

# Physiologische Fragmente aus einem tropischen Urwald.

Von

F. C. von Faber.

---

Die Lebenserscheinungen tropischer Pflanzen sind, verglichen mit denen der im gemäßigten Klima wachsenden, bisher nur dürftig studiert worden. Am meisten trifft dies für die Pflanzen im tropischen Urwald zu, wo sie eingehenderen und längeren Untersuchungen naturgemäß schwer zugänglich sind. Aus diesem Grunde habe ich versucht, über einige physiologische Fragen Anhaltspunkte zu gewinnen. Sollen wir aber aus solchen Beobachtungen Rückschlüsse auf die Ökologie ziehen können, so ist die erste Bedingung, die Pflanzen an ihrem natürlichen Standort zu untersuchen; besonders der tropische Urwald will als ein großes Ganzes aufgefaßt werden.

Der Urwald von Tjibodas, man könnte ihn mit Recht den ewig feuchten Wald nennen, am Ostabhang des Vulkans Gedeh gelegen, auf einer Höhe von etwa 1400 m aufwärts sich hinziehend, bietet, dank dem Urwaldgarten mit seinem gut eingerichteten Laboratorium, die denkbar günstigsten Verhältnisse für ein derartiges Studium.

Für verschiedene physiologische Beobachtungen ist der Wald von Tjibodas besonders geeignet, da sein Klima überaus gleichmäßig ist, wie es vielleicht nirgends anders gefunden werden dürfte.

Während dreier Jahre habe ich dort, mit größeren und kleineren Unterbrechungen, Beobachtungen angestellt, die natürlich auf Vollständigkeit keinen Anspruch machen können, denn zu dem Zwecke hätte man sich ständig in Tjibodas etablieren müssen.

An dieser Stelle nun seien einige dieser Fragmente zur Physiologie der Urwaldpflanzen kurz mitgeteilt; später hoffe ich im Zusammenhang mit den Buitenzorger Studien darauf zurückzukommen.

Als Ausgangspunkt der Beobachtungen dient die Kenntnis des Klimas vom Urwald. Diese ist tatsächlich noch sehr lückenhaft, da genauere meteorologische Wahrnehmungen im Inneren des Waldes niemals angestellt wurden. Die Aufzeichnungen im Berggarten von Tjibodas, der an den Urwald grenzt, können leider nicht für den Urwald selbst gelten, weil der Berggarten offen liegt, an den freien, hauptsächlich mit Reisfeldern bebauten Abhang des Gedeh grenzt und sein Kleima dadurch beeinflusst wird. Die Temperatur und Luftfeuchtigkeit besonders sind größeren Schwankungen unterworfen, als dies in dem angrenzenden Urwald der Fall ist. Für einwandfreie Beobachtungen also sind die meteorologischen Wahrnehmungen des Gartens nicht zu gebrauchen, so daß ich gezwungen war, selbst die nötigen Beobachtungen anzustellen.

Die hier folgende Tabelle mag das Klima des Urwalds von Tjibodas einigermaßen charakterisieren<sup>1)</sup>.

1912 Monat	Lufttemperaturen in C°						Regen- menge in mm		Mittlere relative Feuchtigkeit der Luft in %	
	Mittel- temperatur		Mittleres Maximum		Mittleres Minimum					
	1912	1913	1912	1913	1912	1913	1912	1913	1912	1913
Januar . . .	17,7	17,9	19,4	19	15,1	14	335	330	98	97
Februar . . .	18,3	17,8	19,6	19,8	15,2	15,6	340	296	97	97
März . . .	17	17,4	20,2	19,4	15,8	15,4	378	335	96	97
April . . .	18,5	17,2	21	20,2	14,8	15,2	322	386	97	96
Mai . . .	17,2	16,9	20,4	20,7	14,3	14,8	389	220	96	96
Juni . . .	18	17,3	20	21,2	14	14,5	298	156	95	96
Juli . . .	18,5	18,6	21,4	21	14,5	14,2	312	95	96	94
August . . .	17,8	17	20,4	21,3	13,7	14,1	298	196	93	92
September . .	18,9	18,4	20,2	20,4	13,5	13,6	276	296	94	94
Oktober . .	17,4	18	19,4	20,2	14,3	13,8	256	277	96	95
November . .	18,2	18,4	20,1	20	14,2	14,4	370	340	96	97
Dezember . .	18,4	17,8	20,2	19,6	13	14,6	398	350	98	97

Hieraus geht hervor, daß das Klima des Urwaldes außerordentlich gleichmäßig ist.

1) Die Temperaturen und die Luftfeuchtigkeit wurden mittels selbstregistrierender Apparate aufgenommen, die Regenmessungen geschahen mit einem gewöhnlichen Regenschirm. Die Messungen wurden auf ca. 1500 m Höhe über dem Meere angestellt.

Die täglichen Schwankungen gehen aus einigen in der feuchtesten Zeit gewonnenen Zahlen hervor:

Dezember 1912	Luftfeuchtigkeit in %		Lufttemperatur in C°	
	5h pm—9h am	9h am—5h pm	Minimum	Maximum
3.	98	95	13,2	17,2
4.	99	97	12,8	18
5.	98	96	13	17
6.	98	95	14,8	18,8
7.	99	98	12,6	19,4
8.	96	95	13,8	19,6
9.	99	98	13,2	19,3
10.	98	99	12,4	19
11.	100	96	13,1	18,2
12.	97	95	14	19
13.	98	95	13	19,8
14.	99	96	13,5	19,4

Eine wichtige Rolle für die Lebensverhältnisse spielen vielfach die Lichtverhältnisse. Leider sind exakte photometrische Bestimmungen im tropischen Urwald meines Wissens bisher nicht angestellt worden; sie dürften aber doch zweifellos Interesse beanspruchen. Da es mir nicht möglich war, solche Bestimmungen nach der exakten Methode von Bunsen-Roscoe auszuführen, wie Wiesner<sup>1)</sup> dies für Buitenzorg getan hat, so versuchte ich mit einer allerdings ziemlich rohen Methode mich wenigstens einigermaßen zu orientieren und zwar mittels des einfachen Aktinometers von Wynne.

Die Messungen und Experimente geschahen im Unterholz, dort wo die krautigen Pflanzen wachsen und zwar stets im Schatten, der an diesen Stellen vorherrschend ist. Nur ab und zu werden die Pflanzen spärlich von der Sonne beschienen. Die trüben Tage sind in der feuchtesten Zeit (Oktober—März) vorherrschend, selbst die Morgenstunden sind dann häufig dunkel. In der trockneren Zeit (April—September) ist der Morgen häufig heiter, der Nachmittag aber häufig trüb und regnerisch.

1) J. Wiesner, Lichtgenuß der Pflanzen, Leipzig 1907 und Beitr. zur Kenntnis des photochemischen Klimas von Wien, Kairo und Buitenzorg. Denkschr. d. Kais. Akad. d. Wiss., Bd. 64, 1896.

Die nachfolgende Tabelle gibt die Aktinometerzeiten um 9 Uhr morgens, 12 Uhr mittags und 4 Uhr nachmittags, als Mittel aus 10 Messungen an.

Ort der Messung	Trüb, ab und zu regnerisch			Greller Wolkenhimmel			Sonnig		
	9h	12h	4h	9h	12h	4h	9h	12h	4h
Im tiefen Schatten	40 m	25 m	60 m	28 m	19 m	45 m	16 m	4 m	8 m
Am Waldweg . .	6 „	4 „	18 „	3 „	1 „	6 „	1 „	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> „	70 „
An einer breiten, offenen Stelle .	2 „	1 „	2 „	40 Sek.	25 Sek.	55 Sek.	20 Sek.	12 Sek.	28 Sek.

Zunächst galt es, einige Anhaltspunkte über die Transpiration der krautigen Urwaldgewächse zu erhalten, die bis jetzt so gut wie ganz fehlen.

