

Über Wachstum und Ruhe tropischer Baumarten.

Von

Georg Klebs.

Mit 4 Textfiguren.

Während die periodischen Bewegungen der Pflanzen, z. B. die Tag- und Nachtstellungen der Blätter und Blüten, seit den bahnbrechenden Arbeiten Pfeffers ein sehr genau bearbeitetes Gebiet der allgemeinen Physiologie darstellen, sind die Probleme, die sich an die periodischen Entwicklungsvorgänge knüpfen, noch heute ein Tummelplatz schroff widerstreitender Meinungen. Allerdings liegen die Beweise bereits klar dafür vor, daß die in der freien Natur periodisch verlaufenden Entwicklungsprozesse bei niederen Pflanzen, Algen und Pilzen im notwendigen Zusammenhange mit ihrer Umgebung stehen. Aber diese Tatsachen, wie viele andere, die bei höheren Pflanzen bereits festgestellt worden sind, haben noch nicht die Vorstellung beseitigt, nach der die Entwicklungsprozesse der höheren Pflanze wesentlich allein von ihrer erblichen Struktur bestimmt werden. Diese Annahme ist gerade durch das Verhalten der tropischen Bäume anscheinend gestützt worden, seitdem Treub, Haberlandt (1893) und besonders Schimper (1898) nachgewiesen hatten, daß solche Bäume in einem ziemlich gleichmäßigen warmen und feuchten Klima periodisch wachsen und ruhen.

In einer Arbeit von 1911 habe ich auf Grund meiner Beobachtungen und Versuche in Buitenzorg den Nachweis geführt, daß die Periodizität durch äußere Einwirkungen verändert werden kann, und daraus die Folgerung gezogen, daß sie überhaupt von der Außenwelt abhängig ist. Als dann Volkens (1912) seine wichtigen Beobachtungen aus Buitenzorg ausführlich veröffentlichte und meine Auffassung zurückwies, habe ich 1912 einige Resultate meiner Versuche mit tropischen Pflanzen in Heidelberg bekannt

gemacht. Sie zeigten zwei wesentliche Ergebnisse: 1. es gibt eine ganze Anzahl Tropenpflanzen: Kräuter, Stauden, Sträucher, Bäume, die ein ganzes Jahr ununterbrochen fortwachsen — es waren 8 verschiedene Arten. Ich kann noch drei andere hinzufügen: *Blechnum brasiliense* als Vertreter der Farngruppe, ferner *Lantana camara*, ein in Java überall verbreiteter Strauch, und der ebenfalls dort gemeine *Phyllanthus pulcher*. 2. es gibt Tropenpflanzen, die als ältere Bäume in Java monatelang ruhen, als jüngere Pflanzen entweder ständig das ganze Jahr wachsen oder nur im Zusammenhang mit der geringen Lichtintensität eine Zeitlang in unserem Winter ruhen.

Aber auch diese Tatsachen haben den Glauben an eine bestimmte erbliche Periodizität nicht erschüttern können, wie aus den Arbeiten von Drude (1913), W. Magnus (1913) u. a. hervorgeht. In der neuesten Arbeit von Simon (1914) findet man wieder ein reiches Material von Beobachtungen, die das periodische Verhalten zahlreicher Tropenbäume in Java schildern. Die von mir festgestellten Tatsachen werden nicht näher berücksichtigt, mein Erklärungsversuch wird abgewiesen, und an seine Stelle tritt wieder die erbliche Periodizität.

Aus den Arbeiten von Schimper, Volkens, Simon lernen wir kennen, daß tropische Bäume im Klima von Westjava abwechselnd wachsen und ruhen. Ferner erfahren wir, daß das Treiben resp. die Ruhe in keinem erkennbaren Zusammenhang mit Licht, Feuchtigkeit und Temperatur steht. Es ist schon heute klar, daß es auf dem Wege, den diese Forscher beschritten haben, aussichtslos ist, eine Erklärung der Periodizität zu geben. Das Ergebnis ist auch in dieser Beziehung rein negativ. Simon ist keinen Schritt weiter gekommen als Schimper, nur daß die Zahl der Einzelfälle sehr vermehrt worden ist. Ich habe schon mehrfach hervorgehoben, daß diese Annahme einer erblichen Periodizität nur auf unzureichender Kenntnis der Beziehungen von Pflanze und Außenwelt beruht, daß sie auch unter diesen Umständen keinen Erklärungswert besitzt — eine Auffassung, die Volkens (1912, S. 142) eigentlich auch teilt. Die Frage nach dem Wesen der Periodizität bleibt genau so offen, als wenn man sagen würde, wir kennen die Gründe der Periodizität nicht.

Man kann nun ganz vorurteilsfrei das Problem in Angriff nehmen, indem man einfach festzustellen versucht, wie das Wachstum der Sprosse tropischer Pflanzen unter bekannten und

dabei vielfach veränderten Bedingungen verläuft. Auf diesem Wege ist es wirklich möglich, die Reaktionsweisen der gegebenen spezifischen Struktur einer Pflanze im Verhältnis zur Außenwelt zu erkennen. Je weiter diese Kenntnis fortschreitet, um so besser wird man dann auch später das Verhalten unter den Bedingungen der freien Natur verstehen lernen.

Aus diesem Grunde habe ich seit Sommer 1911 die Untersuchungen an tropischen Pflanzen, besonders Baumarten, konsequent weiter geführt. Im Laufe der Jahre habe ich mit zahlreichen Pflanzen gearbeitet mit sehr verschiedenem Resultat, weil nicht jede Tropenpflanze sich unter den Bedingungen meines Gewächshauses immer gut entwickelt. Aber gerade eine Anzahl der Arten, mit denen ich bereits in Buitenzorg experimentiert hatte, haben sich als geeignet erwiesen. Wegen des beschränkten Raumes, der der Abhandlung zur Verfügung steht, bespreche ich nur eine kleine Anzahl der Versuchspflanzen.

Das Instituts-Gewächshaus, das aus einer kühleren und einer wärmeren Abteilung besteht, liegt nach Süden. Im Sommer sind bei dem hohen Sonnenstande die Beleuchtungsverhältnisse sehr gut, an sonnigen Tagen mußten während der heißen Stunden Schattendecken angewandt werden; zugleich wurde stark gelüftet. Im Winter dagegen war die Lage nicht gut, weil bei dem niedrigen Sonnenstande gegenüberliegende Häuser den Zutritt der Sonne nur wenige Stunden gestatteten. Das Gewächshaus wurde im Winter wie Sommer geheizt. Als Beispiel für die Temperaturverhältnisse gebe ich die Zahlen für das Jahr 1913, die auf den täglichen Messungen mit Hilfe eines Maximum-Minimum-Thermometers beruhen (siehe Tab. 1).

Die für das Wachstum sehr entscheidenden Minimum-Temperaturen bewegten sich zwischen $19-20^{\circ}$ in den Wintermonaten, $21-24^{\circ}$ in den Sommermonaten. Die Feuchtigkeit der Luft war im ganzen Winter sehr hoch, am Tage $70-80\%$, in der Nacht $80-95\%$; während des Sommers konnte sie bei starker Lüftung am Tage zeitweilig bis auf $50-60\%$ sinken, während sie in der Nacht $80-95\%$ betrug.

Die Pflanzen wurden zum Teil frei in einen Erdhügel gesetzt — eine Methode, die sich sehr bewährt hat. Ich benutzte mit wenigen Ausnahmen die Tablette, die auf der Südseite lag. Die Wurzeln verbreiteten sich vielfach in den Nachbarhügeln, so daß auch hier ein Konkurrenzkampf um die Nährsalze zwischen benach-

barten Pflanzen eintrat. Die Erde verändert sich mit der Zeit, namentlich im Winter bei der großen Feuchtigkeit, bei der die Cyanophyceen sehr gut gedeihen. Von Zeit zu Zeit wurde die Erde aufgelockert und gewöhnlich im Herbst und Frühling bei möglicher Schonung der Wurzeln durch frisch gedüngte Erde ersetzt.

Tabelle 1.

Temperaturen in der warmen Abteilung des Instituts-
Gewächshauses im Jahre 1913 in C°.

Monat	Durchschnitts- Temperatur	Mittleres Maximum	Mittleres Minimum	Absolutes Maximum	Absolutes Minimum
Januar . .	24	27,1	20,9	30,6	15,9
Februar . .	24,2	28,7	19,7	35,4	17,3
März . .	25,5	30,4	20,6	38,7	18,7
April . .	26,5	32,3	20,8	39,8	17,6
Mai . .	28,6	35,6	21,7	42,6	19,4
Juni . .	30	36	23,8	42	20,5
Juli . .	29,5	35,9	23,1	44,2	20,4
August . .	28,8	35,6	22,1	45,2	18,2
September .	25,9	30	21,8	39,5	19,4
Oktober . .	25,2	29,7	20,7	33,4	19
November .	23,4	27,1	19,7	30,6	18,5
Dezember .	21,9	24,5	19,3	31,2	14,4

Ich bestimmte in erster Linie das Wachstum durch tägliche Messungen der Blätter. Ich maß die Blätter durch Anlegung eines Millimeterstabes. Bei Blättern von *Terminalia*, *Theobroma* lassen sich die Messungen genau genug ausführen, der Fehler beträgt nicht mehr wie ± 1 mm. Dagegen bei den stark geteilten Blättern, z. B. von *Albizzia*, *Pithecolobium* steigt der Fehler auf ± 2 mm. Für die Zwecke meiner Untersuchung ist die Genauigkeit ausreichend, die wesentlichen Resultate würden nicht verändert werden bei genaueren Wachstumsmessungen.

Die Messungen wurden täglich am Morgen ausgeführt, im Sommer zwischen 8^{1/2} und 9 Uhr, im Winter zwischen 9 und 9^{1/2} Uhr. Eine Unterbrechung erfuhren die Messungen gewöhnlich durch eine Reise im April und August (1912 auch im September, 1914 keine Unterbrechung). Vor der Reise wurden die letzten jungen Blätter bezeichnet, nach der Reise das Resultat des Zuwachses

bestimmt. Bei den näher besprochenen Pflanzen findet in den genannten Monaten stets das Wachstum statt; die eigentlich kritische Zeit ist wegen des Lichtmangels der Winter.

Da die Angaben der täglichen Messungen viel zu umfangreich sind, so werde ich mich im folgenden auf gewisse Resultate, die sich auf das Blattwachstum beziehen, beschränken. Ich gebe die Zahl in Tagen an, die das Blatt von einer gemessenen Anfangsgröße bis zu seiner Endgröße gebraucht hat. Ich berechne daraus die durchschnittliche Zuwachsgröße pro Tag — eine Zahl, die eine gute Vorstellung von den verschiedenen Wachstumsgrößen, z. B. zu verschiedenen Zeiten des Jahres gibt.

Terminalia catappa (Fig. 1, S. 740)
(Combretaceae).

Dieser in Java einheimische und überall kultivierte Baum ist an seinem ursprünglichen Standort nahe der Meeresküste höchstens für eine Woche blattlos (Koorders und Valetton IX, S. 26). Im Garten von Buitenzorg erfolgte nach den Beobachtungen von Volkens (1912, S. 13) an 20 Bäumen ein starker Laubabfall Ende Februar bis Mitte März, worauf durch Treiben der Knospen die neue Belaubung entstand. Ende Juli wurde das Laub wieder rot, und nach den Beobachtungen von Smith, die Volkens anführt, warfen die Bäume zum zweiten Male ihre Blätter ab und belaubten sich darauf von neuem. Ich konnte im Winter 1910/11 feststellen, daß ein Baum des Gartens von Ende Dezember bis Mitte Februar völlig ruhte; die Entblätterung eines Zweiges am 7. XII. 10 hatte keinen Erfolg (Klebs, 1912, S. 261).

Terminalia ist auch von Simon (1914, S. 88—90) untersucht worden. Abgesehen von mancherlei Verschiedenheiten bei den einzelnen Individuen bestätigte Simon die Beobachtungen von Volkens. Teils im Januar, teils im Februar oder März warfen die Bäume ihr Laub ab und trieben ziemlich gleichzeitig die neuen Blätter aus. Über ein zweites Treiben wird nichts berichtet. Dagegen gibt Wright (1905, S. 441) an, daß *Terminalia* zweimal im Jahre in Ceylon das Laub abwirft und dann treibt, das erste Mal Januar bis Februar, das zweite Mal August bis September.

Im Winterhalbjahr 1910/11 standen mir in Buitenzorg eine Menge Topfexemplare von *Terminalia* zur Verfügung. Sie waren etwa zweijährig und seit der Keimung nicht umgepflanzt. Das

Verhalten war sehr charakteristisch. Die meisten Exemplare gingen nach der Bildung einiger neuer Blätter zur Ruhe über oder ruhten gerade, als ich sie untersuchte. Ich konnte die Ruhe beseitigen, indem ich die alten Blätter entfernte oder ihr Abfallen durch Verdunkelung bewirkte (Klebs, 1911, S. 35). Nach einiger Zeit des Wachstums gingen die Exemplare von neuem zur Ruhe über, konnten aber wieder durch Entblätterung zu einer neuen Blattbildung veranlaßt werden. Diese jüngeren Topfpflanzen verhielten sich demgemäß ganz anders als die älteren Bäume des Gartens. Ich gebe die Beobachtungen an den beiden Exemplaren, die ich nach Heidelberg schickte und hier weiter untersuchte.

Pflanze I.

An diesem Exemplar hatte ich aus anderen Gründen eine halbseitige Ringelung (1 cm) gemacht, die übrigens in einigen Wochen verheilte. Es war die einzige Pflanze unter zwölf, die bei sehr langsamem Wachstum keine Ruhe zeigte; als Beispiel gebe ich die Messungen zweier Blätter.

Datum der Beobachtung ¹⁾	Anfangsgröße	Endgröße	Zuwachs in cm	Zeit in Tagen	Zuwachs pro Tag
12. XI. 10 bis 11. I. 11	2,6	13,9	= 11,3	60	0,2
18. XII. 10 „ 7. II. 11	1	13,9	= 12,9	51	0,23

Pflanze II.

Am 27. X. 1910 hatte die Pflanze 7 Blätter, das jüngste von 2 cm Länge; bis zum 3. I. entwickelten sich 3 neue Blätter:

31. X. 10 bis 6. XII. 10	2	14,5	= 12,5 cm	36 Tg.	pro Tg. 0,3 cm
28. XI. 10 „ 22. XII. 10	2	13,8	= 11,8 „	24 „	„ „ 0,5 „
10. XII. 10 „ 3. I. 11	1,8	12,4	= 10,6 „	24 „	„ „ 0,4 „

Das jüngste Blatt wuchs seit dem 22. XII. nicht weiter; am 3. I. war die Pflanze ganz in Ruhe. Am 3. I. wurde sie entblättert; am 11. I. traten 3 junge Blätter hervor: 5,6; 3,6; 2,6 cm lang. Sie entwickelten sich bis zum 7. II. zu Längen von 14,9; 18,8; 12,6 cm, dazu kamen 3 neue Blätter. Die Pflanzen wurden dann in einen Wardschen Kasten gepflanzt und reisten darin nach Heidelberg.

1) Da die Tabellen in der ganzen Arbeit nach dem gleichen Schema gemacht worden sind, wiederhole ich diese Bezeichnungen nicht mehr.

Zur Orientierung über die Blattgröße gebe ich einige Messungen der Gesamtlänge an den Blättern von Topfpflanzen sowie einiger Blätter eines erwachsenen Baumes:

Durchschnitts- länge	}	20 Blätter Topfpflanzen	17,2 cm,	Min. 13,8,	Max. 23,6
		7 „ älterer Bäume	27,5 „	„ 22	„ 32

Pflanze I in Heidelberg.

Ende April 1911 wurde die Pflanze in einen Topf mit neuer Erde gesetzt; sie begann ein kräftiges Treiben, das im Mai und



Fig. 1. *Terminalia catappa*.

Pflanze aus Buitenzorg, 24. VI. 1911 frei im Gewächshaus (Heidelberg) ausgepflanzt, 11. X. 1911 in einen Topf gesetzt. Am 11. VII. 1912 fotogr.; $\frac{1}{20}$.

Juni fortging. Am 24. VI. 1911 wurde sie in einen Erdhügel im Gewächshaus frei ausgepflanzt. Täglich wurde das Blattwachstum gemessen, d. h. die Länge von der Stielbasis bis zur Spitze:

30. VI. 11 bis 18. VII. 11	7,2—34,4 = 27,2 cm;	8 Tg.;	pro Tg. 1,5 cm
4. VII. 11 „ 16. VII. 11	3,8—29,4 = 25,6 „	; 14 „	„ 1,8 „
7. VII. 11 „ 22. VII. 11	2,1—34,6 = 32,5 „	; 15 „	„ 2,1 „
9. VII. 11 „ 26. VII. 11	1,4—34,6 = 33,2 „	; 17 „	„ 2 „
14. VII. 11 „ 29. VII. 11	1,2—33,3 = 32,1 „	; 15 „	„ 2,1 „
17. VII. 11 „ 2. VIII. 11	1,2—29,4 = 28,2 „	; 16 „	„ 1,8 „

Der Sommer 1911 war wegen der langen Zeit sonniger Tage sehr günstig für die Tropenpflanzen, günstiger als die Regenzeit in Java. Die Blätter waren sogar größer als an dem erwachsenen Baum in Buitenzorg; der tägliche Zuwachs übertraf den der Topfpflanzen in Buitenzorg (0,2—0,5) um das 4—10fache.

Am 9. VIII. wurde das letzte jüngere Blatt bezeichnet, am 11. IX. der Zuwachs im August bestimmt. Es hatten sich in der Zeit 4 bereits fertige und 4 jüngere Blätter entwickelt. Außerdem hatten sich die im Juli angelegten zwei Seitensprosse sehr stark gestreckt, es war ein 3. (26 cm) entstanden mit einem sekundären Trieb von 31,3 cm. Die Hauptachse war um 12 cm verlängert. Es begannen die täglichen Messungen:

11. IX. 11 bis 24. IX. 11 $6,5—31,4 = 24,9$ cm; 13 Tg.; pro Tg. 1,9 cm

11. IX. 11 „ 29. IX. 11 $3,1—37,6 = 36,5$ „ ; 18 „ ; „ „ 1,9 „

Leider war das Gewächshaus zu niedrig für die stark gestreckte Pflanze, ich mußte am 11. X. 1911 sie fortnehmen und in einen Topf setzen, der tiefer gestellt wurde. Trotz großer Vorsicht beim Umpflanzen wurde das Bäumchen etwas welk, das Wachstum stand für 6 Tage still, setzte dann wieder ein:

17. X. bis 29. X. $7—21,7 = 14,7$ cm; 12 Tg.; pro Tg. 1,2 cm.

Die beiden nächsten Blätter wuchsen aber seit dem 29. X. nicht mehr; der Hauptsproß trat in Ruhe ein.

Einer der Seitensprosse zeigte noch Wachstum bis zum 13. XI.; dann ruhte das ganze Bäumchen. Ich entblätterte den Seitenzweig am 13. XI., sein jüngstes Blatt fing bald darauf an zu wachsen und verlängerte sich von 3,1 cm bis 6,7, d. h. um 3,6 cm in 25 Tagen; pro Tag 0,14 cm. Es entstand außerdem ein junger Seitensproß, dessen erstes Blatt bis zum 29. XII. sich um 2,1 cm verlängerte (pro Tag 0,15 cm). Ende Dezember bis Anfang Januar wurden die Blätter gelb und fielen ab: An den Seitensprossen blieben die jüngeren Blätter erhalten und wuchsen weiter.

Blätter der Seitensprosse:

30. XII. 11 bis 20. I. 12 $8,2—15 = 6,8$ cm; 21 Tg.; pro Tg. 0,3 cm

2. I. 12 „ 9. II. 12 $2,4—22,1 = 19,7$ „ ; 38 „ ; „ „ 0,5 „

23. I. 12 „ 12. II. 12 $3,9—21,8 = 17,9$ „ ; 20 „ ; „ „ 0,9 „

Mit steigender Lichtmenge nahm das Wachstum deutlich zu.

Mitte Januar begann der Hauptsproß nach einer Ruhezeit von $2\frac{1}{2}$ Monaten neue Blätter zu bilden.

16. I.12 bis 9. II.12	4	—28,9 = 24,9 cm; 24 Tg.; pro Tg. 1 cm
29. II.12 „ 18. III.12	3,5—25,5 = 22 „ ; 18 „ ; „ „ 1,2 „	
7. III.12 „ 30. III.12	2,6—27,7 = 25,1 „ ; 23 „ ; „ „ 1,1 „	

Ende März fielen die letzten älteren Blätter ab, das Bäumchen war frisch belaubt. Während des Aprils bildete der Hauptsproß 4 große fertige Blätter, alle Seitensprosse hatten 3 oder 4 neue Blätter entfaltet:

7. V.12 bis 15. V.12	7,8—29,1 = 21,3 cm; 8 Tg.; pro Tg. 2,1 cm
6. V.12 „ 22. V.12	2,2—29,5 = 27,3 „ ; 16 „ ; „ „ 1,7 „
16. V.12 „ 1. VI.12	4,3—32,3 = 28 „ ; 16 „ ; „ „ 1,8 „

Das jüngste Blatt, 1,6 cm lang, wuchs vom 16. VI. ab nicht mehr, der Hauptsproß ruhte, bis am 1. VII. das Blatt sein Wachstum wieder aufnahm, während gleichzeitig neue Blätter erschienen. Dagegen entwickelten sich die Seitensprosse ohne Ruhe bis zum Ende des Versuches am 20. VII. 1912.

