand des höchsten Welkens darboten, *Adiantum* aber vollkommen vertrocknete.

HABERLANDT hat indessen aus eigener Erfahrung den mächtigen Einfluss der Insolation auf die pflanzliche Wasserabgabe in Buitenzorg kennen gelernt. Nach seinen Angaben betrug bei einer Blattfieder der Cocospalme die durchschnittliche Transpiration während einer „Nachmittags-Nachstunde“ 0,029 g, dagegen in einer Vormittagsstunde bei directer Insolation 0,80 g, also das 27,6 fache.

Wenn HABERLANDT seine Buitenzorger Transpirationsversuche vielleicht mit der vorgefassten Meinung begann, die Wasserabgabe der

---

1) Wie WIESNER gefunden hat, ist die mechanische Wirkung des Regens auf die Pflanze nahezu gleich Null. Der Grund liegt darin, dass a) in Folge des kleinen Tropfengewichtes (die schwersten Regentropfen wiegen nur 0,16 g) und der verminderten Fallgeschwindigkeit (etwa 7 m pro Secunde) die lebendige Kraft, mit welcher die Regentropfen zur Erde gelangen, sehr gering ist und dass b) frei bewegliche Pflanzentheile (Blüthen- und Laubblätter) in Folge ihrer ausserordentlichen Biegungselasticität viel heftigere Stösse, als die schwersten Regentropfen auszuüben vermögen, ohne Schaden zu ertragen im Stande sind. Mannigfaltig ist die indirecte (secundäre) Regenwirkung auf die Vegetation.

dortigen Pflanzen könne in Folge der grossen Luftfeuchtigkeit keinesfalls gross sein<sup>1)</sup>, — das überraschende Resultat mit der Cocosblattpflanze hätte ihn bestimmen sollen, seine Versuchspflanzen im Freien aufzustellen und ihnen durch einige Vormittagsstunden den vollen Genuss der javanischen Sonne zu gewähren.

Ich möchte noch darauf hinweisen, dass MARCANO<sup>2)</sup> bereits im Jahre 1884 zu Carácas in Venezuela Transpirationsversuche anstellte, und fand, dass seine Versuchspflanzen in den Vormittagsstunden bedeutend mehr Wasser verloren als in den Nachmittags- und Nachtstunden, was auch HABERLANDT bezüglich der Buitenzorger Pflanzen bestätigte<sup>3)</sup>. Das Maximum der Transpiration war, wie MARCANO angiebt, bemerkenswerth durch seine Constanz (10—12 Uhr Vormittags) und durch seine Grösse, die  $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$  der zwölfstündigen Tagestranspiration ausmachte.

Es hat aber MARCANO, und vor ihm DUCHARTRE und MAC NAB, die Beobachtung gemacht, dass hohe, relative Luftfeuchtigkeit bei verdunkelten oder beschatteten Gewächsen die Transpiration bedeutend deprimirt, dass sie jedoch für insolarisierte Pflanzen von sehr untergeordneter Bedeutung sei. Diese Erscheinungen werden aber verständlich durch die wichtigen Untersuchungen und Erklärungen WIESNER's (deren Richtigkeit COMES, HENSLAW, VAN TIEGHEM, BONNIER und MANGIN bestätigt haben), dass die Lichtabsorption im Chlorophyll (und in anderen Zellinhaltsstoffen) einen Umsatz von Licht in Wärme bedeutet, in Folge dessen die Spannung der Wasserdünste in den Intercellularen erhöht wird. Da auch die Spaltöffnungen im Lichte gerade bei grosser Boden- und Luftfeuchtigkeit in der Regel weit geöffnet sind, so ergibt sich, dass bei einer besonnten Pflanze auch in absolut feuchtem Raume intercellulare (stomatäre) Transpiration stattfinden muss.

Ich möchte noch einiges zu Gunsten der Transpiration in regenreichen Tropengebieten anführen.

FRIEDRICH HABERLANDT hat (1877) die interessante Beobachtung gemacht, dass im Wasser eingetaucht gewesene Blätter an der Luft rascher austrocknen, als solche, bei denen die Wasserimmersion unterblieb. Die Richtigkeit dieser Erscheinung, dass benetzt gewesene und abgetrocknete Blätter rascher welken, also stärker transpiriren, als unbenetzt gewesene, wurde von DETMER, BÖHM und WIESNER be-

---

1) HABERLANDT sagt (S. 809): „Dieses Ergebniss (geringe Transpiration im feuchtwarmen Tropenklima) war ja im Grunde genommen vorauszusehen.“ —

2) Compt. rend. de l'acad. des sc. de Paris, 99. Bd., 1884. Ueber die Transpirationslitteratur bis zum Jahre 1889 siehe meine „Materialien zu einer Monographie der Transpiration“, I. Theil, 1887. II. Theil 1889. Wien (A. HÖLDER).