Als Objekte für die verschiedenen Versuche wurden unter den krautigen Pflanzen folgende gewählt: *Cyrtandra picta* Bl. (Gesneriaceae), *Begonia robusta* Bl. (Begoniaceae), *Campanumaea javanica* Bl. (Campanulaceae), *Trichosporum Horsfieldii* Ktz. (Gesneriaceae), *Gomphostemma javanicum* (Bl.) Bth. (Labiatae), *Scutellaria discolor* Colebr. (Labiatae), *Pilea angulata* Bl. (Urticaceae), *Elatostemma acuminatum* Brogn., *E. nigrescens* Mig. (Urticaceae), *Peperomia* sp. (*tjibodasana*?), *P. laevifolia* (Bl.) Miq. (Piperaceae), *Impatiens javensis* Steud. (Balsaminaceae), *Coleus* sp. (*guleatus*?) (Labiatae), *Sanicula montana* Reinw. (Umbelliferae), *Argostemma montana* Bl. (Rubiaceae).

Von kleinen strauchartigen Formen im Unterholz: *Hypericum Hookerianum* W. et Arn. (Guttiferae), *Acronichia laurifolia* Bl. (Rutaceae), *Medinilla laurifolia* Bl. (Melastomataceae), *Melastoma setigerum* L. (Melastomataceae), *Solanum verbascifolium* L. (Solanaceae), *Strobilanthes filiformis* Bl. (Acanthaceae), *Rubus lineatus* Reinw. (Rosaceae).

Im allgemeinen neigt man zu der Annahme, daß die Transpiration eine geringe sein muß, besonders da die Luftfeuchtigkeit eine sehr hohe ist.

Wiesner<sup>1)</sup> hebt hervor, daß eine „enorme Transpiration selbst bei der hohen Luftfeuchtigkeit in den Tropen sich einstellen kann und sich immer einstellt, wenn die Organe insolirt sind usw.“

1) J. Wiesner, Untersuchungen über die mechanische Wirkung des Regens auf die Pflanze. Ann. d. Jard. Bot. de Buitenzorg, Vol. XV, S. 2—77.

Wiesner stützt sich dabei auf die Beobachtungen in Buitenzorg, wo die Luftfeuchtigkeit noch nicht einmal so hoch ist als im Urwald von Tjibodas; dagegen muß der Umstand berücksichtigt werden, daß im dichten Urwald nur selten eine Insolation stattfindet.

Zwecks Ermittlung der Transpirationsgröße wurden die Versuchsobjekte in Töpfe gepflanzt und erst, nachdem sie gut angewurzelt waren, zum Versuch verwendet. Dazu kamen sie in gut schließende Zinkbehälter, die eine Verdunstung anderer Teile als der oberirdischen ausschlossen. Die so präparierten Pflanzen wurden im Urwald an ihrem natürlichen Standort auf eine empfindliche Wage gebracht und in bestimmten Zeitabschnitten gewogen<sup>1)</sup>.

Aus einer Reihe von Versuchen gebe ich hier nur die am meisten charakteristischen zahlenmäßig an:

10. Januar 1912. *Elatostemma acuminatum.*

Die Pflanze besaß 8 ausgebildete Blätter und, wie die nachträgliche Bestimmung lehrte, ein Lebendgewicht von 48 g und eine Gesamtoberfläche der transpirierenden Organe von ca. 80 qcm. Die Temperatur schwankte zwischen 18,9<sup>0</sup> bis 19<sup>0</sup> C, relative Feuchtigkeit der Luft 99<sup>0</sup>/. Das Wetter war trüb, das Licht annähernd konstant.

Die Pflanze gab ab:

Von 9—10 Uhr a. m.	. .	0,02	g Wasserdampf
„ 10—11 „	„	0,03	„
„ 11—12 „	„	0,01	„
„ 12— 1 „	p. m.	0,021	„
„ 1— 2 „	„	0,022	„
„ 2— 3 „	„	0,02	„

Es betrug also die Transpiration pro qcm im Mittel während 6 Stunden etwas mehr als 0,001 g.

21. Januar 1912. *Cyrtandra picta.*

Die Pflanze 4 besaß ausgewachsene Blätter mit einem Lebendgewicht der transpirierenden Organe von ca. 160 g und einer Oberfläche von ca. 120 qcm. Die Temperatur schwankte während des Versuches zwischen 18,4<sup>0</sup> bis 18,6<sup>0</sup> C, relative Feuchtigkeit der Luft 97<sup>0</sup>/. Das Wetter war trübe, die Beleuchtung annähernd konstant.

1) Zur Bestimmung der Transpirationsverluste kam eine empfindliche Transpirationswage in Anwendung.

Die Pflanze gab ab:

Von 9—10 Uhr a. m.	. . .	0,05 g	Wasserdampf
„ 10—11 „	„ „	0,05 „	„
„ 11—12 „	„ „	0,04 „	„
„ 12— 1 „	p. m.	0,03 „	„
„ 1— 2 „	„ „	0,03 „	„
„ 2— 3 „	„ „	0,04 „	„

Es betrug also die Transpiration pro qcm während 6 Stunden im Mittel 0,002 g.

23. Januar 1912. *Impatiens javensis.*

Die Pflanze besaß 5 ausgewachsene und 3 junge Blätter, ein Lebendgewicht der oberirdischen Teile von 18,2 g und eine Oberfläche der Transpirationsorgane von ca. 50 qcm. Die Lufttemperatur schwankte zwischen 17,8° bis 17,3° C; relative Feuchtigkeit der Luft 95%. Die Beleuchtung war wechselnd, da die Sonne ab und zu schien, ohne aber die Pflanze direkt zu bestrahlen.

Die Pflanze gab ab:

Von 9—10 Uhr a. m.	. . .	0,01 g	Wasserdampf
„ 10—11 „	„ „	0,04 „	„
„ 11—12 „	„ „	0,08 „	„
„ 12— 1 „	p. m.	0,10 „	„
„ 1— 2 „	„ „	0,02 „	„
„ 2— 3 „	„ „	0,01 „	„

Die Transpiration betrug während 6 Stunden im Mittel pro qcm 0,005 g.

16. Dezember 1912. *Strobilanthes filiformis.*

Eine junge Pflanze mit 7 ausgewachsenen und 5 jungen Blättern, deren Lebendgewicht, wie die nachträgliche Bestimmung lehrte, 60,8 g betrug, mit einer Gesamtoberfläche der transpirierenden Organe von ca. 180 qcm. Die Temperatur schwankte zwischen 18,2° bis 18,3° C; relative Luftfeuchtigkeit 95%. Die Beleuchtung der Pflanze wechselte sehr, da die Sonne ab und zu durch die Wolken kam.

Die Pflanze gab ab:

Von 8—9 Uhr a. m.	. . .	0,031 g	Wasserdampf
„ 9—10 „	„ „	0,02 „	„
„ 10—11 „	„ „	0,091 „	„

Von 11—12 Uhr a. m. . . .	0,14 g Wasserdampf
„ 12—1 „ p. m. . . .	0,056 „ „
„ 1—2 „ „ . . . .	0,02 „ „

Es betrug die Transpiration also während 6 Stunden im Mittel pro qem ca. 0,02 g.

Diese wenigen Angaben genügen, um zu beweisen, daß die Transpiration der krautigen und strauchartigen Urwaldpflanzen tatsächlich im tiefen Schatten, also an ihrem natürlichen Standort, sehr gering ist. Die letzten beiden Beispiele zeigen außerdem erhebliche Schwankungen der Transpirationswerte. Da die Temperatur während der in Frage kommenden kurzen Zeitabschnitte und auch die Luftfeuchtigkeit keine nennenswerten Schwankungen zeigten, so könnten die Schwankungen der Transpirationswerte vermutlich nur durch die wechselnde Beleuchtung verursacht worden sein. Diese Annahme findet ihre Bestätigung, wenn wir für die letzten beiden Versuche die Unterschiede in der Beleuchtungsintensität berücksichtigen. So finde ich für den Versuch vom 23. Januar (Versuch mit *Impatiens javensis*) die Beobachtung notiert, daß von 9 bis kurz nach 10 Uhr a. m. die Beleuchtung infolge der Bewölkung nur schwach war, während kurz nach 10 bis ca. 1/2 1 Uhr p. m. die Sonne schien und daher auch die Beleuchtung im Unterholz intensiver wurde; die Nachmittagsstunden waren wieder trübe. Vergleicht man diese Angaben mit den Zahlen im Versuch, so geht der Einfluß der intensiveren Beleuchtung unzweifelhaft hervor. Auch der Versuch vom 16. Dezember (mit *Strobilanthes filiformis*) zeigt den Einfluß der Beleuchtung auf die Transpiration. An dem Tage kam nämlich die Sonne erst kurz vor 11 Uhr a. m. aus den Wolken, während es 10 Minuten nach 12 Uhr p. m. wieder trübe wurde. Auf diese nur kurz andauernde Steigerung der Intensität der Beleuchtung reagiert die Pflanze schon mit einer merkbaren Steigerung der Transpiration. Auf diese Weise kann die Verdunstung an sonnigen Tagen trotz des stark herabgeminderten Lichts im Unterholz größere Werte erreichen, als man dies anfänglich vermuten würde. Es ist daher auch anzunehmen, daß die Transpiration während der trockneren Zeit bedeutend größere Werte erreichen kann als in der feuchtesten Zeit des Jahres.