Die Pflanze I hatte, als Ganzes betrachtet, vom Mai 1911 bis Juli 1912 ununterbrochen Wachstumserscheinungen gezeigt. Der Hauptsproß hatte nach der Versetzung in einen Topf eine längere Ruheperiode von 2¹/₂ Monaten durchgemacht zur Zeit der geringsten Lichtmenge, dann eine kurze Ruheperiode von 14 Tagen, gerade zur Zeit größter Lichtmenge. Zur weiteren Prüfung dieses Verhaltens diente die zweite Pflanze.

Pflanze II.

Diese Pflanze (s. S. 739) war ebenfalls nach ihrer Reise von Java im April 1911 in frische Erde gesetzt worden, sie wuchs darin den ganzen Sommer, genaue Messungen wurden zu dieser Zeit nicht angestellt. Am 11. November 1911 wurde sie frei in einen Erdhügel des Gewächshauses gesetzt und täglich gemessen:

16. XI.11 bis 12. XII.11	2,9—27,6 = 24,7 cm; 26 Tg.; pro Tg. 0,9 cm
26. XI.11 „ 20. XII.11	2,1—29,2 = 27,1 „ ; 24 „ ; „ „ 1,1 „
2. XII.11 „ 25. XII.11	3,9—31,2 = 27,3 „ ; 23 „ ; „ „ 1,2 „
7. XII.11 „ 15. I.12	2,7—26,8 = 24,1 „ ; 29 „ ; „ „ 0,8 „
22. XII.11 „ 22. I.12	2,6—26,6 = 24 „ ; 31 „ ; „ „ 0,8 „
29. XII.11 „ 27. I.12	1,8—26,6 = 24,8 „ ; 29 „ ; „ „ 0,8 „
8. I.12 „ 8. II.12	2 —34,5 = 32,5 „ ; 31 „ ; „ „ 1 „
20. I.12 „ 16. II.12	2,5—31,9 = 29,4 „ ; 27 „ ; „ „ 1,1 „
2. II.12 „ 28. II.12	2,2—39,7 = 37,5 „ ; 26 „ ; „ „ 1,4 „
17. II.12 „ 7. III.12	3,8—38,5 = 34,7 „ ; 19 „ ; „ „ 1,8 „

21.	II.12	bis	10. III.12	4,4—36,4 = 32	cm; 18 Tg.; pro Tg. 1,8 cm
24.	II.12	„	16. III.12	2,9—38,4 = 35,5	„ ; 21 „ ; „ „ 1,7 „
	4. III.12	„	22. III.12	2,4—35,4 = 33	„ ; 18 „ ; „ „ 1,8 „
	9. III.12	„	25. III.12	3 —42,5 = 38,5	„ ; 16 „ ; „ „ 2,4 „
	12. III.12	„	29. III.12	3,4—39 = 35,6	„ ; 17 „ ; „ „ 2,1 „
	15. III.12	„	30. III.12	3,3—31,8 = 28,5	„ ; 15 „ ; „ „ 1,9 „
	19. III.12	„	31. III.12	3,5—32,9 = 29,4	„ ; 12 „ ; „ „ 2,3 „

Diese zweite Pflanze, die frei ausgepflanzt worden war, hatte die kritische Zeit der geringen Lichtmenge im Winter ohne zu ruhen überstanden; der Hauptsproß war ununterbrochen gewachsen nur mit starker Verlangsamung November bis Januar, während im Februar mit steigender Lichtmenge das Wachstum lebhafter wurde.

Die Pflanze II hatte auch im Gegensatz zu I keinen Laubabfall im Winter gezeigt, abgesehen von ganz vereinzelt unperiodisch abfallenden Blättern,

Im Laufe des Aprils 1912 entstanden 5 ausgewachsene und einige jüngere Blätter. Sehr kräftig entwickelten sich die Seitensprosse, 4 an der Zahl (Länge = 38, 38, 36, 29,5 cm), dazu 3 kleinere, alle wurden entfernt, um die Breitenausdehnung einzuschränken.

Neue tägliche Messungen:

1.	V. 12	bis	11. V. 12	6,7—34 = 27,3	cm; 10 Tg.; pro Tg. 2,7 cm
8.	V. 12	„	19. V. 12	7,4—39,5 = 32,1	„ ; 11 „ ; „ „ 2,9 „
9.	V. 12	„	22. V. 12	4,3—28 = 23,7	„ ; 11 „ ; „ „ 2,1 „
11.	V. 12	„	25. V. 12	4,7—38,6 = 33,9	„ ; 14 „ ; „ „ 2,4 „
18.	V. 12	„	30. V. 12	7,1—35,9 = 28,8	„ ; 12 „ ; „ „ 2,4 „
20.	V. 42	„	2. VI. 12	3,7—36 = 32,3	„ ; 13 „ ; „ „ 2,5 „
31.	V. 12	„	17. VI. 12	2,6—41,9 = 39,3	„ ; 17 „ ; „ „ 2,3 „
	9. VI. 12	„	20. VI. 12	11,6—43,4 = 31,8	„ ; 11 „ ; „ „ 2,9 „
	19. VI. 12	„	3. VII. 12	5,8—34,5 = 28,7	„ ; 14 „ ; „ „ 2 „

Die Pflanze befand sich in kräftigster Entwicklung zur Zeit der größten Lichtmenge; ein Vergleich des Wachstums zur Zeit geringerer Lichtmenge zeigt es unmittelbar:

Durchschnittslänge der Blätter:

Nov. bis Jan.	=	29,3 cm,	Min. 25,6,	Max. 34,5
Mai „ Juni	=	36,8 „	„ 28	„ 44,4

Durchschnittszuwachs pro Tag:

Nov. bis Jan.	=	0,9 „	„ 0,8	„ 1,2
Mai „ Juni	=	2,4 „	„ 2	„ 2,9

Auch die Bildung von Seitensprossen ging sehr lebhaft vor sich, sie wurden bis auf 2 entfernt.

Im Juli 1912 war das Bäumchen wieder zu groß für das Gewächshaus geworden, ich mußte es in einen Topf setzen am 10. VII, nachdem es länger als ein Jahr ununterbrochen gewachsen war. Die Messungen selbst erstreckten sich auf 8 Monate.

Die Versetzung war mit einer starken Verletzung der Wurzeln verbunden; innerhalb 3 Tagen warf die Pflanze ihre älteren Blätter ab. Doch begann das Wachstum bereits am 13. VII. und ging fort während der Monate August bis September. Es wurde festgestellt, daß der Hauptsproß in dieser Zeit 11 neue Blätter gebildet hatte, daß ferner 4 neue Seitensprosse, 2 mit sekundären Zweigen, entwickelt worden waren. Die weiteren Messungen ergaben:

4. X. 12 bis 23. X. 12	1,7—38,4 = 36,7 cm; 19 Tg.; pro Tg. 1,9 cm
11. X. 12 „ 30. X. 12	5,3—42,5 = 37,2 „ ; 19 „ ; „ „ 1,9 „
11. X. 12 „ 31. X. 12	3,8—39,2 = 35,4 „ ; 20 „ ; „ „ 1,7 „
20. X. 12 „ 6. XI. 12	11,3—36,4 = 25,1 „ ; 17 „ ; „ „ 1,5 „

Während das Wachstum im Oktober noch ziemlich lebhaft war, hörte es mit dem 7. Nov. auf. Sowohl der Hauptsproß wie auch die Seitensprosse ruhten bis 4. I., d. h. ca. 2 Monate. Die Pflanze verhielt sich also in frei ausgepflanztem Zustand den Winter vorher ganz entgegengesetzt wie als Topfpflanze in diesem Winter, sie zeigte das gleiche Verhalten wie die Pflanze I im Topf, nur daß bei dieser einige Seitensprosse ein kümmerliches, durch Entblätterung etwas befördertes Wachstum aufwies. Im Laufe des Oktobers fielen auch einige Blätter ab. Anfang Januar begann erneutes Wachstum.

4. I. 13 bis 23. I. 13	5,5—27,8 = 22,3 cm; 19 Tg.; pro Tg. 1,3 cm
4. I. 13 „ 23. I. 13	4,7—24,2 = 19,5 „ ; 19 „ ; „ „ 1 „
9. I. 13 „ 24. I. 13	6,6—20,2 = 13,6 „ ; 15 „ ; „ „ 0,9 „

Das jüngste Blatt des Hauptsprosses wuchs seit dem 16. I. nicht mehr, der Vegetationspunkt ruhte bis 5. II. ca. 14 Tage.

5. II. bis 23. II.	4 —25,5 = 21,5 cm; 18 Tg.; pro Tg. 1,2 cm
5. II. „ 26. II.	3,6—29,5 = 25,9 „ ; 21 „ ; „ „ 1,2 „
10. II. „ 1. III.	4,2—38,5 = 34,3 „ ; 19 „ ; „ „ 1,8 „
8. III. „ 22. III.	3,8—27 = 23,2 „ ; 14 „ ; „ „ 1,7 „

Vom 22. III. bis 30. IV. 1913 entstanden 5 neue Blätter; außerdem hatten sich 3 Seitensprosse entwickelt (Länge = 27, 26,8, 23,5) mit je 5 Blättern. Diese Sprosse wurden entfernt:

1. V. 13 bis 23. V. 13	2,8—40,5 = 37,7 cm; 22 Tg.; pro Tg. 1,7 cm
1. V. 13 „ 25. V. 13	2,3—41,8 = 39,5 „ ; 24 „ ; „ „ 1,6 „
3. V. 13 „ 30. V. 13	4,5—34,9 = 30,4 „ ; 17 „ ; „ „ 1,8 „
26. V. 13 „ 23. VI. 13	3,2—36,6 = 33,4 „ ; 28 „ ; „ „ 1,2 „
26. V. 13 „ 24. VI. 13	2,5—29,7 = 27,2 „ ; 29 „ ; „ „ 0,9 „

Das Wachstum nahm deutlich ab, der Hauptsproß trat in eine Ruhe von 10 Tagen ein, während die Seitensprosse weiter wuchsen. So wuchs ein Blatt eines solchen vom 2. VI. bis 1. VIII. von 2,4 auf 32,1 cm (pro Tag 1 cm). Anfang Juli begann der Hauptsproß wieder sein Wachstum:

10. VII. bis 31. VII.	3 —30,6 = 27,6 cm; 21 Tg.; pro Tg. 1,3 cm
15. VII. „ 5. VIII.	3,9—30,2 = 26,3 „ ; 21 „ ; „ „ 1,2 „

Während des Augusts bildete der Hauptsproß 3 neue Blätter, dazu einen neuen Seitentrieb mit 4 Blättern. Ein älterer Seitensproß hatte im August 4 neue Blätter entfaltet. Das Wachstum ging fort bis zum 13. September und hörte dann auf, obwohl der September sehr sonnig war. Die Lichtabnahme konnte nicht die Ursache der Ruhe sein. Da die Pflanze über ein Jahr in dem Topf mit der gleichen Erde intensiv gewachsen war, so konnte Nährsalzmangel der Grund für die frühe Ruhe sein. Ich entfernte vorsichtig die alte Erde und ersetzte sie durch neue am 18. X. Im Laufe des Oktobers fand ein starker Laubabfall statt.

Nach einer Ruhezeit von 1¹/₂ Monaten (Seitensprosse ruhten auch) begann das Wachstum am 3. November, also zu einer Zeit sehr ungünstiger Lichtmenge, veranlaßt durch die neue Erde.

3. XI. 13 bis 24. XI. 13	2,9—22,4 = 19,5 cm; 21 Tg.; pro Tg. 0,9 cm
6. XI. 13 „ 14. XII. 13	2 —32,8 = 30,8 „ ; 38 „ ; „ „ 0,8 „
17. XII. 13 „ 12. I. 14	5,5—27,5 = 22 „ ; 26 „ ; „ „ 0,8 „
17. XII. 13 „ 17. I. 14	3,4—28 = 24,6 „ ; 31 „ ; „ „ 0,8 „
3. I. 14 „ 17. I. 14	14,9—27,7 = 12,8 „ ; 14 „ ; „ „ 0,9 „
3. I. 14 „ 19. I. 14	13,1—24,8 = 11,7 „ ; 16 „ ; „ „ 0,7 „

Am 21. I. 1913 trat bei dem Hauptsproß Ruhe ein, während die Seitensprosse weiter wuchsen. Das jüngste Blatt des Haupt-

sprosses hatte bis 13. I. eine Länge von 5 cm erreicht und blieb unverändert bis 31. I. 1914 (Ruhezeit 18 Tage). Dann erfolgte wieder Wachstum:

31. I.14 bis 1.III.14 5,3—9,4 = 4,1 cm; 28 Tg.; pro Tg. 0,15 cm
 11.III.14 „ 30.III.14 2,7—20,8 = 18,1 „ ; 19 „ ; „ „ 0,9 „
 11.III.14 „ 31.III.15 1,4—24,5 = 23,1 „ ; 20 „ ; „ „ 1,1 „

Im Laufe des Aprils entstanden 5 bis zum Ende des Monats ausgewachsene Blätter und 2 jüngere:

29. IV. 14 bis 17. V. 14 2,8—29,5 = 26,7 cm; 18 Tg.; pro Tg. 1,5 cm
 6. V. 14 „ 2. VI. 14 1,8—32,1 = 30,3 „ ; 27 „ ; „ „ 1,1 „
 27. V. 14 „ 4. VI. 14 8,9—30 = 21,1 „ ; 8 „ ; „ „ 2,6 „
 27. V. 14 „ 13. VI. 14 3,5—31,2 = 27,7 „ ; 17 „ ; „ „ 1,6 „

Das Wachstum des Hauptsprosses stand wieder still. Das jüngste Blättchen am 12. VI. 1 cm blieb unverändert bis 21. VI. — eine Ruhezeit von 9 Tagen. Dann ging das Wachstum bis zum Winter ununterbrochen weiter:

22. VI.14 bis 7. VII.14 1,4—31,5 = 30,1 cm; 15 Tg.; pro Tg. 2 cm
 2. VII.14 „ 21. VII.14 2,5—37,9 = 35,4 „ ; 19 „ ; „ „ 1,8 „
 17. VII.14 „ 31. VII.14 4,2—34,4 = 30,2 „ ; 14 „ ; „ „ 2,1 „
 19. VII.14 „ 3. VIII.14 5,4—33,1 = 27,7 „ ; 14 „ ; „ „ 2 „
 5. VIII.14 „ 23. VIII.14 6,1—32,2 = 26,1 „ ; 18 „ ; „ „ 1,4 „
 20. VIII.14 „ 11. IX.14 3,2—23,3 = 20,1 „ ; 22 „ ; „ „ 0,9 „
 26. VIII.14 „ 17. IX.14 6,4—27,5 = 21,1 „ ; 21 „ ; „ „ 1 „
 16. IX.14 „ 2. X.14 6,7—34,2 = 27,5 „ ; 16 „ ; „ „ 1,7 „
 20. IX.14 „ 10. X.14 5,8—34,4 = 28,6 „ ; 20 „ ; „ „ 1,4 „
 3. X.14 „ 20. X.14 14,2—39 = 24,8 „ ; 17 „ ; „ „ 1,7 „
 9. X.14 „ 16. XI.14 4,3—21,4 = 17,1 „ ; 38 „ ; „ „ 0,4 „

Vom 17. XI ab fand kein Wachstum mehr statt, das Bäumchen ging zur Winterruhe über. Da die Messungen an dem Bäumchen II am 11. XI. 1911 begonnen hatten, so war das Wachstum an ihm während drei Jahre beobachtet worden.

Es fällt auf, daß die Zuwachsgröße während der Monate Juli, August, September sehr ungleich war, viel schwankender als bei den früheren Messungen. Man muß dabei berücksichtigen, daß die Pflanze wieder ein volles Jahr in der gleichen Erdmenge intensiv gewachsen war. Infolgedessen mußte der Nährsalzgehalt schon relativ erschöpft sein, und deshalb mußte der Konkurrenzkampf der Haupt- und Seitensprosse eine wichtige Rolle spielen. Solange die Pflanze frei ausgepflanzt war, wuchsen auch die Seiten-

sprosse sehr lebhaft. Im Topf war das Verhältnis geändert. Während der kurzen Ruhezeiten des Hauptsprosses wuchsen Seitensprosse weiter: Andererseits ruhte einer oder der andere von ihnen, während der Hauptsproß wuchs. Genauer verfolgte ich das Verhalten der Seitensprosse in den Monaten Juni bis November 1914. Ich beobachtete das Wachstum an drei Seitensprossen von 4, die ich überhaupt hatte stehen lassen. Ich bezeichne sie mit A, B und C; A und B sind Seitentriebe des Hauptsprosses, C ein solcher von A.

Seitensproß A.

Er war während der kurzen Ruhezeit des Hauptsprosses im Juni fortgewachsen.

14. VI. bis 29. VI. $3,8 - 27,3 = 23,5$ cm; 15 Tg.; pro Tg. 1,6 cm.

Dann ruhte er, da das jüngste Blatt von 30. VII. bis 13. VII. (13 Tage) unverändert blieb. Es folgte eine Zeit des Wachstums:

14. VII. bis 31. VII. $2,5 - 29,6 = 27,1$ cm; 17 Tg.; pro Tag 1,6 cm.

Das folgende Blatt wuchs vom 25. VII. bis 6. VIII. nur von 2,7 bis 3 cm und ruhte dann vollständig bis 9. IX. (also ca. 1 Monat)! erneutes Wachstum:

10. IX. bis 4. X. $3,3 - 22,1 = 18,8$ cm; 24 Tg.; pro Tg. 0,8 cm

16. IX. „ 14. X. $3,1 - 35,5 = 32,4$ „; 28 „; „ „ 1,1 „

Dann trat Ruhe ein; das jüngste Blatt ruhte bereits vom 7. X. ab bis zum 26. X. (19 Tage). Vom 27. X. ab begann erneutes Wachstum, ging aber nur bis zum 4. XI. weiter, worauf Winterruhe eintrat.

Seitensproß B.

Sein Blattwachstum ging ebenfalls während der Ruhezeit des Hauptsprosses fort in der ersten Hälfte des Juni. Messungen vom 17. VI:

17. VI. bis 3. VII. $6,9 - 34,8 = 27,9$ cm; 16 Tg.; pro Tg. 1,7 cm

7. VII. „ 31. VII. $1,6 - 37,7 = 36,1$ „; 24 „; „ „ 1,5 „

Dann ruhte das Wachstum; das jüngste Blatt 1,9 cm blieb unverändert vom 27. VII. bis 8. VIII., 12 Tage.

9. VIII. bis 29. VIII. $3 - 26,5 = 23,5$ cm; 20 Tg.; pro Tg. 1,1 cm

21. VIII. „ 7. IX. $5,6 - 25,7 = 20,1$ „; 17 „; „ „ 1,2 „

24. VIII. „ 10. IX. $4 - 15,9 = 11,9$ „; 17 „; „ „ 0,7 „

12. IX. „ 5. X. $2 - 32,7 = 30,7$ „; 23 „; „ „ 1,3 „

16. IX. „ 10. X. $4,3 - 24,7 = 20,4$ „; 24 „; „ „ 0,8 „

Das folgende Blatt war in der ersten Zeit nicht gemessen worden, es erreichte am 22. X. seine Endgröße von 32 cm, das Wachstum hörte auf. Das nächste Blatt 2,2 cm ruhte bis in den Winter hinein.

Seitensproß C (Seitentrieb von A).

Seit Anfang Juli war dieser Zweig im Wachstum begriffen:

9. VII. bis 28. VII. 4,5—27,4 = 22,9 cm; 19 Tg.; pro Tg. 1,2 cm
 25. VII. „ 4. VIII. 8,6—30,7 = 22,1 „ ; 10 „ ; „ „ 2,2 „
 1. VIII. „ 21. VIII. 2,8—28 = 25,2 „ ; 20 „ ; „ „ 1,2 „

Dann ruhte das Wachstum, das jüngste Blatt (1,4 cm) blieb unverändert vom 21. VIII. bis 9. IX. (19 Tage); dann streckte es sich:

10. IX. bis 30. IX. 2—28,2 = 26,2 cm; 20 Tg.; pro Tg. 1,3 cm
 es folgten 3 neue Blätter, eines wurde zufällig verletzt, die beiden anderen wurden gemessen:

3. X. bis 13. X. 14,2—22 = 7,8 cm; 10 Tg.; pro Tg. 0,8 cm
 11. X. „ 4. XI. 2,4—35,5 = 33,1 „ ; 24 „ ; „ „ 1,4 „

Dann trat vom 4. XI. Winterruhe ein.

Das periodisch wechselnde Verhalten der Seitensprosse wird viel deutlicher hervortreten, wenn ich die beobachteten Zeiten kurz zusammenstelle. Dabei will ich als Ruheperiode diejenige Zeit bestimmen, die von dem Aufhören des Wachstums des letzten Blattes bis zum merklichen Wachstum des folgenden jüngsten Blattes verläuft, obwohl dieses sich schon eine Zeit vorher in Ruhe befand. Für die Seitensprosse A und B begann die Messung im Juni, für C erst im Juli 1914.

	Ruhezeit	Wachstumszeit
Hauptsproß		31. I. 14 bis 13. VI. 14 4½ M.
14. VI. bis 21. VI.	7 Tg.	22. VI. 14 „ 16. XI. 14 4¾ „
17. XI.	Winterruhe.	
<hr/>		
Seitensproß A		14. VI. 14 bis 29. VI. 14 15 Tg.
30. VII. bis 13. VII.	13 Tg.	14. VII. 14 „ 6. VIII. 14 23 „
7. VIII. „ 9. IX.	33 Tg.	10. IX. 14 „ 14. X. 14 34 „
15. X. „ 27. X.	12 Tg.	27. X. 14 „ 4. XI. 14 8 „
5. XI.	Winterruhe.	