3) Da HABERLANDT die Abhandlung von MARCANO nicht citirt, dürfte sie ihm nicht bekannt sein.

stätigt. Ich selbst machte im Februar dieses Jahres folgenden Versuch: Ein turgescentes, 4,540 g schweres Blatt von *Piper nigrum* wurde auf die Wage gehängt und die Zeit notirt, welche zu einem Gewichtsverluste von je 20 mg nötig war. Diese Zeitdauer betrug nach einander 8, 10, 10, 11, 12, 12, 12, 13 Minuten. Nun wurde das Blatt durch 4 Stunden unter Wasser gehalten, dann herausgenommen, und, nachdem es augenscheinlich trocken geworden war, neuerdings auf die Wage gehängt. Jetzt bedurfte es zum Verluste von je 20 mg  $1\frac{1}{2}$ ,  $1\frac{1}{2}$ ,  $1\frac{1}{2}$ ,  $1\frac{1}{2}$ , 2,  $1\frac{3}{4}$ ,  $1\frac{3}{4}$ ,  $1\frac{1}{2}$ , 2,  $2\frac{1}{2}$ , 2,  $2\frac{1}{2}$  Minuten. Das Blatt wog dann 4,200 g und war nicht mehr so turgescent, als am Anfange des Versuches. WIESNER constatirte aber auch, dass untergetaucht gewesene und mit der Pflanze im organischen Verbande stehende Blätter und Sprosse an der Luft nicht welken, wenn ihnen genügend Wasser von unten zugeleitet wird. Daraus folgt, dass die Benetzung der Blätter deren Transpiration und Wasserleitung befördert. Letzteres ist aber in dem sehr feuchten Boden regenreicher Tropengebiete leicht möglich. STAHL bespricht in seiner Abhandlung<sup>1)</sup> „Regenfall und Blattgestalt“ u. a. den Nutzen, den die rasche Trockenlegung der Blattspreite bei Pflanzen regenreicher Gebiete durch die „Träufelspitze“ hat. Dieser Nutzen ist ein mehrfacher, u. a. Beförderung der Transpiration. Zu den von STAHL angeführten Momenten kann beigefügt werden, dass in Folge der lang andauernden Beregnung wenigstens der vollkommen benetzbaren Oberseite der Blätter sich, nach dem Aufhören des Regens und rascher Trockenlegung der Spreiten, die Transpiration (und Wasserleitung) der in Betracht kommenden Pflanzen erhöht.

Ein weiterer Umstand, der zu Gunsten der Transpiration in feuchtwarmen Gebieten spricht, ist folgender: HALES, RISLER und FITTBOGEN haben gefunden, dass die Transpiration sich mit Zunahme der Bodenfeuchtigkeit vergrößert. Ich selbst habe im Januar und Februar a. c. zwei Versuche gemacht, die dies bestätigen. Bei einer Topfpflanze von *Aucuba japonica* wurde die Topferde reichlich begossen, und nachdem der Ausfluss aus dem Bodenloche des (kleinen) Topfes vollständig aufgehört hatte, wurde letzterer in der früher angegebenen Weise verschlossen. Die Pflanze stand in der Dunkelkammer des Wiener pflanzenphysiologischen Institutes. Innerhalb der 14 tägigen Versuchszeit schwankte die Temperatur zwischen 9—15,8° C.<sup>2)</sup>, die relative Feuchtigkeit zwischen 56—69 pCt. Die Wägungen wurden täglich einmal, in der Regel zu derselben Zeit vorgenommen. Die pro 24 Stunden berechnete absolute Wassergabe der Pflanze betrug in den auf einander folgenden Tagen: 5,705, 5,350, 4,906, 4,780, 3,932, 3,848, 3,762, 3,342, 3,180 g.

1) Ann. du Jard. Botan. de Buitenzorg. Vol. XI, 1893.

2) Nach Angabe eines Maximum-Minimum-Thermometers.

Die Topferde wurde nun neuerdings begossen und dann betrug die Transpiration 3,660, 3,575, 3,420 g.

Eine Topfpflanze von *Francoa sonchifolia*, die gleichfalls in einem kleinen Topfe gezogen war, wurde ebenso adjustirt. Sie stand in einem anderen Raume des Institutes und genoss schwach diffuses Licht. Temperatur innerhalb der 13 tägigen Versuchszeit: 14,2—19,0° C., relative Feuchtigkeit 65—72 pCt. Wägungen einmal täglich, in der Regel zu derselben Zeit. Die pro 24 Stunden berechnete Wasserabgabe der Pflanze betrug in den auf einander folgenden Tagen 5,591, 4,671, 3,868, 3,805, 3,286, 2,974, 2,625 g.

Die Topferde wurde neuerdings begossen und die tägliche Wasserabgabe betrug dann 3,104, 2,986, 2,942, 2,877, 2,427 g.

Da also die Transpiration einer Pflanze mit der Zunahme der Bodenfeuchtigkeit wächst, so ergibt sich auch daraus ein Moment für die Acceleration der Verdunstung in regenreichen Gegenden.

