

# Ueber osmotische Untersuchungen in der Mangrove

Autor(en): **Blum, G.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Botanique Suisse**

Band (Jahr): **51 (1941)**

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-35130>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Ueber osmotische Untersuchungen in der Mangrove.

Von G. Blum.

Eingegangen am 3. Mai 1941.

Während meines Aufenthaltes in Java konnte ich die Verteilung und Grösse einiger osmotischer Zustandsgrössen an vielen Pflanzen verschiedenster ökologischer Gruppen und Standorte verfolgen (1, 2). Neben manchen in den botanischen Gärten in Buitenzorg angepflanzten Kulturgewächsen untersuchte ich vor allem auch Vertreter des tropischen Regenwaldes, sowie Pflanzen verschiedener Standorte im trockenen Ostjava. Ueberdies fand ich auch Gelegenheit, an mehreren Stellen der Insel einen Einblick in die osmotischen Verhältnisse einiger Vertreter der Mangrove zu gewinnen. Obwohl diese Untersuchungen wegen der kurz bemessenen Zeit nicht in dem Umfang und mit der Gründlichkeit durchgeführt werden konnten, wie es wünschbar und wohl auch notwendig gewesen wäre, glaube ich doch, dass die vorliegenden Messungen einiges Interesse erwecken möchten. Die bis anhin ausgeführten Untersuchungen von Faber (3, 4), Sen-Gupta (5), Walter (8, 9) und einiger anderer Autoren, deren Veröffentlichungen wenig zugänglich sind, beziehen sich teils auf andere Grössen, teils auf eine beschränkte Zahl von Geweben bei der Bestimmung des osmotischen Wertes. Aber gerade die Pflanzen der Mangrove stellen eine jener interessanten Formationen höherer Gewächse dar, deren Anfangs- und Endwert der für die Wasserversorgung in Betracht kommenden Organe bzw. Zellen mit den neueren Methoden leicht ermittelt werden kann. Die Saugkraft des Substrats in nächster Nähe der Saugwurzeln (Boden, Meer-, Brack-, Süsswasser) lässt sich auch am Standort der Pflanze selbst messen (7), wenn man durch genügende Umhüllung und Abdichtung gegen die Aussenluft eine Kondensation am Deckel des Exsikkators verhindern kann. Die Durchschnittssaugkraft von Blattstreifen ist mit der vereinfachten Methode (6) ohne Schwierigkeiten bestimmbar. Weniger gut scheint sich für denselben Zweck die Hebelmethode zu eignen, da man mit dieser an unseren Objekten nicht die Durchschnittssaugkraft des ganzen Blattes, sondern nur einzelner Teile, vor allem des Wassergewebes, bekommt. Die angegebenen Werte für Blattsaugkräfte wurden alle mit der Streifenmethode erhalten.

Mit der Saugkraft des Bodens und der des Blattes untersuchte ich weiter, soweit das möglich war, den osmotischen Wert bei Grenzplasmolyse in verschiedenen Zellen des Blattes, wobei die richtige Bestimmung

dieser Grösse ein eingehendes Studium der Objekte erfordert. Aus diesem und aus anderen Gründen dürfte es angezeigt sein, die beiden osmotischen Grössen und die erhaltenen Resultate getrennt zu behandeln.