Seitensproß B	17. VI. 14 bis 31. VII. 14	44 Tg.
1. VIII. bis 8. VIII.		7 Tg.
23. X. Winterruhe.	9. VIII. 14 „ 22. X. 14	74 „
<hr/>		
Seitensproß C	9. VII. 14 bis 21. VIII. 14	43 Tg.
22. VIII. bis 9. IX.		19 Tg.
5. X. Winterruhe.	10. IX. 14 „ 4. XI. 14	55 „

Aus dieser Tabelle erkennt man, in welchem Maße die einzelnen Sprosse mit Ruhe und Wachstum abwechselten. Die Perioden waren sowohl für den gleichen Sproß (z. B. A) sehr ungleich an Länge wie auch für die 3 Seitensprosse untereinander. Diese ruhten auch vielfach zu verschiedenen Zeiten. Temperatur, Feuchtigkeit der Luft und Lichtmenge waren für das ganze Bäumchen gleich. Die Gründe für das Verhalten von Haupt- und Seitensprossen können nur in dem Boden liegen. Der Topf wurde regelmäßig und reichlich mit Wasser versehen; es ist nicht gerade wahrscheinlich, daß das zugeführte Wasser dem Bäumchen nicht genügt hätte; aber bei den zahlreichen großen Blättern könnte immerhin die durch den Stamm zugeführte begrenzte Masse Wasser eine gewisse Rolle gespielt haben. In erster Linie wird aber die begrenzte und relativ bereits erschöpfte Nährsalzmenge der über ein Jahr alten Topferde die Entscheidung geliefert haben. Diese Nährsalzmenge mußte sich auf die verschiedenen Vegetationspunkte der Sprosse verteilen. Am stärksten beansprucht der Hauptsproß die Nährsalze; nur für kurze Zeit wurde er zur Ruhe verurteilt. Was er übrig ließ, fiel dem Konkurrenzkampf der Seitensprosse anheim, der aus dem Hin- und Herschwanken von Ruhe und Wachstum deutlich hervorgeht.

Vorhin wurde mehrfach bemerkt, daß ich Seitensprosse erster und auch zweiter Ordnung entfernte; ich ließ im ganzen nur vier von ihnen stehen. Die Zahl der Seitensprosse war sehr verschieden in den Zeiten sehr intensiven Wachstums im frei ausgepflanzten Zustand und in den Zeiten des Lebens im Topfe. Im ersten Jahre vom 11. XI. 11 bis 11. VII. 12 (8 Monate) hatte ich 22 Seitensprosse entfernt, 3 stehen lassen — im ganzen waren es 25. In den 27 Monaten des Topflebens (11. VII. 12 bis 11. XI. 14) entfernte ich 20 Seitensprosse und ließ einen stehen — 21 in Summa. Daraus ergibt sich, daß das Bäumchen im Topf in gleicher Zeit

(8 Monate) durchschnittlich etwa viermal weniger Sprosse gebildet hatte als frei ausgepflanzt.

Nachdem das Bäumchen II Mitte November zur Ruhe übergegangen war, wurde es am 30. XI. aus dem Topf genommen, in dem es ein volles Jahr gewachsen war. Das Wurzelsystem wurde durch Wasserspülung von der alten Erde befreit und in neue versetzt. Einer der längeren Seitentriebe wurde gleichzeitig entfernt. Die Pflanze ertrug das Einpflanzen sehr gut, ohne zu welken. Am 8. XII begann der Hauptsproß merkbar zu wachsen, er trieb im Laufe des Dezembers zur Zeit der geringsten Lichtmenge 6 neue Blätter¹⁾.

Aus den Messungen ergibt sich das wesentliche Resultat, daß der Vegetationspunkt einer *Terminalia catappa* wie derjenige zahlreicher anderer Pflanzen die Potenz zu einem ununterbrochenen Wachstum besitzt. Frei ausgepflanzt, unter günstigen Bodenbedingungen wächst die Spezies sogar fort in der kritischen Zeit geringster Lichtmenge unseres Winters. Die Wachstumsgröße, gemessen durch die Endgröße der Blätter und die durchschnittliche tägliche Zuwachsgröße ist zur Winterszeit wesentlich geringer als zur Zeit der größten Lichtmenge im Sommer.

Sobald aber die Pflanze sich in einem Topf mit begrenzter Erdmenge befindet, zeigt sie in unserem Klima einen ausgesprochenen Wechsel von Wachstum und Ruhe. Wir können dabei zweierlei Formen der Periodizität unterscheiden:

1. Längere Ruheperiode zur Zeit geringster Lichtmenge.

Pflanze I ruhte im Winter 11/12 am Hauptsproß, von Ende Oktober bis Mitte Januar ca. 2¹/₂ Monate.

Pflanze II, die im Winter 11/12 frei ausgepflanzt, ständig fortwuchs, ruhte im Topf, Winter 12/13, von Anfang November bis Anfang Januar 2 Monate. Aber im folgenden Jahre verhielt sich die Pflanze etwas anders, sie ruhte bereits im Winter 13/14 von Mitte September bis Anfang November 1¹/₂ Monate.

Bei dieser Ruhe, September—Oktober kann die geringe Lichtmenge allein nicht entscheidend gewesen sein, sondern diese frühe Ruhe muß zugleich durch die starke Erschöpfung des Bodens hervorgerufen worden sein. Dafür spricht auch die relativ frühe Aufhebung

1) Nachtrag bei der Korrektur. Die Pflanze wuchs ununterbrochen den ganzen Januar 1915, ohne die kurze Ruheperiode zu dieser Zeit wie 1913 und 1914 zu zeigen; sie verhielt sich in dieser Beziehung wie im Januar 1912.

der Ruhe bei noch sehr ungünstiger Lichtmenge im November, das weitere Wachstum sogar im Dezember — eine unmittelbare Folge des Ersatzes der alten Erde durch neue, frisch gedüngte am 18. X. Der Beweis für die Richtigkeit dieser Auffassung ergab sich aus dem Verhalten der Pflanze im dritten Winter. Kaum war sie bis November in der alten Erde zur Ruhe gekommen, als sie am 30. XI in neue Erde versetzt wurde. Die Folge war neues Wachstum im Dezember, ebenso im Januar 1915. Wir erkennen daraus, daß die beiden wichtigsten Faktoren: Licht (C-Assimilation) und Nährsalze in richtigem Verhältnis zusammenwirken müssen, um Wachstum zu bewirken und daß sowohl die quantitative Verminderung des einen als auch die des anderen Faktors zur Ruhe führen muß (Klebs, 1914, S. 68).

2. Kurze Ruheperioden des Hauptsprosses. Die am längsten untersuchte Pflanze II zeigte solche kurzen Ruhezeiten und zwar in den beiden aufeinander folgenden Jahren ziemlich zu gleicher Zeit.

24. I. 13 bis	5. II. 13	11 Tage,
24. VI. 13 bis	4. VI. 13	11 Tage,
21. I. 14 bis	31. I. 14	10 Tage,
13. VI. 14 bis	22. VI. 14	9 Tage.

Eine wirkliche Erklärung für den Zeitpunkt und die Dauer der Ruhe weiß ich nicht zu geben. Der Gedanke, daß hier vielleicht doch „Nachwirkungen“ von der Mutterpflanze her mitgewirkt hätten, muß deshalb von vornherein abgewiesen werden, da die gleiche Pflanze, so lange sie frei ausgepflanzt war, keine Spur einer solchen Periodizität aufwies¹⁾. Dieses Verhalten trat doch nur bei begrenzter Nährsalzmenge auf und war zugleich mit der Erscheinung verbunden, daß während der Ruhezeit des Hauptsprosses die Seitensprosse gerade wuchsen. Das Bäumchen als Ganzes wuchs, abgesehen von der Winterruhe (s. vorhin), ununterbrochen fort. Andererseits zeigen während des Wachstums des Hauptsprosses die Seitensprosse einen auffallenden Wechsel von Ruhe und Wachstum, der aus dem Konkurrenzkampf um die begrenzte Nährsalzmenge zu verstehen ist (s. S. 749).

Vergleichen wir jetzt mit den gegebenen Resultaten die Beobachtungen von Volkens in Buitenzorg, von Wright in Ceylon, nach denen *Terminalia* zweimal im Jahre kurze Zeit treiben und sonst ruhen soll, so ergibt sich allerdings eine außerordentliche

1) Vgl. Anmerkung S. 750.

Verschiedenheit des Verhaltens. Es gibt, soweit ich die Sache übersehen kann, keine andere Möglichkeit als anzuerkennen, daß das Verhalten in Buitenzorg oder Ceylon nur aus dem Verhältnis der Bäume zu dem bestimmten Klima und Boden jener Tropengebiete zu verstehen ist. Niemals aber kann das Verhalten in den Tropen, das nur einen Einzelfall unter anderen möglichen Fällen darstellt, der Ausdruck einer erblich fixierten und von der Außenwelt unabhängigen Periodizität sein, wie das noch neuerdings von Simon trotz aller meiner Einwände und Nachweise so bestimmt behauptet wird.

Theobroma cacao (Fig. 2)
(Sterculiaceae).

Nach den Beobachtungen von Smith (1909, S. 274) treibt der Kakaobaum im Klima von Ceylon fünfmal im Jahr. Anders verhielten sich einzelne Bäume in Buitenzorg nach den Untersuchungen von Volkens (1912, S. 65). An einem Baum zeigten sich einzelne treibende Sprosse am 13. I.; 14. II.; 28. II.; 16. VI.; 1. V.; 10. V.; 13. VI. Am 20. Juni stellte sich ein allgemeines Treiben ein, bei dem die überwiegende Zahl der Endknospen und ein Teil der Seitenknospen in wenigen Tagen (?) ihre Blätter ausbildeten. Wie Sir de Moncey Volkens mitgeteilt hat, trat ein zweites allgemeines Treiben am 4. Oktober ein.

Ich beobachtete im Winter 10/11 in Buitenzorg eine Anzahl junger Keimlinge (Aussaats vom 10. VIII. 10), die meist zu 4—6 in einem Topf standen und kümmerlich aussahen. Diejenigen Pflänzchen, welche ruhten, reagierten auf Entblätterung mit der Bildung neuer Blätter. Ein Topf mit 4 Keimlingen wurde am 26. XII. 10 mit 0,05% Knoplösung begossen, sie standen unter einer Veranda vor Regen geschützt. Am 2. I. 11 waren bei einem Exemplar die ersten neuen Blätter bemerkbar, von denen das eine bis zum 9. I. eine Länge von 14,7 cm erreichte. Währenddessen hatten auch die anderen Exemplare neu getrieben, sie wurden am 7. II. in den Wardschen Kasten gesetzt, um nach Heidelberg zu reisen. Einen anderen Topf stellte ich am 27. X. 10 dunkel; die Blätter fielen ab. Am 12. XI. hell gestellt, entwickelten die Exemplare neue Blätter, bis am 25. XII. Ruhe eintrat. Ich entblätterte die Pflanzen am 13. I., und am 19. I. zeigten sich bereits die neuen Blätter. Wir sehen hier ein mit *Terminalia* übereinstimmendes

Verhalten der ärmlich ernährten Topfpflanzen, indem sie abwechselnd treiben und ruhen. Aus der Ruhe konnten sie durch Entblätterung oder durch Knospe Lösung zu neuem Treiben veranlaßt werden.

Von den nach Heidelberg gesandten Exemplaren wurden zwei im Laufe der nächsten Jahre genauer untersucht.



Fig. 2. *Theobroma cacao*.

Junge Pflanze aus Buitenzorg, 19. VII. 1911 frei ausgepflanzt im Gewächshaus Heidelberg, 5. X. 1912 in einen Topf gesetzt; fotogr.; $\frac{1}{12}$.

Pflanze I.

Sie wurde am 11. VII. 1911 frei ausgepflanzt in das Gewächshaus in einem Zeitpunkt, wo sie gerade im Treiben begriffen war. Wie Volkens (1912, S. 65) hervorhebt, werden die Blätter gewöhnlich in Schüben von je 4—5 ziemlich gleichzeitig angelegt.

Nach der Beendigung des Wachstums soll eine notwendige Ruhe eintreten. Ich bestimmte die Gesamtlänge der Blätter von der Basis des kurzen Stieles bis zur lang ausgezogenen Spitze der Spreite. Zuerst tritt zwischen den schmalen Nebenblättern ein hellgrünes lineales Blättchen hervor, das sich dann abwärts krümmt und das bald den Unterschied von Stiel und Spreite erkennen läßt. Die Spreite biegt sich nach unten, so daß sie einen scharfen Winkel mit dem Stiel macht. In der ersten Zeit wachsen beide Teile, bis dann der Stiel zuerst sein Wachstum beendet. Die Spreite, noch lange durch ihre lichtgrüne Farbe ausgezeichnet, beendet schließlich ihr Wachstum und wird dunkler grün.

Das letzte Blatt des vorhergehenden Blattschubs endigte sein Wachstum am 14. VII. Der neue Schub begann sofort sich zu zeigen.

17. VII. 11	bis	31. VII. 11	0,9—25,5 = 24,6 cm; 14 Tg.; pr. Tg. 1,7 cm
20. VII. 11	„	1. VIII. 11	1,7—25,3 = 23,6 „ ; 12 „ ; „ „ 1,9 „
22. VII. 11	„	2. VIII. 11	1,3—24,9 = 23,6 „ ; 11 „ ; „ „ 2,1 „
25. VII. 11	„	3. VIII. 11	1,9—21,5 = 19,6 „ ; 9 „ ; „ „ 2,2 „
26. VII. 11	„	3. VIII. 11	1,2—20,3 = 19,1 „ ; 8 „ ; „ „ 2,4 „
28. VII. 11	„	7. VIII. 11	1,2—16,7 = 15,5 „ ; 10 „ ; „ „ 1,5 „

Innerhalb des Schubes bemerkt man eine langsame Abnahme der Blattgröße, dagegen bis auf das letzte Blatt eine Zunahme der Zuwachsgröße.

Am 7. bis 9. VIII. erschienen 3 neue Blätter; bis 10. IX. hatten sich 6 fertige Blätter entwickelt, während das eine bis zum 15. IX. zu einer Länge von 20,9 cm heranwuchs. Unterdessen trat ein neuer Schub hervor:

17. IX. 11	bis	6. X. 11	1,1—32,1 = 31 cm; 19 Tg.; pr. Tg. 1,6 cm
19. IX. 11	„	6. X. 11	1,3—39,6 = 38,3 „ ; 17 „ ; „ „ 2,2 „
19. IX. 11	„	9. X. 11	1,2—35,4 = 33,3 „ ; 20 „ ; „ „ 1,7 „
21. IX. 11	„	9. X. 11	1,5—29,4 = 27,9 „ ; 18 „ ; „ „ 1,5 „
25. IX. 11	„	10. X. 11	1,7—30 = 28,3 „ ; 15 „ ; „ „ 1,9 „

Das 6. Blatt wurde nicht täglich gemessen es erreichte eine Länge von 28,1 cm. Infolge der Erstarkung der ganzen Pflanze war die Blattgröße im September gegenüber dem Juli gestiegen. Das 7. Blatt, zufällig verletzt, wurde beiseite gelassen. Es entstand Mitte Oktober ein neuer Blattschub von 7 Blättern, von

denen aber nur 2 gemessen wurden, da 3 verletzt wurden, 2 verkümmerten.

25. X. 11 bis 11. XI. 11 $4,8-37,4 = 32,6$ cm; 17 Tg.; pr. Tg. 1,9 cm
2. XI. 11 „ 19. XI. 11 $2,4-35,8 = 33,4$ „ ; 17 „ ; pr. „ 2 „

Am 19. XI. trat Ruhe ein bis 6. XII. = 17 Tage. Am 6. XI. begannen deutlich 2 neue Blättchen zu erscheinen, sie vertrockneten in einigen Tagen. Am 10. XII. trat das 3. hervor, das am 30. XII. abfiel. Das 4. erschien am 30. XII., das 5.—7. am 9. I. Eines der Blättchen wuchs vom 5. I. bis 22. I. von 1,5 cm auf 8,2 cm, (pro Tag 0,4 cm). Am 13. I. zeigten sich das 8.—10. Blättchen, die auch später vertrockneten. Der Vegetationspunkt des Sprosses starb Ende Januar ab, in Verbindung mit dem Treiben von 3 neuen Seitensprossen, von denen der eine gemessen wurde. Die Achse streckte sich vom 2. II. bis 21. II. von 1 cm auf 15 cm; ihre Blattanlagen entwickelten sich normal, aber nicht in einem Schub, sondern nacheinander.

3. II.	bis	21. II.	$4,1-25,7 = 21,6$	cm;	13 Tg.;	pr. Tg.	1,6	cm
5. II.	„	19. II.	$2,2-25,3 = 23,1$	„ ;	14 „ ;	„ „	1,6	„
5. II.	„	21. II.	$1,7-33,9 = 32,2$	„ ;	16 „ ;	„ „	2	„
10. II.	„	25. II.	$2,2-27,7 = 25,5$	„ ;	15 „ ;	„ „	1,7	„
14. II.	„	27. II.	$2,2-23,6 = 21,4$	„ ;	13 „ ;	„ „	1,6	„
4. III.	„	28. III.	$0,5-36,2 = 35,7$	„ ;	24 „ ;	„ „	1,5	„
4. III.	„	28. III.	$0,7-29,8 = 29,1$	„ ;	24 „ ;	„ „	1,2	„
14. III.	„	30. III.	$1,1-28,3 = 27,2$	„ ;	16 „ ;	„ „	1,7	„
18. III.	„	30. III.	$1 - 24 = 23$	„ ;	12 „ ;	„ „	1,9	„

Die beiden anderen Seitensprosse ebenso wie 2 neu entstehende wurden entfernt; am 29. III. fielen weitere Blätter ab.

Im Laufe des Aprils hatte der jetzige Hauptsproß 4 neue Blätter und 6 neue Seitensprosse mit jungen Blättern entwickelt. Die Seitensprosse wurden bis auf einen wieder entfernt. Am Hauptsproß beendete das letzte Blatt sein Wachstum am 1. V., an dem Seitensproß ging es weiter bis 3. V. Es folgten neue Blätter.

Hauptsproß:

8. V.	bis	23. V.	$0,9-20,4 = 19,5$	cm;	15 Tg.;	pr. Tg.	1,3	cm
16. V.	„	27. V.	$2,3-20,9 = 18,6$	„ ;	11 „ ;	„ „	1,7	„
17. V.	„	30. VI.	$1,5-20,8 = 19,3$	„ ;	13 „ ;	„ „	1,5	„
2. VI.	„	13. VI.	$1,5-19,4 = 17,9$	„ ;	11 „ ;	„ „	1,6	„
7. VI.	„	21. VI.	$1 - 23,5 = 22,5$	„ ;	14 „ ;	„ „	1,5	„
14. VI.	„	28. VI.	$1,4-20,2 = 18,8$	„ ;	14 „ ;	„ „	1,3	„

Seitensproß:

5. VI. bis 22. VI.	0,6—28,1 = 27,5 cm;	17 Tg.;	pr. Tg. 1,6 cm
15. VI. „ 26. VI.	2,4—23,3 = 20,9 „ ;	11 „ ;	„ „ 1,9 „
25. VI. „ 10. VII.	1,2—22,2 = 21 „ ;	15 „ ;	„ „ 1,4 „
28. VI. „ 13. VII.	1,1—24,6 = 23,5 „ ;	15 „ ;	„ „ 1,6 „

Im Juni entwickelten sich neue Seitensprosse in den Achseln der älteren. Seit Ende Juli wurden keine Messungen mehr gemacht, nachdem die Pflanze ein volles Jahr mit Ausnahme einer Ruhepause von 17 Tagen ununterbrochen gewachsen war. Die Pflanze wurde im Oktober, wo sie noch lebhaft trieb, in einen Topf gesetzt, sie starb später ab.

Pflanze II.

Diese ebenfalls aus Buitenzorg stammende, etwa zweijährige Pflanze war sehr klein geblieben, sie hatte eine Länge von 20 cm und trug 7 Blätter. Am 5. Oktober 1912 wurde sie frei ausgepflanzt; am 11. X. wurde das erste Blättchen sichtbar, dem bis 20. X. zwei andere folgten. Die Blättchen wuchsen etwas, vertrockneten aber bis 9. XI. Es trat genau der gleiche Vorgang ein wie bei Pflanze I zur Winterszeit, nur mit dem wichtigen Unterschied, daß die Pflanze II überhaupt nicht ruhte. Unaufhörlich entstanden kleine neue Blättchen, die etwas wuchsen und dann abstarben. Am Hauptsproß entstanden langsam nacheinander bis 9. XII. zehn junge Blattanlagen, dann starb der Vegetationspunkt ab. Es entwickelten sich Seitensprosse, von denen einige nach Bildung einiger Blättchen abstarben und durch neue (im Januar) ersetzt wurden. Von diesen wurde der stärkste genauer in seinem Wachstum verfolgt. Im Laufe des Dezembers fielen einige wenige alte Blätter ab. Am 18. II. wurde die alte Erde des Hügels vorsichtig entfernt und durch neue ersetzt. Im Februar entfalteten sich einige der angelegten Blätter.