Von der Praemisse ausgehend, dass die Vegetation der feuchtwarmen Niederungen Westjavas bei üppigem Wachsthum doch nur eine relativ geringe Wasserabgabe leistet, kommt HABERLANDT zu der Conclusion, dass diese Umstände „gewiss ein schwer wiegendes Argument gegen die Annahme bilden, dass der Transpirationsstrom als Vehikel der Nährsalze für die Ernährung der grünen Landpflanze von massgebender Bedeutung sei“. HABERLANDT meint: „Der grünen Landpflanze stehen osmotische Kräfte zur Verfügung, welche selbst bei reichlichster Assimilation eine hinreichende Menge von Aschenbestandtheilen aus den Wurzeln in die höchsten Baumkronen hinauf befördern“. — Es ist gewiss, dass osmotische Kräfte innerhalb der Blattgewebe sowie des Strang- und Strahlparenchyms von hervorragender Bedeutung sind. Aber diese osmotischen Gleichgewichtsstörungen sind nach meiner Ansicht nicht im Stande, jene grossen Wassermengen rasch in die Baumkrone zu schaffen, welche in Folge des Umstandes, dass die Bodensalze nur in ausserordentlich verdünnten Lösungen von den Wurzeln aufgenommen werden, in die Assimilationszellen behufs reichlicher Production plastischer Stoffe gelangen müssen. Es ist doch klar, dass die grüne Pflanze zur Erzeugung grosser Mengen organischer Substanz auch entsprechend grosse Mengen anorganischer Nährstoffe benöthigt, und dass daher, da die Bodensalze nur in sehr verdünnten Lösungen aufgenommen werden, bei grosser Assimilationsenergie (wie sie die tropische Vegetation zeigt) auch viel Wasser in die Pflanze eintreten muss. Da nun von diesem Wasserquantum nur ein geringer Procentsatz zur Constituirung organisirter Substanz verbraucht wird, so muss eben viel Wasser von der Pflanze abgegeben werden. Die Transpiration aber ermöglicht es, dass (genügende Bodenfeuchtigkeit vorausgesetzt) grosse Mengen von Wasser bzw. Nährstofflösungen in kurzer Zeit durch die wasserleitenden Theile der Gefäss-

bündel in die assimilatorischen Gewebe geschafft werden. Ohne ausgiebige Transpiration kann reichliche Assimilation für längere Dauer nicht stattfinden. Wenn man sagt, die Transpiration sei ein „nothwendiges Uebel“, so ist dies nichts mehr als eine Phrase; ebenso gut könnte man behaupten, die Athmung sei ein nothwendiges Uebel; nothwendig wegen gewisser Oxydationsprocesse, ein Uebel wegen des Verlustes an Kohlenstoff.

Wenn nun die Transpiration der Pflanzen in Buitenzorg thatsächlich so gering sein sollte, wie dies HABERLANDT angiebt, nämlich „bedeutend geringer“ als die der Pflanzen im mitteleuropäischen Klima, so muss man sich doch einigermaßen wundern, dass dann bei den Gewächsen des javanischen Flachlandes dennoch „so häufig Einrichtungen vorhanden sind, welche auf Transpirationsschutz im weitesten Sinne des Wortes hindeuten“. Welchen Zweck mögen wohl — wird man fragen — diese „mannigfaltigen directen und indirecten Schutzeinrichtungen gegen zu starken Wasserverlust“ für die Pflanzen haben, wenn letztere in Folge der grossen Luftfeuchtigkeit überhaupt wenig Wasser durch Transpiration abgeben, und selbst im Falle einer stärkeren Wasserausgabe das Deficit aus dem wasserreichen Boden, „welcher eine ununterbrochene, leichte Wasserversorgung ermöglicht“, ersetzen können? Darauf antwortet HABERLANDT: „Wenn auch die Gesamttanspiration relativ gering ist, so erreicht doch die Transpiration in den wenigen, sonnigen Vormittagsstunden, namentlich bei directer Insolation so beträchtliche Werthe, dass die Gefahr des Welkens, wenn auch nicht des Austrocknens, sehr nahe gerückt wird.“

Da nun thatsächlich, wie übereinstimmend ausgesagt wird, das Laub zahlreicher Pflanzen Buitenzorgs an vollsonnigen Vormittagen einen hohen Grad von Welkheit zeigt, so muss man mit Rücksicht auf diese Erscheinung und die von mir vorgebrachten Transpirationsmomente im Allgemeinen, und im Hinblick auf die Untersuchungen von WIESNER im Besonderen, zu dem Schlusse gelangen, dass die Gesamttanspiration der Pflanzen feuchtwarmer Tropengebiete wohl kaum „bedeutend geringer“ sein dürfte, als die der Gewächse in unserem mitteleuropäischen Klima. Keinesfalls darf aber die Gesamttanspiration der Flora Buitenzorgs so gering geschätzt werden, wie dies HABERLANDT gethan hat. —

---

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1897

Band/Volume: [15](#)

Autor(en)/Author(s): Burgerstein Alfred

Artikel/Article: [Ueber die Transpirationsgrösse von Pflanzen feuchter Tropengebiete 154-165](#)