### I. Die Saugkraft der Zelle bei Grenzplasmolyse in Blattzellen von Mangrovepflanzen.

Die Ermittlung des Grenzplasmolysewertes ist bei Mangrovepflanzen nicht immer so leicht wie bei den meisten einheimischen Pflanzen. Als Beispiel seien die Blattzellen eines ausgewachsenen Blattes einer in der Nähe eines Süsswasserteiches im Botanischen Garten in Buitenzorg wachsenden *Bruguiera eriopetala* näher dargestellt. Die obere Epidermis, Schwammparenchymzellen und untere Epidermis werden, wie gewohnt, an Flächenschnitten, das obere Wassergewebe an Blattquerschnitten oder an Flächenschnitten, die Palisaden an Blattquerschnitten untersucht. Macht man die Flächenschnitte so dick, dass z. B. unter der oberen Epidermis noch Wassergewebszellen und Palisadenzellen anhaften, so tritt die Plasmolyse zuerst in der Nähe des Schnittrandes ein. Gewöhnlich dauert es eine halbe Stunde, bis die erste Plasmolyse sichtbar wird. Je weiter die Zellen vom Schnittrand entfernt sind, um so später tritt Plasmolyse auf; in der Mitte des Schnittes kann die Plasmolysezeit bis drei Stunden dauern. Aber dabei bleibt der Grad der Plasmolyse der weiter aussen gelegenen Zellen derselbe, ein Beweis, dass auch bei diesem Objekt der Rohrzucker impermeabel ist und also auch hier ein ausgezeichnetes Plasmolytikum darstellt. Die Ursache dieses langsamen Plasmolyseeintrittes habe ich nicht weiter verfolgt; es sei aber vor allem hingewiesen auf eine relativ starke Epidermisaussenwand und die sehr kleinen Interzellularen zwischen den Palisadenzellen, die den Zutritt der Lösung zu den Zellen erschweren. Vielleicht dürfte gerade auch dieser letztere Umstand der Grund sein, weshalb die Plasmolyse, selbst in dünnen Querschnitten, in den Zellen der Palisaden erst nach etwa einer Stunde eintritt. Die Plasmolyse erscheint in den Epidermiszellen fast immer als schöne Konvexplasmolyse, während sie in den Palisaden meist als Konkavplasmolyse beginnt. Das einschichtige obere Wassergewebe lässt sich am besten an Flächenschnitten beobachten, da die Zellen nur wenig hoch und nach der Blattfläche gestreckt sind. Aber auch in dieser Lage lässt sich eine deutliche Plasmolyse mit Sicherheit nur dann erkennen, wenn der Schnitt von der Palisadenseite her beobachtet wird an einer Stelle, an der nur noch Reste von Palisadenzellen vorhanden sind. Bei den kleinen Schwammparenchymzellen erhält man nur dann vergleichbare Werte, wenn man die Zellen derselben Lage, also Zellen im gleichen Abstand von der unteren Epidermis miteinander vergleicht. Dasselbe gilt auch für die meist drei



Lagen zählende Palisadenschicht, obwohl hier die Differenzen zwischen der ersten und der dritten Schicht 0,05 Mol Rohrzucker kaum übersteigen. In den übrigen Geweben ist der Unterschied von Og zwischen den einzelnen Zellen sehr gering.

Komplikationen für die Bestimmung von Og, wie sie für *Bruguiera eriopetala* beschrieben wurden, finden sich wohl, in etwas anderer Form, bei jeder Art aus der Mangrove.

a) Szg in Blättern von am Süßwasser kultivierten Mangroven.

Zuerst seien einige Werte von Mangrovepflanzen angegeben, die um einen Süßwasserteich im Botanischen Garten in Buitenzorg angepflanzt sind. In allen Fällen wurden ausgewachsene, aber nicht zu alte Blätter untersucht, die in etwa 1 ½ bis 2 m Höhe über dem Boden an kleineren Bäumen wuchsen.

Szg in Zellen des Blattes von *Bruguiera eriopetala*.

	Atm.	Atm.	
Obere Epidermis . . .	29,2	29,2	Schwammparenchym
Oberes Wassergewebe .	29,2	29,2	Unteres Wassergewebe
Palisaden . . . . .	30,4	28,1	Untere Epidermis

Szg in den Blattzellen von *Sonneratia acida* und *Lumnitzera racemosa*.

	Sonneratia acida	Lumnitzera racemosa
	Atm.	Atm.
Obere Epidermis . . .	22,7	25,9
Schliesszellen Oberseite .	ca. 30—32	ca. 30,4—34,0
Obere Palisadenreihe . .	35,2	28,1
Wassergewebe . . . . .	26,1	23,8
Untere Palisaden . . . .	ca. 30,4	27,0
Untere Epidermis . . . .	19,8	26,8
Schliesszellen Unterseite .	ca. 30,4	28,1—32,7

Bei der Betrachtung der gemessenen Werte fallen sofort zwei Gruppen auf: *Bruguiera* und *Lumnitzera* mit in allen Geweben sehr ausgeglichenen Werten und *Sonneratia acida* mit bedeutenden Unterschieden der Szg-Werte in ihren Geweben. Eine einzige Ausnahme machen in der ersten Gruppe die Schliesszellen von *Lumnitzera*. Da diese, über den Nebenzellen liegenden, sehr kleinen Schliesszellen am Anfang eine krampfartige Plasmolyse zeigen, ist man gezwungen, zur sicheren Bestimmung des Szg-Wertes ein späteres Plasmolysestadium abzuwarten, das sich in einer etwas starken Konvexplasmolyseform



äussert. Damit fallen die Werte notwendigerweise etwas zu hoch aus. In den anderen Geweben betragen die grössten S<sub>z</sub>g-Differenzen nur 4 Atm. bei *Lumnitzera*, oder sogar nur 2,3 Atm. bei *Bruguiera*, während sie bei *Sonneratia* 15 Atm. übersteigen. Ein weiterer Unterschied zwischen diesen Arten findet man, wenn man die Wassergewebe mit den Werten der anderen Blattgewebe vergleicht. *Bruguiera* besitzt ein äusseres Wassergewebe, dessen Wert nur wenig oder gar nicht von Werten der anderen Blattgewebe abweicht. Die S<sub>z</sub>g-Werte der inneren Wassergewebe von *Sonneratia* und *Lumnitzera* hingegen liegen bedeutend unter denen der angrenzenden Gewebe. Die höchsten Werte besitzen auch hier die Palisaden, die geringsten die Epidermen (und Wassergewebe). Wir finden demnach bei den Mangroven im Prinzip dieselbe Verteilung der Grenzplasmolysewerte in den einzelnen Geweben des Laubblattes wie bei den anderen bisher gemessenen dikotylen Pflanzen mit flächenförmiger Spreite.

b) S<sub>z</sub>g in den Blättern von Mangroven des natürlichen Standortes.