3. II. 13 bis 21. II. 13	2,2—13,3 = 11,1 cm;	18 Tg.;	pr. Tg. 0,6 cm
22. II. 13 „ 22. III. 13	0,5— 6,8 = 6,3 „ ;	28 „ ;	„ „ 0,2 „

Im Laufe des Aprils entwickelten sich 4 Seitensprosse zu kräftig beblätterten Trieben, ich ließ im Mai nur einen als künftigen Hauptsproß stehen, dessen Blätter gemessen wurden:

17. V. 13 bis 27. V. 13	0,9— 9 = 8,1 cm;	10 Tg.;	pr. Tg. 0,8 cm
17. V. 13 „ 24. V. 13	2,2—10,9 = 8,7 „ ;	7 „ ;	„ „ 1,2 „
28. V. 13 „ 2. VI. 13	4 —10,8 = 6,8 „ ;	5 „ ;	„ „ 1,3 „
1. VI. 13 „ 13. VI. 13	0,6— 9,2 = 8,6 „ ;	12 „ ;	„ „ 0,7 „

11. VI. 13	bis 20. VI. 13	2,2—12,9 = 10,7 cm;	9 Tg.;	pr. Tg. 1,2 cm
18. VI. 13	„ 26. VI. 13	1,8—11,5 = 9,7 „	; 8 „	; „ „ 1,2 „
21. VI. 13	„ 4. VII. 13	1,1—14,3 = 13,2 „	; 13 „	; „ „ 1 „
27. VI. 13	„ 11. VII. 13	0,9—14,5 = 13,6 „	; 14 „	; „ „ 0,9 „
30. VI. 13	„ 15. VII. 13	0,7—16,2 = 15,5 „	; 15 „	; „ „ 1 „
4. VII. 13	„ 22. VII. 13	0,6—13,5 = 12,9 „	; 15 „	; „ „ 0,8 „
16. VII. 13	„ 26. VII. 13	3,1—14,6 = 11,5 „	; 10 „	; „ „ 1,1 „
27. VII. 13	„ 9. VIII. 13	0,8—21,1 = 20,3 „	; 12 „	; „ „ 1,7 „
30. VII. 13	„ 10. VIII. 13	1,2—22,8 = 21,6 „	; 11 „	; „ „ 1,9 „
31. VII. 13	„ 10. VIII. 13	1,1—18,8 = 17,7 „	; 11 „	; „ „ 1,7 „

Vergleicht man diese Werte mit jenen, die bei Pflanze I zur gleichen Sommerszeit, allerdings in dem günstigeren Sommer 1911, beobachtet wurden, so erkennt man, daß die Pflanze II weniger kräftig wuchs. Die Blätter waren deutlich kleiner, der tägliche Zuwachs geringer.

Im Laufe des Augusts wurde das Wachstum lebhafter, die Blätter erreichten größere Längen. Es waren im August 7 Blätter fertig ausgebildet (2 davon Ende Juli angelegt). Ihre Längen = 18,6; 26,9; 27,7; 26,4; 23,6; 21,2; 19,1. Hier trat die Zunahme, dann Abnahme der Größe innerhalb eines Blattschubes deutlich hervor. Dazu kamen 4 im Wachstum begriffene Blätter.

Die Hauptfrage war, wie die Pflanze sich im Winter verhalten würde. Zunächst entfalteten sich die Blätter normal:

10. IX.	bis 19. IX. 13	0,9—28,8 = 27,9 cm;	9 Tg.;	pr. Tg. 2,1 cm
11. IX.	„ 28. IX. 13	0,9—27,1 = 26,2 „	; 17 „	; „ „ 1,5 „
17. IX.	„ 4. X. 13	1,1—18,1 = 17 „	; 17 „	; „ „ 1 „
19. IX.	„ 6. X. 13	1,2—21,2 = 20 „	; 17 „	; „ „ 1,2 „
25. IX.	„ 5. X. 13	0,7—20,1 = 19,4 „	; 10 „	; „ „ 1,7 „
30. IX.	„ 20. X. 13	1,1—30,3 = 29,2 „	; 20 „	; „ „ 1,4 „
6. X.	„ 23. X. 13	1,7—35,5 = 33,8 „	; 17 „	; „ „ 1,9 „
7. X.	„ 25. X. 13	0,7—25,8 = 24,1 „	; 18 „	; „ „ 1,4 „
12. X.	„ 29. X. 13	0,9—19,2 = 18,3 „	; 17 „	; „ „ 1 „
19. X.	„ 3. XI. 13	1,3—28,5 = 27,2 „	; 15 „	; „ „ 1,8 „
23. X.	„ 9. XI. 13	0,9—25,3 = 24,4 „	; 17 „	; „ „ 1,6 „
10. XI.	„ 22. XI. 13	1,2— 5,4 = 4,2 „	; 12 „	; „ „ 0,3 „
10. XI.	„ 22. XI. 13	0,7— 2,5 = 1,8 „	; 12 „	; „ „ 0,15 „

Während in den Monaten September und Oktober noch lebhaftes Wachstum der Blätter stattfand, die übrigens nicht in regelmäßigen Schüben, sondern sukzessive angelegt wurden, nahm

es mit dem November infolge der Abnahme der Lichtmenge stark ab. Jetzt begann wieder der Kampf der Pflanze mit dem Nachteil der zu geringen Lichtmenge. Unaufhörlich legte der Vegetationspunkt neue Blätter an, die nach geringer Verlängerung abstarben und abfielen. Ich erwähne kurz die Termine des Erscheinens und die Zahl der Blättchen. 3. XI. 3; 24. XI. 3; 26. XI. 3; 27. XI. 1; 6. XII. 2; 8. XII. 3; 10. XII. 2; 14. XII. 1; 21. XII. 1; 24. XII. 3 — im ganzen 22 Blätter im November und Dezember. In diesen Monaten fand auch ein stärkerer Laubabfall statt, indem langsam nacheinander 25 alte Blätter abfielen.

Von Ende Dezember ab wurde das Wachstum der jungen Blätter ein wenig stärker:

27. XII. 13 bis 18. I. 14 $1,3 - 19,3 = 18$ cm; 22 Tg.; pr. Tg. 0,6 cm
andere Blattanlagen fielen frühzeitig ab.

18. I. bis 8. II. $0,9 - 22,5 = 21,6$ cm; 21 Tg.; pr. Tg. 1 cm

21. I. „ 8. II. 1 $- 25,5 = 24,5$ „; 18 „; „ „ 1,4 „

22. I. „ 9. II. 1 $- 22,5 = 21,5$ „; 18 „; „ „ 1,2 „

3 andere Blättchen fielen bis 12. II. ab.

13. II. bis 1. III. $0,9 - 25,8 = 24,9$ cm; 16 Tg.; pr. Tg. 1,5 cm

14. II. „ 1. III. $1,1 - 17,8 = 16,7$ „; 15 „; „ „ 1,1 „

Am 2. III. traten 2 Blättchen auf, die später abfielen.

12. III. bis 30. III. $0,6 - 31,1 = 30,5$ cm; 18 Tg.; pr. Tg. 1,7 cm

15. III. „ 31. III. $1,2 - 34,8 = 33,6$ „; 16 „; „ „ 2,1 „

15. III. „ 31. III. $0,8 - 31,6 = 30,8$ „; 16 „; „ „ 1,9 „

Im Laufe des Aprils 1914 entwickelten sich 6 neue kräftige Blätter; noch lebhafter wurde das Wachstum im Sommer:

2. V. bis 17. V. 14 $1,3 - 27,4 = 26,1$ cm; 15 Tg.; pr. Tg. 1,6 cm

4. V. „ 20. V. 14 $1,4 - 23,7 = 22,3$ „; 16 „; „ „ 1,4 „

9. V. „ 23. V. 14 $1,3 - 24,9 = 23,6$ „; 14 „; „ „ 1,7 „

27. V. „ 18. IV. 14 $0,9 - 51,1 = 50,2$ „; 22 „; „ „ 2,2 „

9. VI. „ 20. VI. 14 2 $- 42,2 = 40,2$ „; 11 „; „ „ 3,6 „

9. VI. „ 20. VI. 14 2 $- 33,3 = 31,3$ „; 11 „; „ „ 2,8 „

9. VI. „ 20. VI. 14 $1,6 - 31,7 = 30,1$ „; 11 „; „ „ 2,7 „

11. VI. „ 21. VI. 14 $1,3 - 27,2 = 25,9$ „; 10 „; „ „ 2,6 „

11. VI. „ 22. VI. 14 $1,2 - 24,6 = 23,4$ „; 11 „; „ „ 2,2 „

15. VI. „ 23. VI. 14 $2,7 - 22 = 19,3$ „; 8 „; „ „ 2,4 „

Die Pflanze war im intensivsten Treiben begriffen, in einem Grade, wie es auch bei Pflanze I nicht beobachtet worden war. Die Länge eines Blattes erreichte 50 cm, der durchschnittliche tägliche Zuwachs den Wert von 3,6 cm.

Das Wachstum ging ununterbrochen weiter. Am 23. VI. zeigte sich das erste Blättchen eines neuen Schubes, der bis zum 14. VII. vollendet war; die Länge der aufeinanderfolgenden Blätter = 27,2; 36,3; 39,3; 30,9; 29; 29; 19,8 cm. Am 13. VII. sah ich das erste Blättchen des nächsten Schubes, es wurden wieder 7 Blätter angelegt, von denen aber nur 4 zur Entfaltung gelangten. Länge am 31. VII. = 35,8; 22,2; 23,8; 13,1.

Der Sproß hörte mit seinem Wachstum auf im Zusammenhang damit, daß seit 23. VII. 3 Seitensprosse an ihm sich stärker entwickelten, von denen ich nur einen stehen ließ. An dem sich langsam streckenden Triebe entstanden im August sukzessive 16 neue Blätter, von denen sich aber nur die ersten 8 zu ansehnlicher Länge streckten: 25,7; 26,1; 28,8; 23,6; 24,2; 26,1; 25,8. Das Wachstum nahm nach dem 8. Blatte ab, die Blätter erreichten bis zum 9. IX. eine Länge von 7,6; 7,7; 4,4; 4,5; 2,4; 2,2 cm und vertrockneten bald.

Gleichzeitig erfolgte ein auffallend lebhaftes Treiben von neuen Seitensprossen; an dem letzten Trieb entstanden im August 8 neue Triebe, im September wuchsen auch die Knospen an den älteren Trieben hervor. Möglicherweise hing diese Tätigkeit damit zusammen, daß ich im August die Erde mehrere Male mit Dungwasser (Taubenkot seit längerer Zeit mit Wasser angesetzt) begoß. In dieser Zeit starker Sproßbildung, d. h. vor allem der Streckung der Achsen wird korrelativ die Ausbildung der Blattanlagen in hohem Grade behindert, da der Zustrom der Nährstoffe zu ihnen sehr eingeschränkt ist. Ich nahm am 11. IX. die meisten Seitensprosse fort. An der Spitze des obersten Triebes entstanden Mitte September 8 Blätter, die bis zum 30. IX. nur geringe Längen erreichten und abfielen. Erst die vom 2. X. ab gewachsenen Blattanlagen entfalteten sich zum großen Teil normal. Gleichzeitig trieb der Sproß nahe der Spitze einen neuen Trieb mit sukzessive entstehenden 7 Blättern, die im Laufe des Oktobers zu kräftiger Ausbildung gelangten. An der ganzen Pflanze waren Mitte Oktober 9 Sprosse in Blattbildung begriffen.

Die Pflanze II hatte vom 5. Oktober 1912 bis Ende Oktober 1914, also volle 2 Jahre, ununterbrochen getrieben

Theobroma cacao treibt in Ceylon nach Smith 5 mal im Jahr, in Java nach Volkens 2 mal allgemein, in einzelnen Zwischenzeiten nur an gewissen Zweigsystemen. Junge Topfpflanzen in Buitenzorg zeigten im Winterhalbjahr abwechselnd Treib- und Ruheperioden; sie ließen sich aus der Ruhe zum Treiben durch Entblätterung oder durch Nährsalzlösung erwecken (s. S. 752).

Ganz anders verhielten sich die jungen aus Buitenzorg stammenden Pflanzen im Gewächshaus in Heidelberg. Bei Pflanze I ununterbrochenes Wachstum während eines Jahres mit Ausnahme einer Ruhezeit von 17 Tagen im November; bei Pflanze II ununterbrochenes Wachstum von 11. X. 1912 bis Ende Oktober 1914, also volle 2 Jahre. Folglich existiert in der spezifischen Struktur der *Theobroma* keine Einrichtung dafür, daß nach einem vorhergehenden Wachstum notwendig Ruhe eintreten müsse. Wenn tatsächlich Ruhepausen z. B. in den Tropen erfolgen, so muß der Grund in den besonderen Außenbedingungen liegen.

Im Vergleich zu *Terminalia* fallen bei *Theobroma* zwei Unterschiede auf. Diese Art vermag nicht zur Zeit geringster Lichtmenge in unserem Klima (genauer gesagt, in dem bestimmten Gewächshaus von Heidelberg) ihre Blätter zur normalen Ausbildung zu bringen. Sie erzeugt unaufhörlich junge Blätter, die im November, Dezember sehr frühe abfallen. Ferner besteht bei den Vegetationspunkten der Sprosse der *Theobroma* die Neigung, nach einigem sehr verschieden langem Wachsen abzusterben; sie werden durch Seitensprosse ersetzt — ein Vorgang, der bei einheimischen Bäumen, Linde usw., die Regel ist —. Dieses Absterben erfolgt besonders zur Zeit geringster Lichtmenge; es wurde aber auch beobachtet im Sommer in Verbindung mit sehr intensiver Bildung von Seitensprossen.

Die ziemlich gleichzeitige Bildung von Blättern in einem Blattschube (Volkens) ist für *Theobroma* charakteristisch — aber wie jedes andere Merkmal gebunden an bestimmte äußere Bedingungen, durchaus nicht notwendig unter allen Umständen eintretend. Die Blattschübe traten in Heidelberg am ausgeprägtesten im Sommer ein, wenn die Streckung der Blätter sehr lebhaft war, diese relativ sehr groß wurden. Die starke Längenzunahme, bei der viel Nahrungssubstanz in Anspruch genommen wurde, hält möglicherweise die jungen Blattanlagen zurück, so daß diese sich erst strecken können, wenn das Wachstum des Blattschubes abnimmt. Daraus würde sich auch das Verständnis für die andere Art der

Blattbildung ergeben, bei der die Blätter ganz sukzessiv wie bei den meisten einheimischen Bäumen entstehen. Wir bemerken dieses langsame Nacheinander in der Entstehung während des ganzen Winters, in dem die Blattstreckung sehr stark gehemmt ist, ferner während des Frühjahrs, in dem die Blattstreckung noch relativ langsam vor sich geht, schließlich auch im Sommer für den Fall, daß die Streckung der Äste sehr lebhaft ist, die dann eine gewisse Hemmung auf die Entwicklung ihrer Blätter ausübt.

Albizzia stipulata

(Mimosaceae).

Dieser Baum ist nach Koorders (K. u. V. I, S. 305) in Java besonders in Mitteljava mit deutlich periodischem Klima verbreitet. Er steht zur Zeit des trocknen Ostmonsuns (unserer Sommerzeit) monatelang kahl. Nach Simon (1914, S. 107) ruhten größere Exemplare in Buitenzorg zwischen Januar und Juli etwa 2 bis 3 Monate; die einzelnen Individuen trieben zu verschiedenen Zeiten von April bis Juli. In Ceylon steht nach Wright (1905, S. 499) die Art 9—21 Tage blattlos im Februar und treibt darauf neue Blätter.

Ganz entgegengesetzt verhielten sich die jungen Exemplare, die ich in Buitenzorg Winter 10/11 untersuchte. Die jungen Topfpflanzen wuchsen von Oktober bis Mitte Februar (Abschluß der Beobachtung) ununterbrochen fort. *Albizzia stipulata* wie *molluccana* waren die einzigen Baumarten (unter 20 Arten), die in den kleinen Töpfen dieses Verhalten aufwiesen (Klebs, 1911, S. 34). Ich stellte einige Versuche an, hauptsächlich um den Einfluß des Lichtes zu prüfen. Eine Topfpflanze wurde am 27. X. 10 dunkel gestellt. Sie warf in 2—3 Tagen ihre sämtlichen Blätter ab und zeigte bis 12. XI. keine Neubildung. An diesem Tage hell gestellt, entwickelte sie in wenigen Tagen neue Blätter. Am 2. XII. stand das Bäumchen in vollem Laube. Es wurde am 24. XII. 10 wieder ins Dunkle gebracht mit dem gleichen Erfolg schneller Entblätterung ohne merkbares Wachstum. Am 28. XII. beleuchtet, bildete die Pflanze in wenigen Tagen Blätter an der Spitze wie aus zahlreichen Seitenknospen. Ich wiederholte den Versuch mit einer zweiten Topfpflanze mit dem gleichen Resultat.

Gegenüber den Beobachtungen Simons ist hervorzuheben, daß ein jüngerer Baum im Leguminosenquartier des Buitenzorger

Gartens ebenfalls von Oktober bis Februar (jedenfalls auch weiter) ununterbrochen wuchs. Messungen des Blattwachstums wurden erst am 28. XI. begonnen und dauerten bis 4. I. 11. Das Bäumchen hatte eine Höhe von ca. 2 m; an einem Seitenzweig wurden die Messungen ausgeführt. Die Sproßachse hatte sich vom 1. XII. bis 21. I. von 8,2 auf 85,6 cm, d. h. um 77,4 cm verlängert — pro Tag durchschnittlich 1,5 cm. Ich gebe die Messungen einiger Blätter, deren Länge bestimmt wurde, von der Stielbasis bis zur Spitze der obersten Fiedern:

3. XII. 10	bis	17. XII. 10	3	—	27,6	=	24,6	cm;	14	Tg.;	pro	Tg.	1,7	cm	
3. XII. 10	„	19. XII. 10	2,8	—	25,5	=	22,7	„	;	16	„	;	„	1,4	„
5. XII. 10	„	19. XII. 10	4,3	—	27,1	=	22,8	„	;	14	„	;	„	1,6	„
9. XII. 10	„	19. XII. 10	2,8	—	26,8	=	24	„	;	10	„	;	„	2,4	„
11. XII. 10	„	19. XII. 10	4,5	—	21,5	=	17	„	;	8	„	;	„	2,1	„
16. XII. 10	„	3. I. 11	3,7	—	29,0	=	25,3	„	;	18	„	;	„	1,4	„
17. XII. 10	„	3. I. 11	3,8	—	29,5	=	25,7	„	;	17	„	;	„	1,5	„
21. XII. 10	„	4. I. 11	6,7	—	32,2	=	25,5	„	;	14	„	;	„	1,8	„

Die täglichen Messungen, bei denen das Blatt gestreckt werden mußte, schädigten die empfindlichen Blätter etwas. Denn ich bemerkte, daß an nicht gemessenen Zweigen die Blätter eine Länge von 40—50 cm erlangten.

Untersuchungen in Heidelberg.

Ich benutzte dazu junge Keimlinge (Aussaat Februar 1911). Ein solcher 5,2 cm hoch wurde am 20. VII. 11 frei ausgepflanzt. Blattmessungen:

14. VII. 11	bis	20. VII. 11	2,9	—	7,5	=	4,6	cm;	6	Tg.;	pro	Tg.	0,7	cm	
18. VII. 11	„	26. VII. 11	0,9	—	8,2	=	7,3	„	;	8	„	;	„	0,9	„
23. VII. 11	„	3. VIII. 11	0,4	—	10,4	=	10	„	;	11	„	;	„	0,9	„
28. VII. 11	„	6. VIII. 11	0,6	—	9,8	=	9,2	„	;	9	„	;	„	1	„
3. VIII. 11	„	9. VIII. 11	0,7	—	10	=	9,3	„	;	6	„	;	„	1,5	„

Die Pflanze wuchs allmählich stärker; im Laufe des Augusts erreichte sie, am 9. IX. gemessen, eine Höhe von 38,8 cm, d. h. das 7fache der Länge bei Beginn der Verpflanzung; Blattwachstum:

10. IX.	bis	24. IX.	1,2	—	20,8	=	19,6	cm;	14	Tg.;	pro	Tg.	1,4	cm	
17. IX.	„	28. IX.	2	—	25	=	23	„	;	11	„	;	„	2,1	„
26. IX.	„	6. X.	3,6	—	27,5	=	23,9	„	;	10	„	;	„	2,4	„

Im September erreichte der tägliche Zuwachs bereits die Werte, die an dem jungen Baum in Buitenzorg beobachtet worden waren.

Im Oktober stellte ich aus anderen Gründen Versuche mit der Pflanze an, wobei ich an jungen Blättern teils die Fiedern der einen Seite, teils die beider Seiten entfernte. Ich gehe nicht weiter darauf ein, weil sich keine besonderen Resultate ergaben; das Wachstum der betreffenden Blätter wurde nur stark verringert.

Am 16. X. 11 nahm ich die Pflanze von ihrem Platz und setzte sie in einen Topf. Die Neubildung von Blättern ging zunächst ungestört weiter, das letzte gemessene Blatt erreichte am 27. XII. seine Endgröße (23,6 cm). Das folgende, 13 cm, wuchs aber seit dem 20. XII. nicht mehr — die Pflanze ruhte bis 15. I. 12. In dieser Zeit der geringsten Lichtmenge warf die Pflanze auch den größeren Teil der Blätter ab. Ich entfernte am 15. I. die drei letzten Blätter — es begann sofort das Wachstum des jüngsten Blattes:

16. I. 12 bis 10. II. 12	1,6—15,3 = 13,7 cm; 25 Tg.; pro Tg. 0,5 cm
31. I. 12 „ 20. II. 12	1 — 14 = 13 „ ; 20 „ ; „ „ 0,65 „
15. II. 12 „ 23. II. 12	1,1—16,8 = 15,7 „ ; 10 „ ; „ „ 1,5 „

Mit zunehmender Lichtmenge wuchs die Pflanze stärker und trieb von nun ab ununterbrochen weiter; besondere Messungen wurden nicht angestellt.