Es gelang, eine Anzahl Pflanzen mit Beibehaltung ihrer natürlichen Standorte im Unterholz vergleichsweise an einem trüben

und an einem heiteren, sonnigen Tage zu untersuchen; die Resultate waren folgende:

	Wasserdampfabgabe <sup>1)</sup>	
	Trübes Wetter	Heiteres, sonniges Wetter
<i>Trichosporum Horsfieldii</i> <sup>2)</sup> . .	0,005 g	0,014 g
<i>Gomphostemma javanicum</i> <sup>3)</sup> . .	0,003 ..	0,012 „
<i>Trichosporum Horsfieldii</i> <sup>4)</sup> . .	0,002 „	0,018 „
<i>Begonia robusta</i> <sup>5)</sup> . . . . .	0,008 ..	0,022 „

Aus diesen Beobachtungen, die durch weitere Versuche ausgedehnt werden könnten, läßt sich mit großer Sicherheit der Schluß ziehen, daß die krautigen und strauchartigen, im tiefen Schatten des Urwalds lebenden Pflanzen hinsichtlich ihrer Transpiration von der Beleuchtung sehr abhängig sind. Die Wasserdampfabgabe kann im Urwald schon durch geringe Steigerung der Intensität des diffusen Lichtes beträchtlich gefördert werden. Wiesner<sup>6)</sup> sagt mit Recht, daß man bei der Beurteilung der Transpirationsverhältnisse der Pflanzen des heißfeuchten Tropengebietes gewöhnlich nur an die dort herrschende, zumeist enorm hohe Luftfeuchtigkeit denke und dabei die von ihm schon seit langer Zeit konstatierte Steigerung der Verdunstung grüner Pflanzenteile im Lichte, infolge Umsetzung des in das Chlorophyll einstrahlenden Lichtes in Wärme, vergesse. Ob hier allerdings nur die Wärme eine Rolle spielt oder das Licht noch eine andere spezifische Wirkung ausübt, müssen weitere Untersuchungen zeigen.

Gewöhnlich wird im Leben der Urwaldpflanzen stets mit Recht an den Kampf um das Licht gedacht, wobei man dann aber stets

1) Während 6 Stunden im Mittel pro qcm berechnet.

2) Eine Pflanze mit 6 ausgewachsenen Blättern; Lebendgewicht 60 g; Oberfläche ca. 90 qcm; Temperatur 18° bis 18,2° C; relative Feuchtigkeit 96% bei trübem, 94% bei heiterem Wetter.

3) Mit 8 ausgewachsenen und 3 jungen Blättern; Lebendgewicht 46 g; Oberfläche 70 qcm; Temperatur 18,6° bis 18,8° C; relative Feuchtigkeit 98% bei trübem und 96% bei heiterem Wetter.

4) Mit 7 ausgewachsenen Blättern; Lebendgewicht 52 g; Oberfläche ca. 80 qcm; Temperatur 17,4° bis 17,7° C; relative Feuchtigkeit 98% bei trübem und 96% bei heiterem Wetter.

5) Mit 4 ausgewachsenen und 2 kleinen Blättern; Lebendgewicht 48 g; Oberfläche 130 qcm; Temperatur 18,8° bis 19,3° C; relative Feuchtigkeit 96% bei trübem und 94% bei heiterem Wetter.

6) A. a. O., S. 325.



die Bedeutung des Lichtes für die Assimilation im Auge hat. Dieser Kampf gewinnt nach dem oben Angeführten noch mehr an Bedeutung, wenn man dabei auch die fördernde Wirkung des Lichtes auf die Transpiration in Betracht zieht.

Während beim tropischen Laubblatt, das „vorzugsweise dem intensiven, tropischen Sonnenlicht angepaßt zu sein scheint“ (Haberlandt), die geringe Steigerung an Intensität des diffusen Lichtes keine merkbare Wirkung auf die Transpiration ausübt, ist dies, wie wir gesehen haben, wohl mit dem Laubblatt der krautigen und strauchartigen Urwaldpflanzen der Fall. Diese Fähigkeit, auf schwache Lichtintensitätssteigerung mit einer stärkeren Transpiration zu reagieren, ist allerdings eine der zweckmäßigsten Anpassungen in der tropischen Natur. Die Pflanzen sind dabei trotz der sehr erschwerten Transpirationsbedingungen doch noch imstande, den nötigen Wasserdampf abzugeben.

Wie verhalten sich nun die krautigen und strauchartigen Pflanzen hinsichtlich der Regulation ihrer Transpiration: von vornherein dürfte es wenig wahrscheinlich erscheinen, daß sie tatsächlich einer solchen bedürfen. Wie die Untersuchung ergibt, ist auch von einem Spaltenverschluß bei ihnen keine Rede, auch bei beginnendem Welken tritt er nicht ein. Stahl<sup>1)</sup> weist schon auf die Tatsache hin, daß manche erdbewohnende Stauden der feuchten tropischen Wälder das Kobaltpapier bis zum völligen Eintrocknen verfärben.

Fehlenden Spaltenverschluß fand ich unter den hier lebenden Pflanzen bei *Amaranthus sp.*, *Gomphostemma javanicum*, *Procris frutescens*, *Pilea trinerva*, *Elatostemma acuminatum*, *Cyrtandra picta*, *Impatiens javensis*, *Begonia robusta*, *Peperomia lacvifolia*, *Strobilanthes filiformis* u. a. Der fehlende Spaltenverschluß würde auch des Nachts eine, wenn auch nur geringe Transpiration ermöglichen, doch die meist sehr hohe Luftfeuchtigkeit (bis zum Sättigungsgrad) und vor allem das Fehlen des Lichtes verhindert eine Abgabe von Wasserdampf. Bei einer Reihe von Vertretern des Urwalds ist dagegen eine Ausscheidung flüssigen Wassers wohl wahrzunehmen. Eine Guttation wurde sowohl unter den Kräutern als auch unter den Sträuchern gefunden. Sicher wurde sie nachgewiesen bei *Impatiens javensis*, *Amaranthus sp.*, *Elatostemma acuminatum*,

---

1) E. Stahl, Einige Versuche über Transpiration und Assimilation. Bot. Ztg., 1894, Bd. I, S. 123.

*Peperomia*-Arten, *Cyrtandra picta*, *Scutellaria discolor*, *Strobilanthes filiformis*, *Medinilla laurifolia*, *Melastoma sp.*, *Polygonum sp.* Diese kurze Liste dürfte durch eine diesbezügliche spezielle Untersuchung noch erheblich bereichert werden.

Das Ausscheiden flüssigen Wassers findet man in der feuchtesten Zeit nicht allein des Nachts, sondern häufig auch am Tage, wenn die Luftfeuchtigkeit, wie es nicht selten zu dieser Zeit passiert, den Sättigungsgrad erreicht.

Die Menge des ausgeschiedenen Wassers, durch Wägungen genauer festgestellt, ist verglichen mit der Transpiration bedeutend größer. So verliert *Elatostemma acuminatum* am Tage bei trübem Wetter während 6 Stunden im Mittel pro qcm 0,002 g Wasserdampf, während dreier Nachtstunden (1—4 Uhr a. m.) 0,018 g Wasser im Mittel pro qcm; *Peperomia laevifolia* verlor am Tage im Mittel pro qcm während 5 Stunden ca. 0,004 g Wasserdampf, dagegen während 4 Stunden (1,50—6 Uhr a. m.) in der Nacht nicht weniger als 0,026 g Wasser im Mittel pro qcm; *Cyrtandra picta* schied am Tage während 6 Stunden 0,002 g pro qcm Wasserdampf und nachts während derselben Anzahl Stunden 0,048 g im Mittel pro qcm Wasser aus. Wenn auch eine Anzahl dieser Gewächse das Wasser aus Hydathoden ausscheiden, so preßt doch eine nicht unbeträchtliche Anzahl von solchen das Wasser aus den gewöhnlichen Spaltöffnungen. Als solche führe ich an: *Pilea angulata*, *Peperomia laevifolia*, *Impatiens javensis*, *Scutellaria discolor*, *Elatostemma acuminatum*, *Cyrtandra picta*, *Argostemma montana*. Ein unverkennbares Verhältnis besteht zwischen Transpiration und Guttation; Pflanzen, die am Tage wegen ungünstiger Witterung nur wenig Wasser durch Transpiration verloren haben, zeigen eine starke Guttation, umgekehrt hat eine ausgiebigere Transpiration auch eine geringere Guttation zur Folge. Nach alledem wird man die Annahme machen können, daß die Guttation eine Art Ersatz für die geringe Transpiration darstellt. Die Pflanze sucht eben auf eine andere Weise die notwendige Wasserbewegung zu beschleunigen, wenn die normale Transpiration zu gering ist. Aus demselben Grunde dürften auch die submersen Pflanzen in der Ausscheidung flüssigen Wassers einen Ersatz für die fehlende Transpiration besitzen<sup>1)</sup>.

1) Vgl. Burgerstein, Die Transpiration der Pflanzen. Jena 1904, S. 246.

Die physiologische Bedeutung wurde bekanntlich von einigen Forschern (Volkens, Reinitzer) im Hinblick auf die großartige Fülle der Vegetation im dauernd dunstgesättigten Raum und des feuchtwarmen tropischen Urwalds in Frage gezogen. In bezug auf die krautartigen Pflanzen des tropischen Urwalds wurde hier oben schon die geringe Abgabe von gasförmigem Wasser und die ausgiebigere Ausscheidung von flüssigem Wasser betont. Fassen wir den Begriff „Transpiration“ im weiteren Sinne auf und verstehen wir darunter die Wasserabgabe sowohl in gasförmiger als in flüssiger Form, so müssen wir gestehen, daß die Transpiration der Urwaldgewächse nicht so gering ist, als man dies anfänglich vermuten würde, und daß bei diesen Pflanzen doch für die notwendige ausgiebige Wasserbewegung gesorgt ist. Die im ewig feuchten Wald lebenden Pflanzen besitzen natürlich auch verschiedene Einrichtungen zur Förderung der Transpiration. Eine sehr auffallende Form derselben sind die sog. Träufelspitzen, ein, wie Stahl<sup>1)</sup> richtig bemerkt, charakteristisches Merkmal der regenreichen west-javanischen Flora.

Daß die Träufelspitzen tatsächlich das Abfließen des Wassers von der Blattspreite befördern, unterliegt keinem Zweifel. Wie Stahl nachwies, setzt die langsame Verdampfung des Wassers auf der Blattoberfläche die Temperatur des Blattes herab und beeinträchtigt mithin wesentlich die Wasserdampfabgabe durch die Spaltöffnungen. Ich möchte hier noch auf die Möglichkeit hinweisen, daß die auf der Oberfläche der Blätter befindliche Wasserschicht das Licht reflektiert, also die Absorption der Licht- und Wärmestrahlen herabsetzt und damit auch die Transpiration vermindert. Ein Wasserüberzug kann, wie Baumert<sup>2)</sup> nachwies, die Gesamtmenge der auf das Blatt fallenden Lichtstrahlen um etwa 10—20% schwächen. Diese Verminderung der Lichtintensität ist für die in so ungünstigen Lichtverhältnissen lebenden Pflanzen sicher von großer Bedeutung.

Auf die Bedeutung der Träufelspitzen für die Assimilation komme ich später noch zu sprechen.

---

1) E. Stahl, Regenfall und Blattgestalt. *Ann. d. Jard. Bot. de Buitenzorg.* Vol. XI, 1893, S. 98.

2) K. Baumert, Experimentelle Untersuchungen über Lichtschutzeinrichtungen an grünen Blättern. *Cohns Beiträge z. Biol. d. Pfl.*, Bd. 9, 1909, S. 83.

Soeben wurde schon auf die häufige Erscheinung des Saftausflusses bei den Urwaldpflanzen hingewiesen; im nachfolgenden komme ich nun auf diese in der Pflanze herrschenden Druckkräfte in Hinblick auf die Bäume des Urwaldes zurück. Bei näherer Beobachtung kann auch bei einer Reihe von Bäumen ein solcher Blutungsdruck nachgewiesen werden. Bedenkt man, daß im feuchtwarmen Urwald die Bedingungen für das Bluten die denkbar günstigsten sind, so kann es nicht wundernehmen, diese Erscheinung häufig anzutreffen. Konnte bereits Molisch<sup>1)</sup> in Buitenzorg das Bluten bei drei völlig belaubten Holzgewächsen nachweisen, so gelang es mir hier noch bei einer ganzen Reihe von Bäumen dasselbe Phänomen zu beobachten, und zwar waren dies in der feuchten Zeit 1912: *Manglietia glauca* Bl. (3163)<sup>2)</sup>, *Machilus rimosa* Bl. (3159), *Dysoxylum excelsum* Bl. (3156), *Ficus variegata* Bl. (3162), *Laportea stimulans* Miq. (3179), *Celtis tetrandra* Roxb. (3232), *Vernonia arborea* Hmlt. (3217), *Turpinia pomifera* De. (3185).

Während am Tage beim Abschneiden von Ästen bald nach der Verwundung der Saft aus der Wundfläche reichlich zu fließen beginnt, bemerkt man während der Nacht das Abtropfen des Saftes von den Blättern: diese Erscheinung kann häufig bei günstiger Witterung so stark werden, daß sie Regen vorzutäuschen vermag.

Es sei hier besonders die Wasserabsonderung kurz nach Anbringung einer Wunde betont, so daß wir annehmen dürfen, ein normales und kein sogenanntes „lokales Bluten“, also keine pathologische Erscheinung vor uns zu haben.

Einige Versuche mittels Manometern<sup>3)</sup> geben eine einigermaßen richtige Vorstellung von der Größe dieses Blutungsdruckes:

1) H. Molisch, Über das Bluten tropischer Holzgewächse im Zustande völliger Belaubung. Ann. d. Jard. Bot. d. Buitenzorg, I. Suppl., 1897, S. 23.

2) Die Zahlen geben die Nummern der Bäume nach der Koordersschen Bestimmung an.

3) Zur Anwendung kamen die für solche Versuche üblichen Manometer. Ihre Unterbringung sowie die dabei zu berücksichtigenden Vorsichtsmaßregeln, die Berechnung der Druckhöhe usw. setze ich als bekannt voraus. Vgl. dafür die Arbeit von Molisch (a. a. O., S. 26) und von Figdor (Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. Wien, Bd. 107, 1898). Die Manometer wurden in etwa 1 Meter Höhe vom Boden gerechnet angebracht.

*Machilus rimosa* Bl.