Dagegen untersuchte ich im folgenden Winter, ob die Ruhezeit im Dezember nicht ebenso wie bei *Terminalia* durch gute Bodendüngung beseitigt werden könnte. Ein anderes Exemplar (gleichaltrig), das bisher in einem kleinen Topf kultiviert worden war, wurde am 20. XII. 12 in einen großen Topf mit gut gedüngter Erde versetzt.

21. XI. 12 bis 1. XII. 12	4,3— 8 = 3,7 cm; 9 Tg.; pro Tg. 0,4 cm
21. XI. 12 „ 11. XII. 12	0,7—10,2 = 9,5 „ ; 20 „ ; „ „ 0,5 „
6. XII. 12 „ 28. XII. 12	0,7— 7,7 = 7 „ ; 22 „ ; „ „ 0,3 „
16. XII. 12 „ 16. I. 13	0,6—10,5 = 9,9 „ ; 31 „ ; „ „ 0,3 „
8. I. 13 „ 3. II. 13	0,7— 8,3 = 7,6 „ ; 26 „ ; „ „ 0,3 „
1. II. 13 „ 21. II. 13	0,7— 8,5 = 7,8 „ ; 20 „ ; „ „ 0,4 „

Das im November frisch eingepflanzte Bäumchen wuchs ununterbrochen den ganzen Winter nur mit stark verminderter Geschwindigkeit. Es gab demnach keine Ruhezeit, und zugleich zeigte die Pflanze keinen deutlichen Laubabfall.

Eine zweite Frage, die mich interessierte, betraf den Einfluß des Lichtes. In den Dunkelversuchen in Buitenzorg hatte ich kein Wachstum bemerkt, ohne allerdings Messungen anzustellen. Daher wiederholte ich den Versuch.

Ein drittes Exemplar war in einem kleinen Topf seit einiger Zeit gewachsen; am 13. V. 1912 begann ich die Messungen:

13. V. bis 30. V. 1,6—23,5 = 21,9 cm; 17 Tg.; pro Tg. 1,3 cm.

Am 1. VI. wurde die Pflanze an ihrem Platz im Gewächshaus durch einen schwarzen Pappzylinder verdunkelt. In den nächsten Tagen fielen, wie in Buitenzorg die Fiedern, dann die Spindeln ab. Bei Beginn des Versuches waren zwei Blattanlagen vorhanden, 6,6 und 1,1 cm lang. Das erste Blättchen streckte sich bis zum 6. VI. bis auf 10,6 cm, das zweite wuchs nach 24 Stunden (2. VI.) bis auf 1,4 cm und blieb dann unverändert — der Vegetationspunkt ruhte. Am 7. VI. wurde diese Pflanze hell gestellt und fing in den ersten 24 Stunden an zu wachsen:

8. VI. 12	bis	18. VI. 12	2	—22,1 = 20,1 cm;	10 Tg.;	pro Tg. 2	cm
15. VI. 12	„	24. VI. 12	4,8—19,8 = 15	„	; 9	„	„ 1,6 „
20. VI. 12	„	1. VII. 12	1,4—20,6 = 19,2	„	; 11	„	„ 1,8 „
25. VI. 12	„	7. VII. 12	2 —20 = 18	„	; 12	„	„ 1,5 „

Am 8. VII. wurde die Pflanze von neuem verdunkelt; in wenigen Tagen wurde sie blattlos. Die jungen Blätter, 4,9 und 1,1 cm, streckten sich in den ersten 24 Stunden auf 5,5 und 1,2 cm, wuchsen dann aber nicht mehr. Am 13. VII. hell gestellt, begann die Pflanze sofort zu wachsen.

Der Aufenthalt im Dunkeln bewirkt bei *Albizzia stipulata* einen schnellen Eintritt der Ruhe. Beleuchtung regt sofort wieder zum Wachstum an. Es fragte sich, ob hier eine besondere Lichtwirkung vorliege, ähnlich wie bei der Buche, oder ob wesentlich nur der Mangel an aufgespeicherten Assimilationsprodukten Schuld daran wäre. Ich nahm die Pflanze II, die sehr kräftig herangewachsen war, und setzte sie am 15. V. 1913 noch in neue Erde, in der sie sehr lebhaft sich entwickelte.

Am 9. VI. 13 wurde die Pflanze unter einen großen Dunkelzylinder gestellt. Das jüngste Blatt war 1,4 cm lang. Die älteren Blätter fielen in den nächsten Tagen ab, die Pflanze stand am 12. VI. kahl. Aber das Wachstum ging weiter.

9. VI. 13	bis	22. VI. 13	1,4—11,8 = 10,4 cm;	11 Tg.;	pro Tg. 0,9 cm		
12. VI. 13	„	24. VI. 13	1,2—18,4 = 17,2	„	; 12	„	„ 1,4 „

Dabei fielen während des Wachstums der jungen Blätter einige ihrer Fiedern ab. Noch eine dritte Blattanlage wuchs im Dunkeln bis auf 16,5 cm — dann trat Ruhe ein. Das jüngste Blatt wuchs

seit dem 24. VI. nicht mehr. Am 3. VII. hell gestellt, begann die Pflanze von neuem zu wachsen.

Es hängt sehr wahrscheinlich von dem Vorrat an Assimilationsprodukten ab, ob die jungen Blätter im Dunkeln eine Zeitlang wachsen oder nicht. Im allgemeinen speichert *Alb. stipulata* bei nicht sehr üppiger Bodenernährung zu wenig auf; außerdem beraubt der schnelle Abfall aller älteren Blätter die Pflanze vieler brauchbarer Stoffe, so daß schnell die Ruhe eintritt. Eine Nachwirkung des Aufenthaltes im Dunkeln in bezug auf den Beginn des Wachstums ließ sich nicht erkennen, da die Pflanze im Licht sofort ihr Wachstum wieder aufnahm.

Die Untersuchungen in Heidelberg haben meine Beobachtungen in Buitenzorg in allen Punkten bestätigt und erweitert. *Albizzia stipulata* besitzt zweifellos die Potenz zu fortdauerndem Wachstum, sie wächst sogar ununterbrochen bei geringer Lichtmenge im Winter Heidelbergs, vorausgesetzt, daß sie vom Boden aus reichlich ernährt wird. Sobald das nicht der Fall ist, bewirkt die Lichtmenge des Novembers und des Dezembers eine Ruhezeit. Wenn *Albizzia* monatelang kahl bleibt und sehr wahrscheinlich dabei ruht wie zur Trockenheit in Mitteljava, sich belaubt und wächst zur Regenzeit, so liegt hier die Abhängigkeit der Periode von dem Wechsel des Klimas, speziell der Feuchtigkeit klar vor Augen. Wenn ältere Bäume im regenfeuchten Klima von Westjava nach Simon 2—3 Monate ruhen, so kann man mit großer Wahrscheinlichkeit vermuten, daß diese Ruhe mit einer gewissen Verminderung der Nährstoffsalzzufuhr nach vorhergehender starker Inanspruchnahme zusammenhängt.

Ein periodischer Wechsel von Ruhe und Wachstum läßt sich bei *Albizzia stipulata* jederzeit hervorrufen durch den Wechsel von Licht und Dunkelheit. Die Ruhe im Dunkeln tritt um so schneller ein, je weniger gut der allgemeine Ernährungszustand der Pflanze ist.

Sterculia macrophylla (Fig. 3, S. 767)

(Sterculiaceae).

Dieser in Java verbreitete Baum wirft nach Koorders (K. u. V. II, S. 144) einige Tage vor dem Blühen im Mai seine Blätter ab. Auch Volkens (1912, S. 13) gibt an, daß diese wie andere Arten zur Zeit unseres Frühlings kahl werden und darauf sich neu belauben. Für *St. macrophylla* var. *falco* gibt dagegen Simon

(1914, S. 121) an, daß der Baum erst Ende Juni kahl wurde und dann sich belaubte. Aus den Beobachtungen der beiden Forscher geht nicht hervor, ob die Spezies ein- oder zweimal im Jahre treibt.

Ich untersuchte im Winter 10/11 in Buitenzorg eine Anzahl junger Pflanzen (Aussaat 9. VIII. 09); sie befanden sich seit ihrer Keimung im gleichen Topf. Ich gebe einige Versuche mit ihnen genauer an.

Pflanze I zeigte Oktober 1910 kein Wachstum; sie wurde 21. X. dunkel gestellt und nach Verlust ihrer Blätter hell. Am 9. XII. waren junge Blätter sichtbar — im ganzen fünf; sie erreichten bis 4. I. 11 die Längen: 20,1; 27,4; 22,3; 18,1; 9,9 cm. Die Länge wurde bestimmt von der Basis des Stieles bis zur Spitze des mittleren größten Lappens des handförmig geteilten Blattes. Da keine neuen Blattanlagen vorhanden waren, entblätterte ich die Pflanze am 4. I.; am 19. I. erschien das erste junge Blatt, und im Laufe des Februars folgten neue.

Pflanze II wurde im Ruhezustand am 27. X. 10 verdunkelt, am 12. XI. ohne Blätter hell gestellt. Sie fing erst am 1. XII. an zu treiben, es entstanden vier neue Blätter, die bis zum 31. XII. folgende Längen erreichten: 35,6; 27,3; 22,9; 14,1 cm. Die Pflanze ruhte bis zum 13. I., an welchem Tage ich sie entblätterte; bei ihr dauerte es ungefähr einen Monat, bis die neuen Blätter erschienen.

Pflanze III befand sich im November in Ruhe, sie wurde am 28. XI. frei in ein Beet ausgepflanzt. Am 14. XII. trat ein deutliches Treiben von fünf Blättern ein: Längen von drei = 32,9; 33,6; 26,4 cm bis zum 4. I. An diesem Tage nahm ich die fünf Blätter fort; am 11. I. erschienen bereits vier neue Blätter.

Pflanze IV wurde am 27. X. entblättert, die jungen Blätter erschienen am 4. XI., blieben aber klein. Am 6. XII. wurde der Topf mit der wieder ruhenden Pflanze durch tägliche Zuführung von 0,1 Knoplösung ernährt. Am 21. XII. trat ein neuer Blattschub hervor, der sich bis zum 4. I. fertig ausbildete. Zwei der Blätter erreichten im Vergleich zu den bisher gemessenen Blättern die auffallende Größe von 44,8 und 41,8 cm. Am 11. I. wurde die Pflanze entblättert, vom 22. I. ab nur mit Wasser begossen. Ende Januar erschienen die neuen Blätter.

Die jungen, ärmlich ernährten Pflanzen zeigten nach den Versuchen die Neigung, nach Erzeugung eines Blattschubes in Ruhe überzugehen. Man konnte sie wieder zum Wachstum erwecken

durch Entblätterung oder Verpflanzen in frische Erde oder Begießen mit Nährsalzlösung. Durch Kombinationen dieser Methoden konnte die gleiche Pflanze im Laufe von 3 Monaten dreimal zum Treiben gebracht werden.

Eines der Versuchsexemplare (nicht sicher welches) wurde nach Heidelberg gebracht. Es befand sich in vollem Treiben seit Mai und wurde am 8. VII. 1911 frei ausgepflanzt. Neben 3 be-

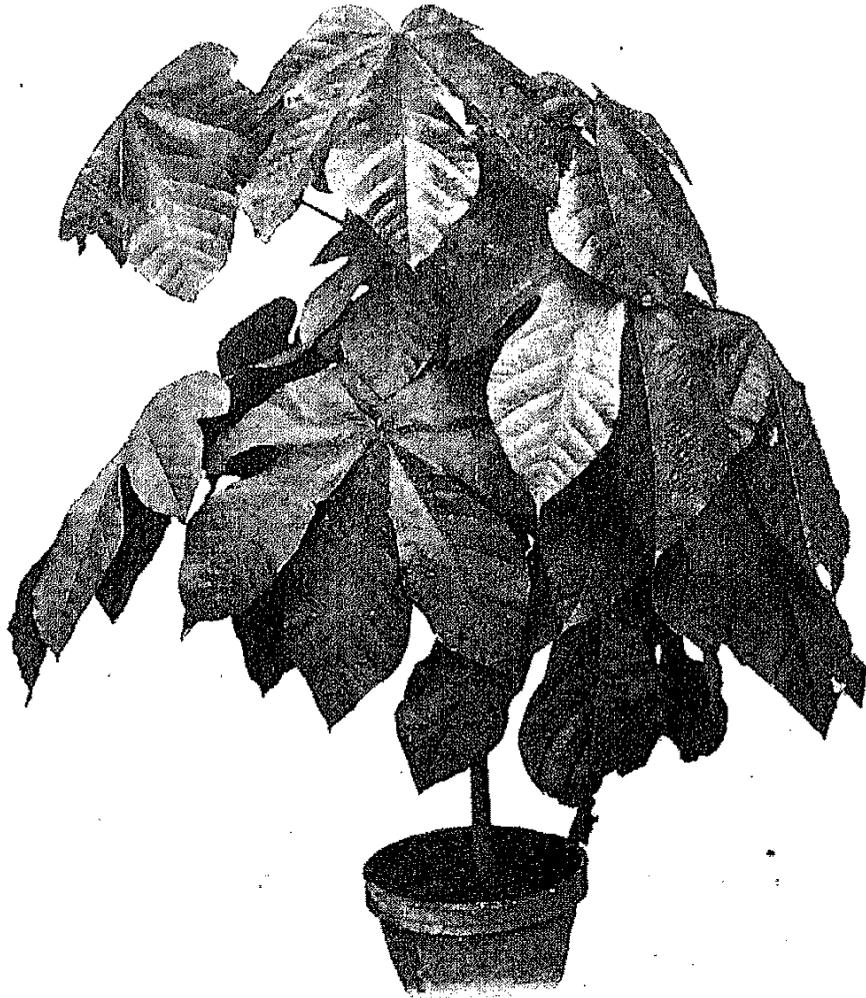


Fig. 3. *Stereulia macrophylla*.

Junge Pflanze aus Buitenzorg, am 8. VII. 1911 frei ausgepflanzt im Gewächshaus Heidelberg, am 11. X. 1911 in einen Topf gesetzt; fotogr. 10. VII. 1912; $\frac{1}{13}$.

reits ausgewachsenen Blättern fanden sich 3 Anlagen, die gemessen wurden:

8. VII. bis 26. VII.	1,4—30	= 28,6 cm; 18 Tg.; pro Tg. 1,6 cm
8. VII. „ 26. VII.	1,1—28,6	= 27,5 „ ; 18 „ ; „ „ 1,5 „
27. VII. „ 9. VIII.	0,7—42,8	= 42,1 „ ; 13 „ ; „ „ 3,3 „

Am 28. VII. erschienen 2 neue Blattanlagen, am 3. VIII. eine 3., die während des Augusts heranwachsen, in welcher Zeit 5 neue

Blätter sich entwickelten mit Längen von 35; 64,1; 62,7; 49,7; 29,6 cm, Größen, die zum Teil die in Buitenzorg beobachteten Werte weit übertrafen. Außerdem zeigten sich 2 neue Blättchen:

10. IX. bis 1. X. 1,2—61,9 = 60,7 cm; 21 Tg.; pro Tg. 3 cm

Am 17. IX. entstanden 3 neue Blätter, am 2. X. und 5. X. wieder je ein neues. Die Pflanze hatte in den 5 Monaten Mai bis Oktober ununterbrochen neue Blätter getrieben. Während die Pflanze in Buitenzorg je einen typischen Blattschub erzeugte, bei dem die jungen Blätter fast gleichzeitig angelegt wurden, hat sich dieser Charakter im Sommer 1911 im Heidelberger Gewächshaus stark verändert, da die Blätter im Laufe der Monate nacheinander angelegt wurden.

Der Stamm der Pflanze hatte sich im gleichen Sommer sehr mächtig entwickelt, so daß die jungen Blätter an das Glasdach anstießen. Ich mußte die Pflanze am 11. X. in einen Topf setzen und tiefer stellen. Das Wachstum hörte sofort auf, das letzte junge Blatt, 1,4 cm, veränderte sich nicht und fiel später ab. Die Ruhe dauerte bis Anfang Februar 1912; es entstanden dann 3 neue Blätter; 2 gemessen:

15. II. 12 bis 16. III. 12 1 —31,5 = 30,5 cm; 30 Tg.; pro Tg. 1 cm

16. II. 12 „ 14. III. 12 1,3—44,1 = 42,8 „ ; 27 „ ; „ „ 1,6 „

Während dieses Treibens fielen allmählich die alten Blätter ab.

Am 5. III. wurden wieder 3 neue Blattanlagen sichtbar, von denen eines sich gut entwickelte; am 21. III. erschienen 2, am 29. IV. 5 neue Blätter; eines gemessen:

2. V. 12 bis 27. V. 12 1,2—76,2 = 75 cm; 25 Tg.; pro Tg. 3 cm

Am 13. V. wurden 3 Blätter sichtbar

„ 19. V. „ 5 „ „

„ 1. VI. „ 3 „ „

Das letzte jüngere Blatt entwickelte sich vom 1. VI. ab nicht weiter — es trat Ruhe ein bis 27. VI. Am 25. VI. düngte ich den Topf mit Wagnerschem Düngsalz. Vom 27. VI. ab entfaltete sich das junge Blatt:

27. VI. bis 9. VII. 2,7—60,4 = 57,7 cm; 12 Tg.; pro Tg. 4,8 cm

Anfang Juli traten 7 junge Blätter ziemlich gleichzeitig auf, die sich schnell streckten, das jüngste unter ihnen beendigte am 13. VII. sein Wachstum. Dann trat wieder Ruhe ein bis 1. X., zwei neue ganz kleine Blattanlagen blieben unentwickelt und starben ab.

Am 1. X. erschien ein neuer Blattschub, aber die sämtlichen jungen Blätter hörten nach kurzem Wachstum damit auf und starben nach einiger Zeit ab, zweifellos infolge zu geringer Lichtmenge. Im Laufe des Novembers und Dezembers fielen die Blätter nacheinander ab, am 29. XII. war die Pflanze kahl.

Anfang März 1913 trat ein neuer Blattschub hervor; es entwickelten sich 13 Blätter. Am 27. V. erschien ein 2. Blattschub, der bis Mitte Juni ausgewachsen war. Ich nahm aus dem Topf vorsichtig die alte Erde fort und ersetzte sie durch neue. Die Pflanze wurde auch in den kühleren Teil des Gewächshauses gestellt.

Das Bäumchen ruhte von Mitte Juni 1913 bis Mitte April 1914, d. h. 10 Monate. Im Laufe des Oktobers begann der allmähliche Blattabfall; am 26. XII. 1913 war die Pflanze kahl.

Mitte April 1914 trat der neue Blattschub von 9 Blättern auf, die ihr Wachstum am 10. Mai abschlossen. Ich machte am 10. V. am oberen Teil des Stammes Einschnitte und umgab die Stelle mit feuchtem Moos, um Wurzelbildung zu veranlassen. Vielleicht wirkten diese Einschnitte dabei mit, daß am 5. VI. ein 2. Blattschub entstand, der bis zum 26. VI. fertig ausgebildet war. Von dieser Zeit ab ruhte die Pflanze, wahrscheinlich ruht sie bis zum folgenden Frühjahr April 1915.

Nach diesen Ergebnissen zeigt *Sterculia macrophylla* sehr auffällige Variationen ihrer Wachstumsweise je nach den Bedingungen, unter denen sie lebt.

Ältere Bäume in Buitenzorg im Jahr einmal (vielleicht auch zweimal) treibend, sonst ruhend. Junge Exemplare im Topf in Buitenzorg im Winter- (Regen-) halbjahr nach der Bildung eines Blattschubes ruhend; erneutes Treiben nach Entblätterung oder nach Verpflanzung ins freie Gartenland oder durch Begießen des Topfes mit Nährsalzlösung. Zwei- oder dreimaliges Treiben vom November bis Februar (4 Monate).

Junges Exemplar in Heidelberg.

Frei ausgepflanzt, ununterbrochenes Wachstum von Juni bis Oktober 1911 — 5 Monate. Keine deutlichen Blattschübe, sukzessiv entstehende Blätter.

Nach Versetzung im Topf Ruhe während der Winterszeit 1911/12, von Anfang Oktober bis Anfang Februar — 4 Monate.

Treiben von Anfang Februar 1912 bis Anfang Juni — 4 Monate.
Keine deutlichen Blattschübe.

Ruhe vom 1. Juni bis 27. Juni — 26 Tage.

Treiben mit Bildung eines Blattschubes im Juli — 16 Tage.

Ruhe vom 18. Juli bis 1. Oktober 1912 — 2 $\frac{1}{2}$ Monate.

Treiben eines Blattschubes im Oktober, Blattanlagen verkümmern.

Ruhe im Winter 1912/13 von Anfang Oktober bis Anfang März — 5 Monate.

Treiben eines neuen Blattschubes Anfang März bis Ende April 1913 — ca. 3 Wochen.

Ruhe von April bis Ende Mai 1913 — ca. 4 Wochen.

Treiben von Ende Mai bis Mitte Juni — ca. 3 Wochen.

Ruhe Sommer und Winter 13/14, von Mitte Juni bis Mitte April 1914 — 10 Monate.

Treiben von Mitte April bis Anfang Mai 1914 — ca. 3 Wochen.

Ruhe vom 10. Mai bis 5. Juni — 26 Tage.