Datum	Stunde	Druck in Atmosphären <sup>1)</sup>	Luft- Temperatur in °C	Relative Feuchtig- keit der Luft in %	Wetter
18. Februar 1913	3 h p. m.	+ 2,64	17,4	95	trübe
	4,49 h „	+ 2,67	17,2	96	„
	6,50 h „	+ 2,82	17,1	96	„
	9,20 h „	+ 3,04	16,3	97	„
	11 h „	+ 3,40	16	98	bewölkt
19. „ „	5,10 h a. m.	+ 4,08	13,5	99	„
	8 h „	+ 2,16	15,4	98	Sonnenschein
	12,08 h p. m.	+ 0,86	18,2	95	„
	3,10 h „	+ 1,40	17,7	96	bewölkt
	6 h „	+ 2,20	17,4	96	trübe
	8 h „	+ 2,82	16,2	97	„
	10,40 h „	+ 3,16	15,4	97	bewölkt
	20. „ „	5 h a. m.	+ 5,20	14,2	99
20. „ „	8,50 h „	+ 3,40	14,6	98	„
	12,50 h p. m.	+ 1,02	15,7	97	„
	4,40 h „	+ 2,80	15,5	98	Regen
	7,30 h „	+ 3,45	14,7	98	„
	11,50 h „	+ 4,07	13,2	99	„
	21. „ „	5,10 h a. m.	+ 4,65	13	98
21. „ „	8,05 h „	+ 2,07	14,7	97	bewölkt
	1,15 h p. m.	+ 1,60	16	97	Regen
	6,08 h „	+ 3,30	15,4	98	„
	10,05 h „	+ 4,65	14,3	99	„
	22. „ „	5,10 h a. m.	+ 5,80	14	100

Der Versuch zeigt, wie denn auch schon von Molisch beobachtet wurde, daß nachts der Druck höher ist als am Tage. Der höchste Druck, den ich bei dieser Pflanze feststellte, war am letzten Tag des Versuchs ganz früh morgens, nämlich 5,80 Atm., die einen außerordentlich hohen Druck darstellen. Molisch konstatierte in Buitenzorg viel niedrigere Drucke, allerdings ist das Klima von Buitenzorg trockner als im Urwald. Figdor fand in Buitenzorg bei *Schizolobium* einen Druck von 8,2 Atm., wobei es sich nicht um einen normalen, sondern um einen pathologischen Vorgang handelte.

Als höchsten Druck während der Versuche beobachtete ich bei: *Manglietia glauca* 6,8 Atm., *Dysoxylum excelsum* 5,2 Atm., *Ficus*

1) Die Zahlen geben den Atmosphärendruck, nicht den der Quecksilbersäulen an.  
Jahrb. f. wiss. Botanik. LVI.

*variegata* 5,6 Atm., *Laportea stimulans* 4,62 Atm., *Celtis tetrandra* 4,5 Atm., *Vernonia arborea* 6,4 Atm., *Turpinia pomifera* 3,8 Atm.

Mit Ausnahme von *Turpinia pomifera* konnten in der feuchtesten Zeit des Jahres bei allen Versuchsbäumen nur positive Drucke festgestellt werden. Dies ist aber keineswegs in der trockneren Zeit der Fall. Ich lasse diesbezüglich den Versuch mit *Machilus rimosa* während dreier Tage im Juli 1913 folgen:

### *Machilus rimosa* Bl.

Datum	Stunde	Druck in Atmosphären	Luft- Temperatur in °C	Relative Feuchtig- keit der Luft in %	Wetter
4. Juli 1913	1,08 h p. m.	— 0,90	19,2	90	Sonne
	4 h „	— 0,40	18,9	90	„
	8 h „	+ 1,10	17,2	94	bewölkt
	10,05 h „	+ 2,04	16,5	96	„
5. „ „	5,10 h „	+ 4,06	14	98	„
	12,05 h „	— 0,56	18,4	92	Sonne
	4,30 h „	+ 1,80	17,6	95	Regen
	10 h „	+ 3,03	16,5	97	trübe
6. „ „	5,08 h „	+ 4,20	15,2	97	„
	11 h „	+ 0,80	17,8	96	bewölkt

Bei klarem sonnigem Wetter wurden also auch negative Drucke beobachtet. Erklärlich ist dies, weil die im Urwald wachsenden Bäume mit ihrem Laub aus dem feuchtesten Teil des Waldes hervorragen und Sonne und Wind ausgesetzt sind, alles Faktoren, die geeignet sind, die Transpiration zu erhöhen.

Ich habe den letzten Versuch besonders hervorgehoben, um zu beweisen, daß sogar in dem feuchtesten Gebiete der Tropen bei sonnigem Wetter negative Drucke vorkommen.

Nach Figdor<sup>1)</sup> kommen in den Tropen im Gegensatz zum gemäßigten Klima stets nur positive Drucke vor. Es muß hier aber bemerkt werden, daß Figdor, wie auch schon Molisch<sup>2)</sup> vermutet hat, keinen normalen Blutungsvorgang, sondern ein durch Wundreiz verursachtes lokales Bluten, also mehr einen pathologischen Vorgang für einen normalen angesehen hat. Vor etwa

1) A. a. O.

2) A. a. O.

anderthalb Jahren habe ich im Anschluß an meine in Tjibodas gemachten Beobachtungen auch in Buitenzorg Blutungsversuche angestellt und dabei u. a. auch die von Figdor benutzten Bäume untersucht (*Schizolobium*, *Albizzia*, *Casuarina*, *Cocos*, *Oreodoxa*, *Actinorhysis*, *Spathodea* und *Conocephalus*), und zwar auch zur feuchtesten Zeit. Außer bei *Conocephalus azureus* wurde bei keinem der genannten Bäume ein normaler Blutungsdruck, d. h. ein positiver Druck, der sich kurz nach Anbringung des Manometers einstellt, beobachtet. Erst nach längerer Zeit stieg das Quecksilber beträchtlich und zwar infolge des Wundreizes. Dieser lokale Druck beschränkte sich aber auch nur auf die Umgebung des eingebohrten Manometers, andere Stellen der Äste und des Stammes zeigten dagegen gleichzeitig negativen Druck. Der normale Blutungsdruck bei *Conocephalus azureus* erreichte auch während der feuchten Zeit in Buitenzorg nicht die beträchtliche Höhe, die Figdor für den lokalen Blutungsdruck angegeben hat, und zur Mittagszeit wurde fast immer negativer Druck beobachtet.

Es war soeben schon von der vermutlich größeren Transpiration der Bäume im Urwald die Rede. Um diese richtig beurteilen zu können, müßte man die Transpiration in den Baumkronen selbst messen, was natürlich mit zu großen Schwierigkeiten verknüpft sein würde. Die Wasserverdunstung der Bäume im Verhältnis zu den am Boden wachsenden Kräutern muß schon deshalb bedeutend größer sein, weil Sonne und Wind in diesen Höhen ihren Einfluß geltend machen können, was bei den kraut- und strauchartigen Pflanzen nicht der Fall ist. Auch die Feuchtigkeit der Luft vermindert sich mit zunehmender Höhe über dem Erdboden beträchtlich. Einige diesbezügliche Beobachtungen zeigten, daß die relative Feuchtigkeit oberhalb des Unterholzes<sup>1)</sup>, also in einer Höhe von etwa 5—8 Metern, ungefähr 5% geringer ist als im Unterholz selbst<sup>2)</sup>.

Im Anschluß an die Transpiration im Urwald sei hier kurz einiges über das Wachstum mitgeteilt, weil in den Tropen Wachstum und Transpiration eng miteinander verknüpft sind.

---

1) Als Unterholz bezeichne ich die zusammenhängende, aus Kräutern und niederen Sträuchern bestehende Pflanzendecke des Urwalds. In diesem Teil herrscht die größte Feuchtigkeit der Luft, an trüben Tagen den Sättigungsgrad erreichend. Man könnte diesen Teil die Dunstregion nennen, nicht zu verwechseln mit den sogenannten Nebelwäldern in der Nähe des Gipfels vom Vulkan.

2) Als Mittel aus 15 Messungen an verschiedenen Stellen des Waldes.

Das Wachstum ist in dem heißfeuchten Gebiete der Tropen im allgemeinen ein recht schnelles. Beispiele eines auffallend langsamen Wachstumes stellen im Gegensatz hierzu u. a. die Orchideen<sup>1)</sup> und *Taeniophyllum Zollingeri*<sup>2)</sup> dar.

Wie diese Beispiele lehren, gibt es auch unter den denkbar günstigsten Wachstumsbedingungen noch Faktoren, die hemmend auf das Wachstum wirken können.

Des Rummangels wegen gebe ich im nachfolgenden resümierend die Resultate meiner Untersuchungen wieder und hoffe später bei der Veröffentlichung der Buitenzorger Studien auf sie zurückzukommen.

Um in der Frage der Wachstumsintensität Vergleiche ziehen zu können, wurden Pflanzen des Urwalds gewählt, die auch in Buitenzorg im sogenannten Waldgarten unter Bäumen im Schatten angepflanzt sind, also unter Wachstumsbedingungen stehen, die denen der natürlichen Standorte am meisten gleichkommen. Es waren dies *Hornstedtia paludosa*, *Peperomia reflexa*, *Elatostemma acuminatum* und *Cyrtandra picta*.

Die Wachstumsmessungen sowohl in Buitenzorg als in Tjibodas, beide in der feuchtesten Zeit des Jahres<sup>3)</sup> vorgenommen, ergaben als Resultat, daß die Urwaldpflanzen in demselben Zeitabschnitt einen größeren Gesamtzuwachs erreichen als die Buitenzorger Exemplare unter Schatten gezüchtet. Während der Gesamtzuwachs nachts in Buitenzorg ebenso groß, sogar etwas größer als in Tjibodas ist, finden wir ihn am Tage in Buitenzorg bedeutend kleiner als oben.

Versuchspflanze	Mittlerer Gesamtzuwachs		Mittlerer Gesamtzuwachs			
	in		bei Tag		in der Nacht <sup>4)</sup>	
	Tjibodas	Buitenz.	Tjibodas	Buitenz.	Tjibodas	Buitenz.
<i>Hornstedtia paludosa</i> .	90,6 cm	72,2 cm	44,4 cm	28 cm	45,6 cm	44,2 cm
<i>Peperomia reflexa</i> . .	6,26 „	4,08 „	3,12 „	1,02 „	3,14 „	3,06 „
<i>Elatostemma acuminata</i>	7,02 „	6,81 „	3,54 „	2,86 „	3,48 „	3,95 „
<i>Cyrtandra picta</i> . . .	9,08 „	9 „	4,52 „	4,28 „	4,56 „	4,72 „

1) Vgl. E. Pfitzer, Morphologie der Orchideen. Heidelberg 1882.

2) Vgl. J. Wiesner, Zur Physiologie von *Taeniophyllum Zollingeri*. Sitzber. d. Kais. Akad. d. Wiss. Wien, Bd. 106, 1897, S. 77.

3) Die Messungen in Tjibodas geschahen vom 2. bis 30. November und in Buitenzorg vom 1. bis zum 28. Februar desselben Jahres, und zwar zweimal täglich, einmal morgens um 6 Uhr und einmal abends um 6 Uhr.

4) Von 6 Uhr abends bis 6 Uhr morgens gerechnet.



Aus diesen Zahlen geht das stärkere Wachstum der Urwaldpflanzen deutlich hervor, am meisten bei der monokotylen *Hornstedtia paludosa* und am wenigsten bei *Cyrtandra picta*. Dieses Resultat ist deshalb überraschend, weil man im allgemeinen annehmen würde, die Buitenzorger Pflanzen unter günstigeren Bedingungen zu finden als im Urwald. Die Temperatur ist in Buitenzorg höher, das Licht für die Assimilation jedenfalls günstiger und die Ernährung vielleicht reichlicher, als dies im Urwald der Fall ist, wo so viele gleichartige Pflanzen auf einen beschränkten Raum angewiesen sind. Nur die relative Feuchtigkeit der Luft ist im Urwald höher als in der Regenzeit in Buitenzorg, welcher Umstand eventuell das intensive Wachstum der Urwaldpflanzen bewirken könnte.

Aus der Tabelle ist besonders bei den Buitenzorger Exemplaren ein merkbarer Unterschied in der Wachstumsintensität zwischen Tag und Nacht ersichtlich, während diese Unterschiede im Urwald sehr klein und kaum bemerkbar sind.

Eine ähnliche Periodizität wurde in den Tropen zuerst von Kraus<sup>1)</sup> an dem Riesenbambus in Buitenzorg festgestellt, dann von Lock<sup>2)</sup> ebenfalls an Bambus in Ceylon. Wie beide Forscher feststellten, wachsen die Bambusrohre nachts fast doppelt so schnell als am Tage. Lock wies durch eine Reihe eingehender Versuche nach, daß die von Kraus und von ihm beobachteten „Oszillationen“ nicht, wie Kraus dies angenommen hatte, sogenannte autonome oder spontane seien, sondern von den stetigen Änderungen in dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft und der damit in Zusammenhang stehenden Transpiration hervorgerufen werden. Weshalb meine Versuchspflanzen in Buitenzorg während der Nacht stärker wuchsen als am Tage, hat dieselbe Ursache wie bei den Bambusen, nämlich weil nachts die Luftfeuchtigkeit bedeutend größer und die Transpiration kleiner ist als am Tage. Licht und Temperatur dürften diesen bedeutenden Einfluß nicht ausüben. Werden nämlich die Pflanzen am Tage verdunkelt und sorgt man dabei für genügende Ventilation, so zeigt sich trotz der Verdunkelung das Wachstum am Tage schwächer als während der Nacht. Übrigens würden

---

1) G. Kraus, Das Längenwachstum der Bambusrohre. Ann. d. Jard. Bot. de Buitenzorg, Vol. XII, 1895, S. 196.

2) R. H. Lock, On the Growth of Giant Bamboos etc. Ann. of the Roy. Bot. Gard. Peradeniya, Vol. II, 1904—05, S. 211.

auch die Urwaldpflanzen den großen Unterschied zwischen Wachstum am Tage und während der Nacht aufweisen müssen, wenn das Licht die Ursache wäre. Die Temperatur ist in Buitenzörg während der Nacht niedriger als am Tage und kann auch schon deshalb nicht den Unterschied verursachen, dagegen ist die Luftfeuchtigkeit während der Nacht bedeutend höher als am Tage. Auch in der Regenzeit sind die Morgen nicht selten heiter und sonnig, und es erreicht die Luftfeuchtigkeit ein Minimum; die Transpiration ist eine bedeutende zu nennen.

In Tjibodas leben die Pflanzen unter wesentlich anderen Bedingungen. Die meteorologischen Verhältnisse sind viel regelmäßiger und ohne große Schwankungen in der Luftfeuchtigkeit zwischen Tag und Nacht, woraus sich auch das fast gleich starke Wachstum am Tage und in der Nacht erklärt.

Es sei an dieser Stelle noch eine Arbeit über Wachstum von Luftwurzeln in den Tropen angeführt, da diese Wachstumsmessungen auch im Urwald von Tjibodas angestellt wurden. Blaauw<sup>1)</sup> kommt bei seinen Messungen der Luftwurzeln von *Cissus pubiflora* var. *papillosa* zu dem Schluß, daß diese nachts bedeutend stärker als am Tage wachsen und dieser Umstand durch den Feuchtigkeitsunterschied zwischen Tag und Nacht und die damit in Zusammenhang stehende Schwankung in der Transpiration verursacht wird.

Diese Befunde stehen nur scheinbar in Widerspruch zu den meinigen. Bedenkt man aber, mit welcher Pflanze Blaauw experimentierte, so erklärt sich der scheinbare Widerspruch leicht. *Cissus* ist eine Kletterpflanze, deren Blätter hoch oben in den Baumkronen leben, wo sie vielem Licht, häufig der Sonne und dem Winde ausgesetzt sind und somit auch kräftig transpirieren. Nur die Luftwurzeln steigen bis in die „Dunregion“ des Urwalds herab, doch wird deren Wachstum von der beblätterten Pflanze reguliert, weshalb sie, obwohl ebenso wie die krautigen Pflanzen unter ziemlich konstanten äußeren Bedingungen lebend, doch eine ausgesprochene Periodizität des Wachstums besitzen.

Aus eigener Erfahrung kann ich noch einen anderen Fall erwähnen, woraus der Einfluß der Transpiration auf das Längenwachstum vielleicht noch frappanter hervorgeht, nämlich bei einer hier im Urwald lebenden Pflanze, *Nepenthes melamphora*. Diese

1) A. H. Blaauw, Das Wachstum der Luftwurzeln einer *Cissus*-Art. Ann. d. Jard. Bot. de Buitenzorg, Vol. XI, 1912, S. 266.

interessante, mit Kannen zum Insektenfang ausgerüstete Pflanze, kommt hier besonders an zwei Stellen, bei den Wasserfällen von Tjibeurum und auf dem alten Wege nach dem Krater des Gedeh, in Massen vor.