Treiben Anfang Juni bis Ende Juni — 3 Wochen.

Ruhe von Ende Juni 1914 bis wahrscheinlich April 1915.

Die interessanteste Erscheinung tritt uns in der Tatsache entgegen, daß je länger die Pflanze sich im Topf mit begrenzter Erdmenge befand, um so länger die Ruhezeiten wurden. Im ersten Jahr nach der Versetzung in den Topf erfolgte noch ein längeres Treiben im Frühjahr und Sommer ohne deutliche Blattschübe und der Versuch eines Treibens im Oktober. In den darauffolgenden beiden Jahren gab es nur noch 2 durch eine kurze Ruhezeit getrennte Blattschübe, den größten Teil des Jahres (10 Monate) ruhte das Bäumchen. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß es bei nicht gewechselter Erde im folgenden Jahre nur noch einmal treibt und sich dann verhält wie ältere Bäume in Java.

Ich hatte keine ganz jungen Exemplare zur Verfügung, um zu prüfen, wie solche, frei ausgepflanzt, sich während unseres Winters verhalten. Indessen halte ich es für wahrscheinlich, daß diese großblättrige Art bei der geringen Lichtmenge nicht vermag zu dieser Zeit neue Blätter zu erzeugen.

Pithecolobium Saman (Fig. 4, S. 774)
(Mimosaceae).

Dieser aus Amerika stammende Baum ist in Java vielfach angepflanzt. Volkens (1912, S. 64) hat 4 kräftige Bäume im Garten von Buitenzorg untersucht und vom 14. Januar bis 1. Juli keinerlei Veränderungen bemerkt. Im Juli begann der bis dahin vollbelaubte Baum seine Blätter abzuwerfen. Unter Berücksichtigung der Beobachtungen von Smith hält Volkens es für wahrscheinlich, daß der Baum im Juli kahl wird und sich Anfang August neu belaubt. Diese Art würde danach nur einmal im Jahr während kurzer Zeit treiben. In Ceylon fallen nach Wright (1905, S. 441) die Blätter gewöhnlich im Januar und Februar; die neuen Blätter erscheinen im Februar und März.

Ein Keimling (Aussaat Anfang 1912) wurde am 28. X. 1912 frei ausgepflanzt, er war in vollem Treiben begriffen. Das junge Blatt endigt wie bei anderen Mimosaceen (auch *Albizzia*) in eine nackte Spitze, dem Ende der Spindel. Nachdem es 1—2 cm lang geworden ist, krümmt sich das Blättchen bei weiterem Wachstum etwas S-artig nach unten, biegt sich dann stark konkav, bis es, länger geworden, sich schief aufrecht erhebt und seine Fiederäste entfaltet. Ich habe auch hier die Gesamtlänge des Blattes bestimmt als die Entfernung von der Basis des Blattgelenkes bis zur Spitze der obersten Fiedern. Die Messungen begannen am 1. XI. 1912.

1.	XI. 12	bis 17.	XI. 12	0,8—15,4 = 14,6 cm;	16 Tg.;	pro Tg.	0,9 cm	
13.	XI. 12	„ 27.	XI. 12	1,2—15,1 = 13,9 „	; 14 „	; „	1 „	
24.	XI. 12	„ 3.	XII. 12	3,4—15,7 = 12,3 „	; 9 „	; „	1,2 „	
29.	XI. 12	„ 15.	XII. 12	3,6—18,4 = 14,8 „	; 16 „	; „	0,9 „	
	5.	XII. 12	„ 5.	I. 13	1,2—15,1 = 13,9 „	; 31 „	; „	0,4 „
28.	XII. 12	„ 16.	I. 13	2—17,8 = 15,8 „	; 19 „	; „	0,8 „	
	8.	I. 13	„ 9.	II. 13	0,7—13 = 12,3 „	; 32 „	; „	0,4 „
	8.	II. 13	„ 21.	II. 13	3—15,9 = 12,9 „	; 13 „	; „	0,9 „
11.	II. 13	„ 27.	II. 13	1,2—16,4 = 15,2 „	; 16 „	; „	0,9 „	

Die Pflanze war demgemäß den ganzen Winter ununterbrochen gewachsen, wenn auch zu dieser Zeit geringer Lichtmenge der tägliche Zuwachs im Durchschnitt bis auf 0,4 cm sank. Am 28. II. beobachtete ich einen Stillstand von 3—4 Tagen am

Hauptsproß, während ein basaler Seitensproß ungestört weiter wuchs. Am Hauptsproß:

5. III. bis 16. III. 1,3—12,6 = 11,3 cm; 11 Tg.; pro Tg. 1 cm
 12. III. bis 22. III. 5,4—17,6 = 12,2 cm; 10 Tg.; pro Tg. 1,2 cm

Im Laufe des Aprils entstanden 8 neue Blätter, die auch länger wurden als im Winter; noch deutlicher trat das in den Sommermonaten hervor:

29. IV. 13	bis	17. V. 13	5—23,8 = 18,8 cm; 18 Tg.; pro Tg. 1 cm
29. IV. 13	„	24. V. 13	1,9—27 = 25,1 „ ; 25 „ ; „ „ 1 „
10. V. 13	„	28. V. 13	2,8—29,6 = 26,8 „ ; 18 „ ; „ „ 1,5 „
18. V. 13	„	4. VI. 13	3,7—33,6 = 29,9 „ ; 17 „ ; „ „ 1,7 „
19. V. 13	„	4. VI. 13	1,8—33,6 = 31,8 „ ; 16 „ ; „ „ 1,9 „
27. V. 13	„	6. VI. 13	3,9—34,9 = 31 „ ; 10 „ ; „ „ 3,1 „
27. V. 13	„	18. VI. 13	1,5—31,5 = 30 „ ; 14 „ ; „ „ 2,1 „
27. V. 13	„	10. VI. 13	0,9—33,4 = 32,5 „ ; 14 „ ; „ „ 2,3 „
3. VI. 13	„	17. VI. 13	2,7—29,9 = 27,2 „ ; 14 „ ; „ „ 1,9 „
6. VI. 13	„	21. VI. 13	2,9—26,3 = 23,4 „ ; 15 „ ; „ „ 1,5 „
9. VI. 13	„	21. VI. 13	2,9—20,8 = 17,9 „ ; 12 „ ; „ „ 1,5 „
15. VI. 13	„	30. VI. 13	1,5—33,1 = 31,6 „ ; 15 „ ; „ „ 2,1 „
21. VI. 13	„	2. VII. 13	3,5—33,2 = 29,7 „ ; 11 „ ; „ „ 2,1 „
24. VI. 13	„	7. VII. 13	3,4—33,9 = 30,5 „ ; 13 „ ; „ „ 2,3 „
24. VI. 13	„	9. VII. 13	1,1—33,5 = 32,4 „ ; 15 „ ; „ „ 2,1 „
27. VI. 13	„	15. VII. 13	2—32,1 = 30,1 „ ; 18 „ ; „ „ 1,7 „
1. VII. 13	„	20. VII. 13	2,2—30,5 = 28,3 „ ; 19 „ ; „ „ 1,5 „
9. VII. 13	„	29. VII. 13	1,7—33 = 31,3 „ ; 20 „ ; „ „ 1,5 „

Die Pflanze war für den Platz zu groß geworden, ich mußte sie in einen Topf am 29. VII. 13 setzen.

Vergleicht man das Wachstum im November bis Ende Februar mit demjenigen von Mai bis Juli, so ergibt sich im Zusammenhang mit dem Wechsel der Lichtmenge ein großer Unterschied des Blattwachstums.

Durchschnittslänge	{	Nov. bis Febr.	15,9 cm; Min. 13 ; Max. 18,4
		Mai „ Juli	31,3 „ ; „ 20,8; „ 34,9
Durchschnitts- zuwachs pro Tag	{	Nov. bis Febr.	0,8 „ ; „ 0,4; „ 1,2
		Mai „ Juli	1,8 „ ; „ 1,5; „ 3,1

Infolge der starken Verletzung der Wurzeln beim Versetzen warf die Pflanze in 2—4 Tagen ihre sämtlichen Blätter ab. Die jüngsten Blätter, anfangs schlaff, wurden vom vierten Tage ab straff und begannen von neuem ihr Wachstum.

Während des Augusts entstanden 9 fertige Blätter und 4 junge, von denen das letzte bis zum 24. IX. ausgewachsen war (Länge = 27,6 cm). Die neu angelegten Blätter (3,7 und 1,6 cm) wuchsen aber bereits seit dem 12. IX. nicht mehr.

Der Hauptsproß ging zur Ruhe über. Dagegen ging das Wachstum an dem basalen Seitensproß weiter:

23. IX. bis 13. X. 2,9—31,5 = 28,6 cm; 21 Tg.; pro Tg. 1,3 cm

23. IX. „ 9. XI. 1,8—19,4 = 17,6 „ ; 47 „ ; „ „ 0,4 „

Das Wachstum verlangsamte sich im Oktober sehr auffällig; am 9. XI. ruhte auch der Seitensproß. Ich schnitt am 18. XI. seine Spitze ab, es bildete sich in einem Monat eine Seitenknospe (deutlich am 13. XII.), deren erstes Blättchen bis zum 11. I. 1914 auf 3,1 cm wuchs, dann abstarb. Das zweite Blättchen verlängerte sich äußerst langsam vom 22. XII. bis 20. II., d. h. in 2 Monaten um 6,9 cm (pro Tag 0,1 cm).

Der Hauptsproß zeigte am 11. II. 1914 nach einer Ruhezeit von 5 Monaten neue Blattbildung, die von nun ab fort-dauerte. Messungen wurden nicht weiter ausgeführt. Im März wurden die seit August gebildeten Blätter zum größeren Teil abgeworfen. Ende Oktober 1914 war die Pflanze noch im Wachstum begriffen, da 5 junge Blätter an der Spitze sich befanden. Der Stamm hatte eine Länge von 2,45 m erreicht. Ich schnitt ihn am 28. X. 1914 bis auf einen basalen Teil von 45 cm ab, entfernte die alte Erde und setzte das Wurzelsystem in frische Erde. Auffallend war, daß die bei dieser Spezies vorhandenen N-bindenden Wurzelknöllchen nur in geringer Zahl und ausschließlich in der obersten Erdschicht vorhanden waren. Nahe der Schnittfläche saß ein junger Seitentrieb, der am 6. XI. sein Wachstum wieder aufnahm und von jetzt ab trotz der geringen Lichtmenge im November und Dezember fortwuchs, während im Jahr vorher, 1913/14, die Pflanze in dieser Zeit bereits lange ruhte. Dieses Winterwachstum 1914/15 war genau wie das von 1912/13 durch die starke Nährsalzzufuhr bedingt; durch sie wurde die hemmende Wirkung der geringen Lichtmenge beseitigt.

Pithecolobium Saman zeigt im wesentlichen das gleiche merkwürdige Verhalten wie *Terminalia*. Frei ausgepflanzt wuchs die Pflanze den ganzen Winter wie Sommer ununterbrochen; in einem Topf mit begrenzter Erdmenge mußte sie im folgenden Winter eine lange Ruhezeit durchmachen; im dritten Winter wuchs sie nach Entfernung des Hauptsprosses ununterbrochen an einem

Seitentrieb nach Versetzung in einen Topf mit frischer Erde. Es gelang mir, von der Pflanze Stecklinge zu machen, so daß ich eine Reihe Versuche anstellen konnte, um das Verhältnis der Spezies zur Außenwelt genauer festzustellen.

Stecklingspflanze 1.

Ein Zweig wurde am 9. VII. 13 in Sand gesteckt (Schwitzkasten), am 6. VIII. in Erde, 1. X. in einen kleinen Topf gesetzt. Im November 1913 zeigte die Pflanze kein deutliches Wachstum.



Fig. 4. *Pithecolobium saman*.

Steckling am 9. VII. 1913 in Sand (Schwitzkasten), 6. VIII. 1913 in einen Topf mit Erde, Gewächshaus Heidelberg; fotogr. am 5. IX. 1913.

Die Wurzeln wurden ausgewaschen und am 17. XI. in ein Glas mit 0,1proz. Knopflösung gebracht. In wenigen Tagen bildeten die alten an ihrer Spitze nicht mehr wachsenden Wurzeln neue weiße. Bis zum 26. XI. zählte ich 18, bis 30. XI. 30 neue Wurzeln. Das Blattwachstum setzte am 24. XI. ein und ging ununterbrochen, wenn auch entsprechend der geringen Lichtmenge sehr langsam vor sich bis 30. XII. An diesem Tage wurde die Pflanze wieder in einen Topf gesetzt; am 4. I. brachte ich sie in den elektrischen Lichtraum (1000-Kerzenlampe

s. Klebs, 1914, S. 7). Das Wachstum hörte trotz der kontinuierlichen Beleuchtung sofort auf, höchstwahrscheinlich, weil die Trockenheit der Luft und die damit verbundene Transpiration zu stark war; die Blätter fielen auch ab. Am 13. I. 14 wurde die Pflanze in das feuchte kühlere Gewächshaus gebracht, wo sie sich wieder erholte und neue Blätter bildete. Ende April 1914 befand sich die Pflanze in lebhaftem Treiben.

Am 27. IV. 14 wurde das Wurzelsystem von der Erde durch Auswaschen befreit und in gewöhnlichen Flußsand (nicht gereinigt) gesetzt. Das Wachstum ging anfangs fort:

27. IV. bis 23. V. 1 —16,4 = 15,4 cm; 26 Tg.; pro Tg. 0,6 cm
 18. V. „ 3. VI. 1,6—13,2 = 11,6 „ ; 16 „ ; „ „ 0,7 „
 27. V. „ 17. VI. 1,5— 9,2 = 7,7 „ ; 21 „ ; „ „ 0,3 „

Es hatten sich drei Blätter gebildet mit deutlicher Abnahme der Größe, ebenso war der tägliche Zuwachs gesunken, das Wachstum hörte am 17. VI. auf. Das jüngste Blatt 0,7 cm ruhte bereits seit dem 6. VI.

Am 22. VI. wurde der Topf mit der ruhenden Pflanze mit einem halbierten Zinkdeckel bedeckt, durch dessen zentrales Loch der Stengel hervorragte und dann in ein genau passendes Glas mit 0,1proz. Knopflösung gestellt. Die Salzlösung trat von unten in den Sand hinein.

Nach 48 Stunden am 24. VI. hatte sich das junge Blättchen bereits von 0,7 auf 1 cm verlängert:

24. VI. bis 3. VII. 1,1—11,7 = 10,6 cm; 9 Tg.; pro Tg. 1,2
 28. VI. „ 7. VII. 0,9—12,2 = 11,3 „ ; 9 „ ; „ „ 1,25
 7. VII. „ 14. VII. 2,5—14,8 = 12,3 „ ; 7 „ ; „ „ 1,7

Die Größe der Blätter wie die Zuwachsgröße nahmen deutlich zu.

Am 17. VII. wurde der Sand durch Wasser abgespült und das Wurzelsystem in ein Glas mit destilliertem Wasser gebracht. Das Wachstum ging zunächst ungestört vor sich, die vorher angelegten zwei Blätter erreichten noch eine Länge von 15,9 und 15,7 cm. Die bei Beginn des Versuchs angelegten Blätter dagegen nahmen sofort in ihrem Wachstum ab:

18. VII. bis 1. VIII. 14 1,4—9 = 7,6 cm; 13 Tg.; pro Tg. 0,6 cm
 29. VII. „ 21. VIII. 14 1 —8 = 7 „ ; 23 „ ; „ „ 0,3 „

Am 21. VIII. hörte jedes Wachstum auf; das jüngste Blättchen, 0,7 cm, ruhte bereits seit 13. VIII.

Am 1. IX. wurde das Wasser in dem Gefäß durch 400 ccm stickstofffreie Salzlösung von 0,1 % ersetzt (1 Teil Monokaliumphosphat, 1 Teil Magnesiumsulfat, 4 Teile Chlorkalzium). Das jüngste Blättchen fing in einigen Tagen ganz langsam an sich zu strecken:

5. IX. bis 16. IX. 1,5—7,6 = 6,1 cm; 11 Tg.; pro Tg. 0,5 cm
 16. IX. „ 2. X. 1,4—4,4 = 3 „ ; 16 „ ; „ „ 0,2 „

Das dritte Blättchen zeigte seit 29. IX. keine Veränderung. Durch die Nährsalze, wie Kali, Phosphorsäure, Magnesiumsulfat, Kalk, wurde das Wachstum zweifellos angeregt, aber es war von vornherein gering und hörte infolge N-Mangels schon innerhalb vier Wochen auf. Das zweite Blatt, 4,4 cm, hatte überdies keine normale Ausbildung erfahren, da die Fiederblättchen sich nicht völlig entfalteten.

Am 13. X. wurden an Stelle der N-freien Lösung 400 ccm N-haltiger Knoplösung zugesetzt. Sehr langsam fing das Wachstum wieder an:

15. X. bis 28. X. 0,9—6,6 = 5,7 cm; 13 Tg.; pro Tg. 0,4 cm
 22. X. „ 3. XI. 1,7—14,9 = 13,2 „ ; 12 „ ; „ „ 1,1 „
 30. X. „ 8. XI. 0,9—12,8 = 11,9 „ ; 9 „ ; „ „ 1,3 „

Das Wachstum hatte demgemäß trotz des Oktoberlichtes eingesetzt und allmählich zugenommen. Am 7. XI. wurde die Pflanze in reinen Sand versetzt. Das Wachstum ging zunächst weiter:

7. XI. bis 24. XI. 5,7—11,4 = 5,7 cm 17 Tg.; pro Tg. 0,3
 7. XI. „ 14. XII. 0,8—16 = 15,2 „ 37 „ ; „ „ 0,4

Am 14. XII. hörte jedes weitere Wachstum auf, jedenfalls auch mitbedingt durch die geringe Lichtmenge.

Das Verhalten der Pflanze lehrt unzweideutig, daß durch Minderung oder Steigerung des Nährsalzgehaltes ein periodischer Wechsel von Ruhe und Wachstum hervorgerufen werden kann. An den Wurzeln der Pflanze befanden sich keine N-bindenden Knöllchen, so daß sie ganz auf die Nährsalze angewiesen war.

Stecklingspflanze 2.

Sie war gleichzeitig mit 1 am 9. VII. 13 in Sand gesteckt worden; sie hat viel später (am 18. IX.) Wurzeln gebildet und zeigte an dem Vegetationspunkt bis 29. IX. kein Wachstum. An

diesem Tage wurde der Steckling aus dem Sande herausgenommen und mit seinen jungen Wurzeln in ein Gefäß mit 0,1proz. Knopflösung gesetzt. Schon in den nächsten Tagen entstanden neue Wurzeln. Das jüngste Blättchen, 0,7 cm, fing am 6. X. an zu wachsen. Am 18. X. wurde die Nährsalzlösung durch frische ersetzt, das Wachstum wurde lebhafter:

6. X. 13	bis	1. XI. 13	0,7—13,4 = 12,7 cm; 26 Tg.; pro Tg. 0,5 cm
19. X. 13	"	3. XI. 13	0,8—11 = 10,2 " ; 15 " ; " " 0,7 "
29. X. 13	"	12. XI. 13	2,1—16,3 = 14,2 " ; 14 " ; " " 1 "
31. X. 13	"	18. XI. 13	0,9—13,1 = 12,2 " ; 18 " ; " " 0,7 "

Während die Mutterpflanze im Topf zu dieser Zeit am Hauptproß ruhte (s. S. 00), wuchs der Steckling in der Nährsalzlösung weiter. Er wurde am 18. XI. frei ausgepflanzt.

In den beiden ersten Wochen war das Wachsen der Blätter kaum merklich, während höchstwahrscheinlich die Wurzeln lebhaft wuchsen. Dann begann trotz der geringen Lichtmenge des Dezembers auch das Blattwachstum:

30. XI. 13	bis	12. I. 14	1,8—8 = 6,2 cm; 43 Tg.; pro Tg. 0,14 cm
29. XI. 13	"	27. I. 14	0,6—10,1 = 9,5 " ; 29 " ; " " 0,3 "
17. I. 14	"	12. II. 14	0,8—15,2 = 14,4 " ; 26 " ; " " 0,5 "
29. I. 14	"	17. II. 14	0,7—13,6 = 12,9 " ; 19 " ; " " 0,7 "
16. II. 14	"	28. II. 14	1,5—21,1 = 19,6 " ; 17 " ; " " 1,2 "
18. II. 14	"	4. III. 14	2,4—19,5 = 17,1 " ; 14 " ; " " 1,2 "
27. II. 14	"	16. III. 14	1,3—18,3 = 17 " ; 17 " ; " " 1 "
15. III. 14	"	31. III. 14	1,9—21,9 = 20 " ; 16 " ; " " 1,3 "

Aus der Tabelle ersieht man, wie die junge Pflanze nach dem Auspflanzen allmählich erstarkte, zur Zeit geringer Lichtmenge im Dezember bis Januar langsam wuchs, dann aber vom Februar ab sich kräftiger entwickelte. Die Pflanze wuchs nun ununterbrochen weiter — ein deutlicher Blattabfall fand nicht statt. Ich gebe noch die Zahlen für die Zeit günstiger Lichtmenge Mai—Juni:

1. V. 14	bis	15. V. 14	2,5—22,7 = 20,2 cm; 14 Tg.; pro Tg. 1,4 cm
2. V. 14	"	18. V. 14	0,9—25,7 = 24,8 " ; 16 " ; " " 1,5 "
10. V. 14	"	20. V. 14	1,7—24,2 = 22,5 " ; 10 " ; " " 2,2 "
16. V. 14	"	30. V. 14	3,7—26 = 22,3 " ; 14 " ; " " 1,6 "
20. V. 14	"	29. V. 14	3,7—23,7 = 20 " ; 9 " ; " " 2,2 "
27. V. 14	"	5. VI. 14	3,4—30,4 = 27 " ; 9 " ; " " 3 "
29. V. 14	"	8. VI. 14	1,9—30,3 = 28,4 " ; 10 " ; " " 2,8 "

2. VI. 14 bis 15. VI. 14 $2,4 - 29,4 = 27$ cm; 13 Tg.; pro Tg. 1,9 cm
 5. VI. 14 „ 19. VI. 14 $2,1 - 31,8 = 30,7$ „ ; 14 „ ; „ „ 2,2 „
 9. VI. 14 „ 22. VI. 14 $2,1 - 33,2 = 31,1$ „ ; 11 „ ; „ „ 2,8 „

Vergleich des Blattwachstums im Sommer und Winter:

Durchschnittslänge	{	Dez. bis März = 16 cm; Min. 8 ; Max. 21,1
		Mai „ Juni = 27,7 „ ; „ 22,7; „ 33,2
Durchschnitts- zuwachs pro Tag	{	Dez. bis März = 0,8 „ ; „ 0,14; „ 1,3
		Mai „ Juni = 2,1 „ ; „ 1,4 ; „ 3

Die Werte stimmen im wesentlichen überein mit jenen, die an der Mutterpflanze zu den entsprechenden Zeiten erhalten wurden (s. S. 772).