*Nepenthes melamphora* entwickelt zwei Arten von Sprossen<sup>1)</sup>, Kurztriebe, die am Boden kriechend wachsen und Rosetten kannen-tragender Blätter besitzen, und Langtriebe, die Klettersprosse darstellen und hoch in die Bäume (bis 25 und 30 Meter) klettern. Wachstumsmessungen an beiden Arten von Sprossen, allerdings im Hinblick auf die Bildung von Kurz- und Langsprossen angestellt, zeigten bei den Klettersprossen eine überraschend deutliche Periodizität in Tag- und Nachtwachstum, während die Kurzsprosse, am Boden wachsend, eine solche ausgesprochene Periodizität nicht erkennen ließen. Diese auffallende Periodizität findet bei den Klettersprossen wohl hierin ihre Erklärung, daß sie bis hoch in die Baumkrone gelangen, wo sie tagsüber einer viel trockneren Atmosphäre als des Nachts ausgesetzt sind. Die Kurzsprosse, in der „Dunst-region“ des Waldes wachsend, sind diesen großen Schwankungen in der Feuchtigkeit der Luft nicht unterworfen. Auch die viel leistungsfähiger ausgebildeten Leitungsbahnen der lianenartigen Klettersprosse deuten schon auf eine regere Transpiration im Gegensatz zu den Kurzsprossen hin<sup>2)</sup>.

1) Vgl. E. Heinricher, Zur Biologie von *Nepenthes* etc. Ann. d. Jard. Bot. de Buitenzorg, Vol. V. 1906, S. 277.

2) Bei dieser Gelegenheit sei noch auf die Bedingungen zur Bildung von Kurz- und Klettersprossen bei *Nepenthes* besonders hingewiesen. Heinricher (a. a. O., S. 291) vermutet, „daß einzelne Kurztriebe zu Lang- und bezw. Klettersprossen werden, und daß dieser Wechsel in der Sproßnatur von äußeren Bedingungen, die als Reize wirken, abhängig ist. Wahrscheinlich ist die den Blättern sich darbietende Gelegenheit, zu ranken, Stützen zu ergreifen, das veranlassende Moment, daß ein Kurzproß zum Lang- und Kletterproß wird.“ Ich kenne im Urwald von Tjibodas hauptsächlich zwei, schon vorhin erwähnte Stellen, an welchen *Nepenthes melamphora* in zahlreichen Individuen auftritt. Jedem, der diese beiden Standorte (den lichten Wald bei den Wasserfällen von Tjibeurum und den dichten, sehr schattigen Wald auf dem alten Wege nach dem Krater) besucht, wird das verschiedene Aussehen der Pflanzen auffallen. Im lichten, bedeutend trockneren Wald sehen wir *Nepenthes* häufig als Kletterpflanze, die hoch in die Bäume wächst, während Kurzsprosse nur seltener am Boden an den feuchtesten Stellen des Unterholzes vorkommen. An dem anderen Fundort dagegen beobachten wir umgekehrt viele Pflanzen nur mit Kurzsprossen, kleineren, nicht rankfähigen Blättern, kürzeren Kannen, im allgemeinen mit einem erheblich schwächeren Habitus als die Kletterpflanzen. Stützpunkte zur Verankerung der Blätter gibt es an beiden Stellen genügend. Wie Experimente an Ort und Stelle zeigten, ist die Anwesenheit von Stützen, woran sich die Blätter festranken könnten,

Das verhältnismäßig schnelle Wachstum vieler tropischen Urwaldkräuter setzt auch eine intensive Atmung derselben voraus, was sie auch von den in gemäßigttem Klima wachsenden Schattenpflanzen unterscheidet. Da die Atmung mit einem Stoffverbrauch verknüpft ist, muß die Assimilation, um trotzdem eine Massenzunahme zu bewirken, ansehnlich sein. Die ausgezeichnete Anpassung der im Urwald lebenden Pflanzen an das schwache Licht und die Möglichkeit, es durch verschiedene Einrichtungen möglichst auszunutzen, setzen sie instand, trotz der mangelhaften Beleuchtung noch intensiv zu assimilieren. Auf diese Einrichtungen ist schon von anderen Forschern häufig hingewiesen worden. An dieser Stelle sei die Träufelspitze im Dienste der Assimilation erwähnt. Von Baumert<sup>1)</sup> wurde die Vermutung geäußert, daß die Träufelspitze als Ausdruck der Organisation eines Schattenblattes vielleicht in dem Bestreben liegt, das Wasser deshalb schnell zu entfernen, um die an sich schon geringe Lichtintensität zwecks größerer Assimilation möglichst auszunutzen. Wie schon betont, schwächt eine dünne Wasserschicht das Licht um 10—20<sup>0</sup>/. Einige orientierende Versuche in Buitenzorg an einer Reihe von Blättern fielen, wenn auch nicht stets, doch häufig zugunsten dieser Annahme aus.

nicht imstande, die Kurzspresse in eine Kletterspresse umzuwandeln. Bei den früher erwähnten Wachstumsmessungen fiel besonders der Unterschied in der Wachstumsgeschwindigkeit zwischen Kurz- und Klettersprossen und die Kürze der Internodien im Gegensatz zu denen der Langspresse auf. Heinricher erwähnt schon diese gestauchten Internodien der Kurztriebe; genaue Wachstumsmessungen an Kurz- und Langtrieben haben das bedeutend schnellere Wachstum letzterer bestätigt, das Verhältnis ist etwa 1 : 3. Scheinbar übt das Licht einen bedeutenden Einfluß auf das Wachstum der Kurzspresse aus, da eine Steigerung der Lichtintensität eine Beschleunigung des Wachstums zur Folge hat. So sieht man denn auch an lichten Stellen des Waldes die Kurzspresse bedeutend länger werden und die Internodien nicht mehr gestauchet erscheinen, sondern hier eben Übergänge zu Langsprossen bilden. Auch die Blätter ändern ihren Habitus mit der Intensität des Lichtes, ihre Spreite wird größer und das ganze Blatt nimmt mehr den Charakter eines Assimilationsorganes an, was bei den Blättern der Kurztriebe nur unvollständig der Fall zu sein scheint. Am auffälligsten entwickeln sich beim Wachstum im intensiveren Lichte die rankenartigen Fortsätze der Blattspreiten. Da bei Lichtintensitätssteigerung auch die Feuchtigkeit der Luft ab- und die Temperatur zunimmt, so wäre es doch möglich, daß eine Kombination dieser Faktoren die beschriebene Wirkung ausübt, doch können dies nur eingehendere Experimente zeigen.

Aus diesen Beobachtungen möchte ich vorläufig den Schluß ziehen, daß als direkt veranlassendes Moment zum Wechsel der Sproßnatur die Steigerung der Lichtintensität angesehen werden kann. Natürlich ist das Vorhandensein von Stützen eine weitere Bedingung für das Klettern der Pflanze.

1) A. a. O., S. 150.

Die Untersuchung über die Ernährungstätigkeit der Blätter einer Anzahl krautartiger Pflanzen hat gezeigt, daß das Maximum der Stärkezunahme regelmäßig am Nachmittag erreicht wird und eine nächtliche Entleerung der Blätter von Stärke niemals stattfindet. Die Jodprobe, morgens früh vorgenommen, zeigte stets eine mehr oder weniger starke Bläuung des Mesophylls. Dieser Umstand liegt vermutlich in der langsamen Stärkewanderung und ist eine bei zahlreichen tropischen Pflanzen wiederkehrende Erscheinung. So hat auch schon Costerus<sup>1)</sup> bei seinen Versuchspflanzen in Buitenzorg eine gänzliche Entleerung der Blätter bei Nacht niemals eintreten sehen.

Das Quantum der während der Nacht abgewanderten Stärke ist verglichen mit der am Tage durch die Assimilation gebildeten klein. Da aber auch am Tage die Abwanderung stets fortschreitet, so kommt es trotzdem nicht zu einer gänzlichen Überfüllung des Mesophylls mit Stärke.

Bei den krautigen Urwaldpflanzen, die zum größten Teil des Jahres unter ziemlich gleichen äußeren Bedingungen wachsen, ist dies erklärlich; eine plötzliche starke Bildung von Stärke durch Insolation kommt bei ihnen selten vor. Anders verhalten sich in dieser Beziehung die unter viel unregelmäßigeren Bedingungen wachsenden Pflanzen, bei denen am Tage durch Insolation eine starke Anhäufung von Stärke in den Blättern stattfindet und leicht zu einer Überfüllung des Mesophylls führen könnte. Nach den Beobachtungen von Costerus ist dies keineswegs der Fall, sondern es hält sich im Gegenteil die Menge der gebildeten und der abgewanderten Stärke ungefähr das Gleichgewicht, aber nur bei klarem sonnigen Wetter: bei trübem Wetter dagegen findet nach ihm die Abwanderung bedeutend langsamer statt, so daß z. B. die Blätter von *Delima sarmentosa* am Nachmittag eines trüben Tages bedeutend mehr Stärke enthalten als an einem sonnigen Tag. Aus diesen und einigen anderen Beobachtungen ist der Forscher geneigt den wichtigen Schluß zu ziehen, daß in den Tropen das Licht den Transport der Stärke aus den Blättern beschleunigt. Costerus möchte auch das schwache Wachstum der Schattenpflanzen aus diesem Grunde erklären, da bei schwachem Licht der Transport der Assimilationsprodukte nach den Orten des Verbrauchs

---

1) J. C. Costerus, Sachs's Iodine Experiment tried in the Tropics. Ann. d. Jard. Bot. de Buitenzorg, Vol. XII. 1895, S. 73.

langsam stattfindet. Gegen die Beobachtungen von Costerus in Buitenzorg, die ich bestätigen kann, ist nichts einzuwenden, doch müßten zunächst eingehendere Experimente mit einer größeren Anzahl von Pflanzen die Stichhaltigkeit seiner Interpretation zeigen. Ich stehe ihr aus dem Grunde allerdings etwas skeptisch gegenüber, weil die scheinbar schnellere Entleerung der Blätter von Stärke in der Sonne bei vielen Pflanzen auch auf andere Weise zu erklären ist. Bei ihnen ist der schnellere Transport bei Insolation nur ein scheinbarer, in Wirklichkeit nicht existierender. Zur weiteren Erklärung dieser Tatsache sei darauf hingewiesen, daß bei einer Reihe von tropischen Pflanzen der Spaltöffnungsapparat für intensive Beleuchtung äußerst empfindlich ist und die Stomata bei Insolation bald mit einem gänzlichen Verschuß reagieren. Diese Pflanzen bilden diesbezüglich gerade einen Gegensatz zu den krautigen Urwaldpflanzen, denen, wie wir sahen, ein solcher Verschuß auch bei starker Insolation fehlt. Wie Stahl<sup>1)</sup> nachgewiesen hat, findet bei geschlossenen Spaltöffnungen und bei normalem Kohlensäuregehalt der Luft der Assimilationsgaswechsel nicht mehr statt. Dies ist leicht bei den vorhin erwähnten Pflanzen nachzuweisen, wenn sie insoliert werden; der feste Verschuß des Spaltöffnungsapparats verhindert trotz günstiger Bedingungen zur Assimilation die Bildung von Stärke. Der Transport der vorhandenen Kohlehydrate erfolgt aber trotzdem und vermindert das vorhandene Quantum, je länger die Insolation stattfindet. Am Abend eines sonnigen Tages wird bei diesen Pflanzen weniger Stärke in den Blättern gefunden als am Abend eines trüben. Man könnte dies auch bei Pflanzen, welche die Fähigkeit, ihre Spaltöffnungen bei Insolation zu schließen, nicht besitzen, auch künstlich bewirken, wenn man die Spaltöffnungen mit einem unschädlichen Wachsgemisch verschließt; ihre Blätter besitzen schon nach kurzer Zeit weniger Stärke als andere assimilationsfähige.

Schließung des Spaltöffnungsapparats durch die Insolation wird wahrscheinlich durch eine Turgeszenzänderung erzielt, wie Pfeffer<sup>2)</sup> dies auch für die Variation der Spaltweite im allgemeinen angenommen hat.

---

1) E. Stahl, Einige Versuche über Transpiration und Assimilation. Bot. Ztg., Bd. I, 1894, S. 117.

2) W. Pfeffer, Pflanzenphysiologie, Bd. I, 1897, S. 176.

### Resümee.

1. Das Klima des Urwalds von Tjibodas ist, wie aus den meteorologischen Wahrnehmungen hervorgeht, ein sehr gleichmäßiges. Die Luftfeuchtigkeit ist eine hohe und kann nicht selten den Sättigungsgrad erreichen.

2. An einer Anzahl von krautigen Pflanzen wurden an Ort und Stelle Beobachtungen angestellt und zwar zunächst hinsichtlich ihrer Transpiration. Der Verlust an gasförmigem Wasser ist bei ihnen im allgemeinen ein sehr geringer. Kleine Schwankungen in der Intensität des diffusen Lichtes sind bereits imstande, die Verdunstung bedeutend zu fördern.

3. Die Ausscheidung des flüssigen Wassers ist eine nachts häufige Erscheinung, die aber auch während der feuchtesten Zeit des Jahres tagsüber beobachtet wird und den Wasserverlust in gasförmigem Zustand bedeutend übertrifft. Die Guttation dürfte einen Ersatz für die geringe Transpiration darstellen. Nicht allein Hydathoden, sondern auch die gewöhnlichen Spaltöffnungen sind imstande, flüssiges Wasser hinauszupressen.

4. Das Bluten von Bäumen in völlig belaubtem Zustand ist eine für den Urwald häufige Erscheinung. Der Blutungsdruck kann dabei sehr hohe Werte erreichen. Während der feuchten Zeit werden nur positive Drucke, in der trockneren Zeit aber auch negative wahrgenommen. Es sind also sogar in den feuchtesten Teilen des regenreichen West-Java nicht immer positive, sondern auch negative Drucke zu verzeichnen.

5. Der Gesamtzuwachs der krautigen Urwaldpflanzen erreicht in demselben Zeitabschnitt während der Regenzeit höhere Werte als die derselben Spezies in Buitenzorg unter annähernd gleichen Wachstumsbedingungen gezüchteten. Dies ist nur dem größeren Gesamtzuwachs am Tage im Urwald zuzuschreiben. Tag- und Nachtwachstum hält sich im Urwald ungefähr die Wage, ohne die durch die Schwankungen der Luftfeuchtigkeit bedingte Periodizität der Buitenzorger Versuchspflanzen aufzuweisen. Auch im Urwald kommt es zu einer solchen Periodizität, wenn die Sprosse aus der Dunstregion hinausragen.

6. Die Assimilation der Urwaldpflanzen ist dank ihrer Anpassung an das schwache Licht noch ausgiebig genug, um das verhältnismäßig schnelle Wachstum zu ermöglichen. Das Maximum der Stärkezunahme findet stets am Nachmittag statt. Die Stärkeabwanderung geschieht sowohl tags- als nachtsüber, aber niemals in dem Maße, daß eine gänzliche Entleerung der Blätter die Folge wäre.

7. Bei einer Reihe von tropischen Pflanzen wird durch Insolation ein gänzlicher Verschuß der Spaltöffnungen herbeigeführt und somit die Bildung von Stärke, trotz günstiger Assimilationsbedingungen, verhindert. Bei der Beurteilung des Einflusses des Lichtes auf den Transport der Kohlenhydrate muß diesem Umstand Rechnung getragen werden.

Urwaldlaboratorium Tjibodas,

Juli 1914.



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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik](#)

Jahr/Year: 1915

Band/Volume: [56](#)

Autor(en)/Author(s): Faber F. C. von

Artikel/Article: [Physiologische Fragmente aus einem tropischen Urwald.  
197-220](#)