Die ungemein kräftige Pflanze mit 20 frischen Blättern wurde am 22. VI. herausgenommen und in einen kleinen Topf gesetzt, der mit reinem Sande gefüllt war. Der Sand war mit Salzsäure behandelt, dann lange ausgewaschen und schließlich gegläht worden. Das Wurzelsystem war dicht mit zahlreichen Wurzelknöllchen besetzt.

Die Pflanze wurde für 8 Tage in den ganz feuchten Schwitzkasten gestellt, so daß das Welken nicht eintrat. Nur zwei der ältesten Blätter warfen ihre Fiedern ab. Anfangs ging das Wachstum fort, das letzte nicht ausgewachsene Blatt, am 22. VI. 16,8 cm lang, streckte sich bis zum 26. VI. auf 22,3 cm. Das jüngere Blatt 3,9 cm wuchs bis zum 26. VI. auf 5,6 cm. Dann hörte das Wachstum auf, das jüngste Blatt 1,3 cm veränderte sich nicht. Am 30. VI. wurde der Topf frei in das Gewächshaus gestellt. Die Pflanze zeigte zunächst kein Wachstum. Erst vom 8. VII. bis 16. VII. fand eine ganz geringe Verlängerung des jungen Blattes statt, indem es von 5,6 auf 6,3 cm wuchs; die unteren Fiedern entfalteten sich, die oberen dagegen nicht. Das jüngste Blatt zeigte nichts von Wachstum.

Nach 3 Wochen fingen die unteren bisher grünen Blätter an gelbe Fiedern zu bekommen, die auch abfielen, während die Wurzeln augenscheinlich sehr lebhaft wuchsen, da sie sogar über den Sand nach außen vortraten. Am 19. VII., d. h. 4 Wochen nach dem Versetzen in Sand, begann ein deutliches Wachstum. Das jüngere Blatt (s. oben) erlangte nur eine Länge von 10,4 cm, blieb dabei unentfaltet. Dann folgten normal ausgebildete Blätter:

28. VII. 14	bis	20. VIII.	1,6—19,8 = 18,2 cm;	23 Tg.;	pro Tg.	0,8 cm
1. VIII. 14	„	22. VIII.	1 —23,6 = 22,6 „	; 21 „	; „	1,1 „
13. VIII. 14	„	27. VIII.	1,1—22,6 = 21,5 „	; 14 „	; „	1,5 „
17. VIII. 14	„	4. IX.	1,5—21 = 19,5 „	; 18 „	; „	1 „
23. VIII. 14	„	13. IX.	1,4—19,7 = 18,3 „	; 21 „	; „	0,9 „
29. VIII. 14	„	17. IX.	1 —20,9 = 19,8 „	; 19 „	; „	1,0 „
7. IX. 14	„	29. X.	1,2—20 = 18,8 „	; 22 „	; „	0,8 „
11. IX. 14	„	9. X.	1,1—18,7 = 17,6 „	; 30 „	; „	0,6 „
17. IX. 14	„	20. X.	1,1—19,2 = 18,1 „	; 33 „	; „	0,5 „
30. IX. 14	„	30. X.	1,1—27,4 = 26,3 „	; 30 „	; „	0,9 „
14. X. 14	„	2. XI.	1,2—15 = 13,8 „	; 21 „	; „	0,6 „
25. X. 14	„	3. XI.	2,1— 7,2 = 5,1 „	; 9 „	; „	0,5 „

Am 3. XI. hörte jedes Wachstum auf, da auch das jüngste Blättchen, 1,1 cm lang, bereits seit 29. X. ruhte.

Das Verhalten dieses Stecklings erscheint sehr auffällig, wenn man es mit demjenigen von Steckling 1 vergleicht. Bei diesem ging das Wachstum in den ersten 4 Wochen in Sand oder reinem Wasser weiter, bis allmählich Ruhe eintrat. Hier bei Steckling 2 war in den ersten 4 Wochen nach der Versetzung in Sand so gut wie kein Wachstum bemerkbar; gleichzeitig fand ein deutlicher Blattabfall statt. Dann aber begann das Wachstum von neuem, stieg an, nahm langsam ab und erhob sich sogar noch etwas im Oktober, bis es dann schließlich aufhörte. Jedenfalls hat die Pflanze ca. 3¹/₂ Monate hindurch im Sande neue Blätter gebildet.

Die Erklärung für dieses relativ langandauernde Wachstum ohne Nährsalzzufuhr ergibt sich in erster Linie aus der Tatsache, daß die Pflanze vor der Versetzung in Sand ungemein kräftig herangewachsen war und im Zusammenhang damit an den Wurzeln zahlreiche N-bindende Knöllchen besaß. Ob die Knöllchen N-Verbindungen stark gespeichert hatten oder ob sie noch fortführen, im Sande Stickstoff zu binden, kann ich nicht wissen. Was die übrigen Salze anbetrifft, so könnte man daran denken, daß sie auch bis zu einem gewissen Grade gespeichert worden wären, aber es kann noch dazu kommen, daß kurz vor dem Abfall der älteren Blätter in den ersten 4 Wochen die betreffenden Salze aus ihnen in den Stamm gewandert sind — ein Vorgang, der auch bei unseren Bäumen vor dem Laubabfall stattfindet (Swart, 1914).

Stecklingspflanze 3.

Am 9. VIII. 13 wurde gleichzeitig mit 1 und 2 ein Zweig in Sand gesteckt, am 6. VIII. in einen Topf mit Erde versetzt. Die Pflanze wuchs seit der Zeit fort; das Blattwachstum wurde seit Mitte September gemessen:

17. IX. bis 29. IX. 13	7,7—24,3 = 16,6 cm; 12 Tg.; pro Tg. 1,3 cm
17. IX. „ 5. X. 13	1,4—19,6 = 18,2 „ ; 18 „ ; „ „ 1 „
21. IX. „ 14. X. 14	1,1—13,4 = 12,3 „ ; 23 „ ; „ „ 0,5 „
2. X. „ 3. X. 13	1,3—13,2 = 11,9 „ ; 32 „ ; „ „ 0,4 „

Auch hier sehen wir wieder die Abnahme des Wachstums im Oktober—November. Seit 3. XI. ruhte die Pflanze, blieb dabei frisch grün. Am 30. XII. schnitt ich die obere Hälfte der Pflanze fort; am 18. I. entwickelte sich ein junger Trieb, der seit Februar lebhafter wuchs, noch stärker im April—Mai.

Am 8. V. 1914 nahm ich die Pflanze aus ihrem Topf; an dem kräftigen Wurzelsystem saßen viele Knöllchen. Die Pflanze wurde in Wasser (Leitung) gesetzt, das täglich eine Zeitlang erneuert wurde, weil die Knöllchen sich zersetzten. Das Wachstum ging in der ersten Zeit fort; ein Blatt verlängerte sich vom 8. V. bis 16. V. von 15,9—19,9 cm. Das junge Blatt, 2,5 cm, streckte sich in den ersten 4 Tagen auf 3,3 cm und veränderte sich nicht mehr; seit 16. V. ruhte die ganze Pflanze. Infolge der Entfernung der Wurzelknöllchen rief der Mangel an Nährsalzen im Medium Ruhe hervor.

Am 23. V. wurde die Pflanze in Erde gesetzt; schon nach 24 Stunden fing das junge Blättchen, das 10 Tage geruht hatte, an zu wachsen. Das Wachstum ging bald lebhaft vor sich.

Die frisch beblätterte Pflanze wurde am 13. VI. halbdunkel gestellt, unter der Tablette des Gewächshauses, an einen Ort, wo *Pothos aurea* noch eben wachsen konnte. In diesem schwächeren Licht ging das Wachstum fort:

14. VI. bis 22. VI.	10,4—23,2 = 12,8 cm; 8 Tg.; pr. Tg. 1,6 cm
14. VI. „ 26. VI.	2,6—23,7 = 21,1 „ ; 12 „ ; „ „ 1,7 „
28. VI. „ 14. VII.	1,2—17,4 = 16,2 „ ; 16 „ ; „ „ 1 „

Nach 3 Wochen nahm das Wachstum, wie das letzte Blatt zeigt, ab. Am 14. VII. wurde die Pflanze ganz verdunkelt. Das jüngere Blatt 5,6 cm verlängerte sich in den beiden ersten Tagen nur bis 8 cm und wuchs dann nicht mehr. Das jüngste Blatt 0,2 cm veränderte sich überhaupt nicht. Nach 4 Tagen

wurden die Fiederblättchen gelb und fielen ab, nach 7 Tagen stand die Pflanze kahl. Später hell gestellt, erholte sie sich nicht mehr, sondern starb ab.

Stecklingspflanze 4.

Ein im Frühjahr 1914 in Sand gesteckter Trieb wurde am 18. VII. in Erde verpflanzt. Der Steckling bildete im Sommer bis in den Herbst hinein Blätter. Am 6. Oktober setzte ich den Topf in den ungeheizten Glasgang, der zwei Gewächshäuser verband und dessen Temperatur von der Außenwelt abhing. In der Zeit vom 6. X. bis 22. X. war nach den Messungen an einem Maximum-Minimumthermometer

Durchschnittliche	{	Maximum-Temperatur 19,5°	abs. Max. 23°
		Minimum- „	10,7° „ Min. 8°

Die maximalen Temperaturen am Tage wären für das Wachstum ausreichend gewesen, aber für den Stillstand waren die Minimumtemperaturen in der Nacht maßgebend. Als ich am 22. X. die Pflanze in das warme Gewächshaus brachte, dessen durchschnittliche Minimumtemperatur 19,5° betrug, verlängerte sich das jüngste Blatt in den ersten 24 Stunden. Das Wachstum ging fort, bis ich den Topf am 31. X. wieder in den Gang stellte, dessen Minimumtemperatur am 1. XI. 12°, am 2. XI. 9° betrug. Dann hörte das Wachstum sofort auf, die Blätter wurden auch etwas welk, am folgenden Tage straff, blieben aber unverändert bis 7. XI., an welchem Tage ich den Topf in das warme Gewächshaus zurückbrachte. Hier trat nach Abfall der Blätter Absterben ein. Wie vorausszusehen war, ist es möglich, durch einfachen Wechsel niederer und höherer Temperatur abwechselnd Ruhe und Wachstum hervorzurufen.

Pithecolobium saman ist unter den vielen tropischen Baumarten, die ich im Laufe der Jahre geprüft habe, bisher das beste Versuchsobjekt, an dem sich die Abhängigkeit der Periodizität von der Außenwelt nachweisen läßt. Die Versuche mit dieser Art sind auch besonders geeignet, das Verhalten der anderen besprochenen Pflanzen klarzulegen.

In dem feuchtwarmen Klima in Buitenzorg soll *Pithecolobium* nach dem Blattabfall im Juli und August nur einmal im Jahre treiben, auch für Ceylon wird das einmalige Treiben angegeben, nur daß es im Februar—März eintritt (s. S. 771). Wie wenig diese Beobachtungen uns Aufschluß geben über die Potenzen der spezi-

fischen Struktur, zeigen die Untersuchungen in Heidelberg, die sämtlich an einem Individuum und den von ihm herrührenden Stecklingen ausgeführt worden sind, so daß der Einwurf — es handle sich um die Mitwirkung von Rassenunterschieden — nicht gemacht werden kann.

Pithecolobium besitzt zweifellos ebenso wie *Terminalia*, *Theobroma*, *Albizzia* u. a. die Potenz, ununterbrochen fortzuwachsen; sie tut es auch in unserem Winter trotz der geringen Lichtmenge, nur daß in dieser Zeit das Wachstum stark verringert ist. Bei der Mutterpflanze betrug im Durchschnitt die Länge der Blätter im Sommer 31,3, im Winter 15,9 cm, also ziemlich das Doppelte, der tägliche Zuwachs im Sommer 1,8, im Winter 0,8 cm, etwas mehr als das Doppelte. Dieses ununterbrochene Wachstum erfolgt aber nur bei reichlicher Nährsalzzufuhr in frei ausgepflanztem Zustand. Ein Steckling verhielt sich unter den gleichen Bedingungen genau ebenso. Die gleiche Pflanze seit Juli in einem Topf mit begrenzter Erdmenge zeigte eine ausgesprochene Periodizität. Der Hauptsproß ruhte im folgenden Winter 5 Monate. Die verminderte Lichtmenge in Verbindung mit der relativ beschränkten Nährsalzaufnahme übte diese Wirkung aus. Aber die gleiche Pflanze wuchs im dritten Winter ihres Heidelberger Lebens ununterbrochen im November und Dezember, nachdem sie am 28. X. 1914 in eine neue Erde versetzt, und der obere Teil des Stammes abgeschnitten worden war.

Man kann aber auch unter sonst sehr günstigen Außenbedingungen des Lichtes, der Temperatur, der Feuchtigkeit einen periodischen Wechsel von Ruhe und Wachstum hervorrufen, wenn man den Nährsalzgehalt des Mediums, in dem die Wurzel lebt, stark einschränkt. Am klarsten treten die Resultate der Versuche hervor bei solchen Pflanzen, die keine N-bindenden Wurzelknöllchen besitzen. Zur Veranschaulichung gebe ich kurz die Daten des einen am längsten durchgeführten Versuches an. Ich nehme als Anfang der Ruhe den Zeitpunkt an, in welchem das letzte wachsende Blatt stillsteht; das jüngste Blatt ruhte immer schon eine Zeitlang früher.

Wachsen seit Januar 1914 bis Ende April in Erde,
27. IV. Flußsand.

Wachsen bis 17. VI. — Ruhe bis 22. VI.,
22. VI. Sand mit Nährsalzlösung (Knop. 0,1 %).

Wachsen vom 24. VI. bis 17. VII.
17. VII. destilliertes Wasser,

Wachsen bis 21. VIII. — Ruhe bis 1. IX.

1. IX. Nährsalzlösung 0,1 % ohne N-Verbindungen,
Wachsen bis 29. IX. — Ruhe bis 13. X.

13. X. Nährsalzlösung mit N-Verbindungen,
Wachsen vom 15. X. bis 7. XI.

7. XI. reiner Sand,
Wachsen bis 14. XII. — Ruhe.

Die Wachstumszeiten in nährsalzreichem Medium wie die Ruhezeiten in nährsalzarmem hätten je nach dem Datum des Versuchs kürzer oder länger sein können. Allgemein aber gilt, daß nach dem Versetzen aus nährsalzreichem in ein nährsalzarmes Medium das Wachstum eine Zeitlang noch fortgeht; nach vorhergehender Ernährung in Erde sogar 7 Wochen, nach einer solchen in nährsalzhaltigem Sand 5 Wochen. Andererseits begann nach Versetzung aus nährsalzarmem in ein nährsalzreiches Medium das Wachstum stets nach 24—48 Stunden.

In jenem Falle, wo nach sehr kräftiger vorhergehender Ernährung bei freier Auspflanzung zahlreiche N-bindende Knöllchen an den Wurzeln saßen, konnte das Wachstum in nährsalzarmem Sande nach einer 4wöchentlichen Ruhepause 3½ Monate andauern.

Allgemeines.

Wenn man die Resultate der Beobachtungen an den fünf untersuchten, unter sich sehr verschiedenartigen Baumarten der Tropen überblickt, so erkennt man, daß die Wachstumsweise ebenso wie irgend ein anderer physiologischer Vorgang oder irgend eine Formbildung mannigfachen Variationen (oder, wie man vielfach sagt, Modifikationen) unterworfen ist. Der Umfang und die Grenze werden bestimmt durch die spezifische Struktur. Sie enthält mit ihren zahlreichen Potenzen den erblichen Faktor, der auch für unsere gewöhnlichen Versuche als konstant vorauszusetzen ist. Die Entscheidung, welche von den Potenzen in einem gegebenen Falle verwirklicht wird, kann, rein theoretisch betrachtet, nicht wieder von der spezifischen Struktur allein abhängen (Klebs, 1903, S. 26). Wenn man diese Überlegungen nicht anerkennt, so beuge man sich vor den Tatsachen. Sie beweisen, daß die verschiedenen Variationen der Wachstumsweise durch verschiedenartige äußere Bedingungen hervorgerufen werden. Bei einer Pflanze wie *Pithecolobium* kann man mit der gleichen Sicherheit Wachstum oder

Ruhe bewirken wie bei einer *Vaucheria* Zoosporenbildung oder geschlechtliche Fortpflanzung oder wie bei einer chemischen Substanz den flüssigen oder festen Zustand.

Aus diesen Tatsachen ergibt sich die Folgerung, daß das Verhalten einer Pflanzenspezies an einem bestimmten Ort z. B. im Garten von Buitenzorg auch nur der sichtbare Ausdruck der Reaktionen ist, die an der spezifischen Struktur durch den an dem Standort herrschenden Bedingungskomplex hervorgerufen werden. Es gibt nicht eine bestimmte Periodizität, es gibt zahlreiche Formen periodischen und unperiodischen Verhaltens, und das bleibt richtig, auch wenn wir im Augenblick nicht imstande sind, den Bedingungskomplex bis ins einzelne zu analysieren.

Die entscheidende Tatsache, die als Grundlage für jede Theorie der Periodizität dienen muß, liegt in dem Nachweis, daß die Vegetationspunkte der untersuchten tropischen Baumarten die Potenz zu einem unbegrenzten Wachstum besitzen, genau so wie zahlreiche einheimische Baumarten, wie selbst die Buche (Klebs, 1914). Die tropischen Baumarten sind für diesen Nachweis sehr viel geeigneter als die unsrigen. Denn sie vertragen länger und besser eine höhere Temperatur auch bei relativ geringer Lichtmenge im Winter.

Volken's (1903, 1912, S. 49—50) hat zuerst auf das Vorkommen lange Zeit fortwachsender Bäume in den Tropen aufmerksam gemacht, wie *Albizzia moluccana* und *Felicium decipiens*. Berthold (1904, S. 243) hat in Göttingen ein jahrelang fortwährendes Wachstum bei *Ficus elastica* beobachtet, der in den Tropen längere Zeit ruhen kann.

Ich habe (1911, 1912) auf eine große Anzahl lange fortwachsender tropischer Pflanzen hingewiesen. In dieser Arbeit ist der Nachweis geführt worden, daß Baumarten wie *Terminalia catappa*, *Theobroma cacao*, *Albizzia stipulata*, *Pithecolobium saman* unter den geeigneten Bedingungen Jahre hindurch ununterbrochen wachsen können.

Jede von diesen wie andere Pflanzen haben aber ebenso die Potenz zu ruhen. Es ist im allgemeinen leichter die Ruhe hervorzurufen als beständiges Wachstum. Wenn daher Simon (1914, S. 150) glaubt besonders betonen zu müssen, daß auch *Albizzia moluccana* in irgend einem älteren Exemplar ruhte, so ist das nichts weniger als überraschend, vielmehr selbstverständlich. Ich wies bereits nach (1911, S. 41), daß *Albizzia moluccana* bei Licht-

mangel zur Ruhe übergeht. Ebenso könnte sie auch durch andere Faktoren, vor allem Nährsalzmangel, dazu veranlaßt werden.

Man könnte einwerfen, daß die Verschiedenheit des Verhaltens mancher Arten in Java, Ceylon, Heidelberg auf spezifischen Differenzen der beobachteten Individuen (Rassen) beruhen. Das könnte der Fall sein bei den von Wright, Volkens, Simon untersuchten Exemplaren. Meine Versuchspflanzen waren zum Teil die gleichen wie in Buitenzorg. Vor allem treten die verschiedenen Formen des Wachsens bei dem gleichen Individuum oder bei Stecklingen der gleichen Pflanze hervor. Auf der andern Seite verhalten sich die verschiedenen Individuen der gleichen Art, z. B. von *Terminalia*, *Theobroma*, *Albizzia* unter wesentlich gleichen Bedingungen auch tatsächlich gleich. Überhaupt sind die Reaktionen, wie sie sich im Wachsen oder Ruhen darbieten, im Prinzip nicht wesentlich verschieden bei den niedrigsten wie höchsten Pflanzen. Die Verschiedenheiten der erblichen Strukturen zeigen sich doch nur darin, daß diese ein verschiedenes Verhältnis zu der Außenwelt besitzen, so daß die gleiche Reaktion bei zwei Pflanzenarten eben durch verschiedenen Einfluß bedingt wird. *Terminalia* kann noch bei einer Lichtintensität andauernd neue Blätter entfalten, bei der *Theobroma* nur kümmerliche Anlagen zu bilden vermag, bei der *Eriodendron* ruhen muß.

Wenn also wirklich zwischen Individuen der gleichen Spezies Unterschiede des Verhaltens existieren, die man selbst als spezifisch bezeichnen müßte, so würde eben doch nur die Relation zu einer bestimmten Außenwelt verschieden sein. Jedes Individuum würde man zum Wachstum oder zur Ruhe bringen können, man müßte nur für jedes die dafür geeigneten Bedingungen herausfinden. Das häufig so verschiedenartige Verhalten einzelner Individuen, worauf alle Tropenforscher seit Schimper hingewiesen haben, ist aber gar kein Beweis für das Vorhandensein spezifischer Differenzen, weil die möglichen oder sogar wahrscheinlichen Differenzen der Bodenfaktoren bisher nicht berücksichtigt worden sind.

Für den Nachweis des fortdauernden Wachstums sind junge Individuen von mir benutzt worden. Wright (1905, S. 512) sowohl wie Volkens (1902) haben beobachtet, daß junge Exemplare sich in bezug auf den Laubabfall verschieden von älteren verhalten. So sind z. B. „junge Exemplare von *Tectona grandis* immergrün, ältere wechseln ihr Laub nach genügender Erstarkung in regelmäßigen Perioden“ (Volkens, l. c., S. 124). Bei *Albizzia moluccana*

soll sich nach Volkens (S. 50) neben der unperiodischen Blattbildung noch eine periodisch sich vollziehende Steigerung der blatterzeugenden Tätigkeit einstellen. Simon (1914, S. 142) schließt sich dieser Meinung an, er erwähnt später die Beobachtungen Hubers (1898), nach denen junge *Hevea*-Bäume in der Jugend häufiger treiben als im Alter, und er kannte auch meine Versuche, in denen sehr junge Bäume in der Jugend beständig trieben, während sie im Alter monatelang ruhten. Wie kommt Simon dazu, diese Zunahme der Ruhezeiten als eine Steigerung der Blattbildung aufzufassen, während sie doch tatsächlich eine Abnahme ist? Die Auffassung von Volkens und Simon bedeutet überhaupt nur den Versuch einer Umschreibung des Problems, sie geht auf die Gründe der Erscheinung nicht ein. Ich habe eine Erklärung dafür gegeben, indem ich darauf hinwies, daß die Wachstumsbedingungen für die älteren Bäume nicht das ganze Jahr optimal sein können (Klebs 1912, S. 275). Die Beobachtungen an einheimischen Holzpflanzen (s. Klebs, 1914, S. 105) stimmen mit den Erfahrungen an Tropenbäumen durchaus überein. Ein junges Exemplar mit einem oder ganz wenigen Vegetationspunkten erhält reichlich Wasser und Nährstoffe aus dem Boden. Die vielen Tausende Knospen eines älteren Baumes, der dabei seit Jahrzehnten an dem gleichen Standort gewachsen ist, womöglich in unmittelbarer Nähe anderer Konkurrenten, erhalten nicht durch das Wurzelsystem und den Stamm fortdauernd die ausreichende Menge von Wasser und Nährsalzen. Man kann diese Auffassung nicht klarer und sicherer beweisen als durch die in dieser Arbeit gegebenen Versuche, in denen die gleiche junge Pflanze in gut gedüngtem Boden beständig fortwuchs, in nährsalzarmem Medium zeitweilig ruhen mußte.

Da das Wachstum von einer ganzen Anzahl Faktoren abhängt, so kann Ruhe unter sehr verschiedenen Umständen eintreten, je nachdem die Quantität eines oder mehrerer Faktoren bis zu einem für jede Spezies verschiedenen Minimum herabsinkt. So bewirkt eine Erniedrigung der Temperatur bei sonst günstigen Bedingungen einen Stillstand des Wachstums, Erhöhung seinen Wiedereintritt (*Pithecolobium*, S. 781); ebenso kann der Wechsel der Feuchtigkeit der Luft die entsprechenden Vorgänge herbeiführen. Bei den Versuchen in Heidelberg habe ich in erster Linie den Einfluß der beiden Hauptfaktoren: Licht und Nährsalze berücksichtigt unter der Voraussetzung, daß Wärme, Feuchtigkeit der Luft, Wassergehalt des Bodens in ausreichendem Maße wirksam waren.

Die Bedeutung des Lichtes für die Entwicklung der Laubtriebe, die Wirkung der Lichtverminderung auf das Absterben von Knospen, das zu einer starken Zweigreduktion führt, ist von Wiesner (1907, S. 145) eingehend untersucht worden. Berthold (1904, S. 244) hat für den besonderen Fall von *Ficus elastica* die Abnahme der C-Assimilation als Grund für den Knospenschluß im November angenommen. In unserem Klima nimmt die Lichtmenge (Intensität und Dauer) in dem letzten Viertel des Jahres sehr stark ab (Wiesner, 1907, S. 21; Klebs, 1914, S. 59), sie erreicht Ende Dezember ihr Minimum. Der Einfluß dieser Lichtverminderung tritt bei den Tropenpflanzen sehr auffällig hervor. Je nach der Spezies kann man folgende Verschiedenheiten des Verhaltens beobachten für den Fall guter Nährsalzvorsorgung aus dem Boden:

1. Die Pflanze bildet während des ganzen Winters ununterbrochen neue Blätter, die auch zur Entfaltung kommen, nur daß die Größe der Blätter wie auch die Größe des täglichen Zuwachses vermindert ist, so bei *Terminalia* (S. 743), *Albizzia* (S. 762), *Pithecolobium* (S. 772).

2. Die Pflanze bildet ununterbrochen Blätter, aber diese kommen während der Monate November bis Januar nicht zur normalen Entfaltung; *Theobroma cacao*.

3. Die Pflanze kommt während der Monate mit geringer Lichtmenge zur Ruhe.

Zu der letzten Gruppe gehört sehr wahrscheinlich *Sterculia macrophylla*, da die Blattanlagen sich bereits im Oktober nicht mehr entfalten konnten. Aber es fehlt noch der Versuch mit einem frei ausgepflanzten Exemplar. Regelmäßig kamen frei ausgepflanzte Individuen von *Eriodendron anfractuosum* (Klebs, 1912, S. 262) in den Wintermonaten zur Ruhe. (Näheres in einer späteren Arbeit).

Die wachstumshemmende Wirkung einer Lichtverminderung beobachtet man auch im Sommer; am stärksten tritt sie hervor bei völliger Verdunkelung, in der *Albizzia* wie *Pithecolobium* schnell zur Ruhe kommen. Aus den Versuchen mit *Albizzia* (S. 764) folgt, daß das Licht keine so spezifische Wirkung ausübt, wie bei der Buche (Klebs, 1914). Vielmehr ist es höchstwahrscheinlich, daß der Stillstand der C-Assimilation der Grund für den Eintritt der Ruhe ist. *Albizzia* vermag im Dunkeln eine Zeitlang fortzuwachsen, sofern sie vorher gut ernährt war und Reservestoffe in sich aufgespeichert hatte.

Von großem Interesse für das ganze Problem der Periodizität ist die Tatsache, daß das Verhältnis zu der gleichen Lichtmenge sich ändert, wenn die Pflanze sich in einem Topf mit begrenzter Erdmenge befindet. In diesem Falle tritt bei den untersuchten Arten in unserem Winter Ruhe ein, bei *Albizzia stipulata* 3 Wochen, bei *Pithecolobium* 5 Monate, bei *Terminalia* $1\frac{1}{2}$ bis $2\frac{1}{2}$ Monate. Es bildet sich also unter diesen Umständen eine ausgesprochene Periodizität aus: langes Wachsen vom Februar bis in den November, eine Ruhezeit vom November bis Januar.

Bei der Entstehung der Ruheperiode können verminderte Lichtmenge und begrenzte Nährsalzmenge zusammen wirken.

Ein Verständnis für die zunächst sehr auffallende Erscheinung, daß Nährsalzzufuhr die hemmende Wirkung des Lichtes aufheben kann, ist doch möglich, wenn man an das Verhalten der Buche denkt (Klebs, 1914, S. 61 usw.). Denn bei dieser Baumart, die nach schneller Blattentfaltung im April bereits im Mai zur Ruhe übergeht, läßt sich ein lang andauerndes Wachstum erreichen bei kontinuierlicher elektrischer Beleuchtung. Diese wirkt, abgesehen von dem besonderen Lichteinfluß für das Austreiben (vielleicht Bildung der Eiweißstoffe), deshalb, weil die C-Assimilation im Verhältnis zur Atmung (Dissimilation) eingeschränkt ist. Bei reichlicher Zufuhr von Nährsalzen befinden sich diese im Verhältnis zu den Kohlehydraten in der für das Wachstum geeigneten Menge. In der freien Natur ist im Mai und Juni die C-Assimilation sehr intensiv, die Kohlehydrate befinden sich in einem Überschuß gegenüber der durch die Wurzel aufnehmbaren Nährsalzmenge, und die Folge davon ist die Bildung der Ruheknospen.

Bei den tropischen Pflanzen im Heidelberger Gewächshaus haben wir den gleichen Vorgang wie im elektrischen Lichttraume bei der Buche. Die Lichtmenge der Wintermonate genügt gerade, um bei reichlicher Nährsalzmenge das geeignete Konzentrationsverhältnis von dieser und der C-Assimilation herbeizuführen. Ist aber die Nährsalzmenge selbst gering, so kann dieses Verhältnis auch bei verminderter Assimilation nicht erreicht werden — die Pflanze ruht.

Man wird jetzt die Frage aufwerfen, ob nicht in den Tropen, z. B. in Buitenzorg, zu gewissen Zeiten auch die C-Assimilation mancher Baumarten zu intensiv werden kann, so daß diese wie unsere Buchen deshalb eine Zeitlang ruhen müssen.

Aus meinen Untersuchungen in Heidelberg läßt sich bisher keine sichere Antwort auf diese Frage gewinnen. Hier müßten wohl Versuche in den Tropen gemacht werden.

Aber auch unter völlig ausreichenden Lichtverhältnissen kann Ruhe eintreten, wenn die Nährsalzmenge des Bodens zu gering wird. Bei dem Topfexemplar von *Terminalia* trat 2 mal im Jahre eine kurze Ruhepause des Hauptssprosses ein, während die Seitensprosse weiter wuchsen. Das läßt sich durch die Annahme verstehen, daß infolge vorhergehenden lebhaften Wachstums eine gewisse Erschöpfung an Nährsalzen eingetreten ist, bis wieder langsam der Zufluß aus dem Boden soweit steigt, um erneutes Wachstum zu erregen. Dabei spielt auch der Konkurrenzkampf der Haupt- und Seitensprosse eine Rolle. Gerade bei den letzteren zeigte sich ein periodischer Wechsel von Wachstum und Ruhe (s. S. 747), der eine Folge der begrenzten Nährsalzmenge war, da diese nicht für das gleichzeitige Wachsen aller Vegetationspunkte genügte: Aus diesem Verhältnis der Pflanze zu der relativ kleinen Erdmenge im Topf ergab sich auch die interessante Tatsache, daß *Sterculia macrophylla*, je länger sie im gleichen Topf blieb, um so kürzere Wachstums- resp. um so längere Ruhezeiten aufwies (S. 770).

Mangel an Nährsalzen hatte Berthold (1904, S. 242) als möglichen Grund für den Eintritt der Ruhe bei Winterknospen einheimischer Bäume angegeben. In seinen wichtigen Untersuchungen über das Wachstum tropischer Pflanzen hat Smith (1909, S. 288) darauf hingewiesen, daß in Ceylon das häufigere Treiben der Baumarten während der Trockenzeit auf der stärkeren Zufuhr von Nährsalzen infolge gesteigerter Transpiration beruht. Andererseits führt Smith die in der Regenzeit bemerkbare Abnahme der Blattproduktion bei der Teepflanze auf den Mangel an Nährsalzen infolge zu geringer Transpiration zurück. Wie es sich auch damit in Wirklichkeit verhalte, meine Versuche an tropischen Pflanzen in Buitenzorg und Heidelberg lehrten den entscheidenden Einfluß des Bodens auf die Periodizität; ich legte daher dem Nährsalzgehalt des Bodens große Bedeutung bei.

Es ist etwas verwunderlich, daß diese Auffassung eine solche schroffe Ablehnung durch Jost (1912) erfahren hat und daß auch neuerdings Simon genau den Pfaden von Jost folgt. Es erweckt den Anschein, als wenn diese Physiologen nie wirklich Pflanzen kultiviert hätten. Jeder praktische Landwirt oder Gärtner weiß,

was für einen außerordentlichen Einfluß die Menge der Nährsalze auf die Wachstumsgeschwindigkeit wie auf die Zuwachsgröße ausübt. Seit Liebig weiß man, daß, wenn nur ein Nährsalz sich in einem Minimum befindet, das Wachstum aufhören muß. Daraus folgt notwendig, daß auch die Wachstumsdauer von den Nährsalzen abhängen muß. Die Versuche bestätigen doch nur das, was man theoretisch hätte voraussagen können.

Um die Bedeutung der Nährsalze in den Versuchen von mir und Lakon (1912) noch stärker herabzudrücken, bezeichnet Jost sie als bloße „Reize“ und setzt sie direkt in eine Reihe mit den narkotisierenden Substanzen, wie Äther und Chloroform. Simon (1914, S. 170) stimmt wieder ohne jedes Bedenken der Ansicht von Jost zu. Diese bedeutet doch sicher keine Aufklärung, sondern nur eine Verwirrung der Sachlage. Der Äther ist eine Substanz, die nichts mit dem Wachstum als solchem zu tun hat, er wirkt bei der Verkürzung der Ruheperiode mit, vielleicht durch irgendwelchen indirekten Einfluß, z. B. auf die Mobilisierung der aufgespeicherten Stoffe. Dagegen bei der Wirkung der Nährsalze handelt es sich um die quantitative Steigerung eines schon vorher vorhandenen und absolut notwendigen Wachstumsfaktors. Man kann schließlich diese Wirkung der Nährsalze als Reiz bezeichnen — aber einmal wird an ihrer Bedeutung nicht das Mindeste geändert, und zweitens ist diese Bezeichnung nur irreführend, weil das Wesen der Sache — eben die quantitative Steigerung — dadurch nicht klar ausgedrückt ist.

Simon (1914, S. 179) hat noch einen anderen Einwand mir gegenüber erhoben. Ramann und Bauer (1912, S. 67) wiesen nach, daß verschiedene Baumarten, wie Ahorn, Rot-, Weißtanne usw., die einzelnen Nährsalze dem Boden zu ungleichen Zeiten und in wechselnder Menge entziehen. Diese verschiedene Nährsalzaufnahme soll durch „innere Faktoren“ allein (?) bewirkt werden. Daraus schließt Simon, daß die Pflanze nicht die Fähigkeit besitze, dem Boden dauernd Nährstoffe in größerer Menge zu entnehmen. Nun beweisen die Beobachtungen an den von mir untersuchten Tropenbäumen, daß diese tatsächlich das Vermögen besitzen, die für dauerndes Wachstum ausreichende Nährsalzmenge aufzunehmen, sofern diese ihnen geboten ist. Denn sonst könnten sie doch unmöglich fortwachsen. Es ist also nicht einzusehen, was die Beobachtungen von Ramann und Bauer gegenüber den festgestellten Tatsachen beweisen sollen.

Schon wiederholt habe ich (Klebs, 1911, S. 53, 1902, S. 275) hervorgehoben, daß die Bodenfrage sehr verwickelter Natur ist. Ich sagte: „Es kommt nicht bloß auf die Menge der einzelnen Nährsalze an, sondern auch auf das Verhältnis ihrer Mengen, auf den Einfluß der physikalischen Struktur des Bodens, ferner auf Bakterien und Pilze, die Verwesung und Zersetzung bewirken, auf die Ausscheidungsprodukte der Wurzeln und auch auf die gegenseitige Einwirkung der nebeneinander wachsenden Pflanzen.“ Auch in einem Topf mit begrenzter Erdmenge müssen bei längerer Wachstumszeit einer Pflanze alle möglichen Änderungen des Bodens eintreten, Dinge, die wir heute noch nicht übersehen können. Es wäre denkbar, daß auch bei an und für sich gut ausreichender Nährsalzmenge solche Änderungen das Wachstum zeitweilig hemmen können, vor allem dann, wenn das Wurzelsystem in seiner Aufnahmefähigkeit irgendwie beschränkt wird. Sowie durch einen Faktor die Bildung der jungen Wurzeln verlangsamt oder ganz behindert ist, muß die Aufnahme der Nährsalze zurückgehen; sie kann soweit eingeschränkt werden, daß Ruhe eintritt. Ich führte das kümmerliche Wachstum junger *Tectona*-Pflanzen in meinem Gewächshaus während des Winters auf zu große Nässe des Bodens zurück (1912, S. 277). Es ist sehr möglich, daß das eigentümliche Verhalten unserer einheimischen Bäume im Berggarten von Tjibodas (Java) auf den gleichen Grund zurückzuführen ist (Klebs, 1911, S. 53).

Aber unter allen mannigfaltigen Faktoren des Bodens ist eben doch die Menge der Nährsalze weitaus an entscheidendsten. Es handelt sich gar nicht mehr um eine Hypothese, die man, wie Simon es noch tut, beliebig verwerfen kann, sondern um sichere Tatsachen, die man anerkennen muß. Die Versuche mit *Pithecolobium* zeigen einwandfrei (s. S. 782), daß durch Entziehung der Nährstoffe allmählich Ruhe, durch Hinzufügung schnell wieder Wachstum hervorgerufen wird. Man kann auf diesem Wege an der gleichen Pflanze den periodischen Wechsel von Ruhe und Wachstum mehrere Male hervorrufen.

Die vielen Fragen, die sich an den Einfluß der Nährsalze knüpfen, können vorläufig noch nicht beantwortet werden, da sie kaum in Angriff genommen worden sind; meine eigenen Untersuchungen werden fortgesetzt. Wir beginnen eben erst das Problem der Periodizität physiologisch zu bearbeiten, nachdem der Nachweis ihrer Abhängigkeit von der Außenwelt sicher geliefert worden ist. Die weiteren Untersuchungen werden auch mit darüber entscheiden,

in welchem Grade es möglich sein wird, die äußeren Bedingungen genau zu erkennen, die eine bestimmte tropische Baumart zwingen, in ihrer Heimat, z. B. in Java, zeitweilig zur Ruhe überzugehen. Vorläufig muß man sich mit gewissen Andeutungen begnügen, wie ich sie früher und hier gegeben habe. Die in den Tropen arbeitenden Forscher finden darin vielleicht die Anregung, den Problemen dort in bestimmter Richtung nachzugehen.

Literatur.

- Berthold, G., Untersuchungen zur Physiologie der pflanzlichen Organisation. Leipzig, II, 1904.
- Drude, O., Die Ökologie der Pflanzen. Braunschweig 1913.
- Haberlandt, S., Botanische Tropenreise. Leipzig 1898.
- Huber, J., Beitrag zur Kenntnis der periodischen Wachstumserscheinungen bei *Hevea brasiliensis*. Bot. Centralbl. 1898.
- Jost, L., Besprechung der Arbeit von Klebs: Rhythmik etc. Zeitschr. f. Bot., III, 1912, S. 643.
- Klebs, G., Willkürliche Entwicklungs-Änderungen bei Pflanzen. Jena 1903.
- —, Über die Rhythmik in der Entwicklung der Pflanzen. Heidelberg Akad. 1911.
- —, Über die periodischen Erscheinungen tropischer Pflanzen. Biol. Centralbl., 1912.
- —, Über das Verhältnis der Außenwelt zur Entwicklung der Pflanzen. Heidelberg. Akad., 1913.
- —, Über das Treiben der einheimischen Bäume, speziell der Buche. Heidelberg. Akad. Abh. 1914.
- Koorders, S. H. und Valetton, Bidrag tot de Kennis der boomsoorten op Java. Pars I—XII, 1894—1910.
- Lakon, G., Die Beeinflussung der Winterruhe der Holzgewächse durch die Nährsalze. Zeitschr. f. Bot., 1912.
- Magnus, W., Der physiologische Atavismus unserer Eichen und Buchen. Biol. Centralbl., 1913.
- Pfeffer, W., Pflanzenphysiologie, 2. Aufl., Bd. II, Leipzig 1904.
- Ramann, E. und Bauer, H., Trockensubstanz, Stickstoff und Mineralstoffe von Baumarten während einer Vegetationsperiode. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 50, 1912.
- Schimper, F. W., Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage. Jena 1898.
- Simon, S. V., Studien über die Periodizität der Lebensprozesse der in dauernd feuchten Tropengebieten heimischen Bäume. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 54, 1914.
- Smith, A. U., On the Internal Temperature of Leaves etc. Ann. R. Bot. Gard. Peradeniya, IV, 1909.
- Swart, Vic., Die Stoffwanderung in ablebenden Blättern. Inaug.-Diss. Jena 1914.
- Volkens, G., Der Laubwechsel tropischer Bäume. Ver. f. Beförd. Gartenbau 1903.
- —, Laubfall und Lauberneuerung in den Tropen. Berlin 1912.
- Wiesner, J., Der Lichtgenuß der Pflanzen. Leipzig 1907.
- Wright, H., Foliar Periodicity of Endemic and Indigenous Trees in Ceylon. Ann. R. Bot. Gard. Peradeniya, II, 1905.