*Sonneratia acida* befand sich in unmittelbarer Nähe eines Sandstrandes, der unter dem Einfluss des Süsswassers stand, das bei Flut durch das vom offenen Meer her einströmende Wasser konzentrierter wurde (vgl. II a). Diese, allerdings schwache Einwirkung des Meerwassers, äussert sich in allen Blattgeweben in einer, gegenüber Süsswasser, schwachen Erhöhung der S<sub>z</sub>g-Werte, wobei das Verhältnis aber dasselbe bleibt; die Palisaden zeigen die höchsten, die Wassergewebszellen die tiefsten Werte.

S<sub>z</sub>g in Mangroveblättern im Brack- und Meerwasser.

	Brackwasser		Meerwasser		
	<i>Sonneratia acida</i>		<i>Sonneratia albida</i>	<i>Rhizophora conjugata</i>	
	Atm.				
	I	II			
Obere Epidermis .	27,0	28,1	46,0	52,0	Obere Epidermis
Palisaden . . . .	38,8	ca. 34,6	ca. 100	30,4	Wassergewebe
Wassergewebe . .	25,9	25,9—28,1	46,0	ca. 90,5	Palisaden
Untere Epidermis .	28,1	29,2	46,0	55,4	Schwamm- parenchym
				52,0	Untere Epidermis

Am Standort von *Sonneratia albida* war kein einflussendes Süsswasser zu finden. Sie wuchs am Sandstrand, der mit Schlick vermischt war und selbst bei kleineren Fluten überschwemmt wurde. *Rhizophora conjugata* fand sich weiter im Meere draussen, und das Wasser war, wie

bei *Sonneratia*, unter dem alleinigen Einfluss des Meerwassers, das sich im Szg-Wert deutlich bemerkbar macht. Die Epidermiswerte steigen um etwa 20 Atm., die Palisaden auf etwa 100 Atm. Bei diesem hohen Wert handelt es sich um die oberste Palisadenreihe, während die Werte der inneren Palisadenzellen um etwa 10 Atm. tiefer liegen dürften. Die Werte der Schwammparenchymzellen sind so verteilt, dass sie von den Palisadenzellen an allmählich abnehmen und in Epidermisnähe beinahe den Epidermiswert erreichen, wie *Rhizophora* zeigt, dessen Schwammparenchym den Wert einer epidermisnahen Zelle darstellt. Wenn man die am Strand wachsende *Sonneratia* mit der im Meere stehenden *Rhizophora* vergleicht, kann man einen eindeutigen Unterschied in den Szg-Werten nicht erkennen, trotzdem erstere ein grosser Baum, letztere aber nur ein kaum 2 m hohes Bäumchen war.

Szg im Blatt von *Avicennia officinalis*.

	2. XII.			3. XII.			4. XII.		19. XII.		27. II.
	8 <sup>00</sup>	12 <sup>00</sup>	15 <sup>00</sup>	8 <sup>00</sup>	11 <sup>00</sup>	15 <sup>00</sup>	8 <sup>00</sup>	15 <sup>00</sup>	8 <sup>00</sup>	14 <sup>00</sup>	9 <sup>00</sup>
Ob. Epidermis .	46,0	52,0	55,4	55,4	66,6	62,7	55,4	52,0	58,9	58,9	52,0
Wassergewebe .	46,0	48,9	55,4	48,9	58,9	55,4	52,0	52,0	55,4	56,9	52,0
Palisaden . .	ca. 75,1	89,4	94,5	78,7	78,7	94,5	—	89,4	94,5	84,4	70,8
	Ebbe			Flut			Flut	Ebbe	Flut		Ebbe

Mehrfach und an mehreren aufeinanderfolgenden Tagen konnte *Avicennia officinalis* in der grossen Schlamm-Mangrove am Ausgang des Havenkanals im Westen von Batavia untersucht werden. Die ausgewachsenen Blätter stammen von einem etwa 5 m hohen Baum. Die Angaben unter « Wassergewebe » stellen Durchschnittswerte des mehrschichtigen Zellgewebes dar; bei den Palisaden wurde die dem Wassergewebe benachbarte Schicht gemessen. Die Zellen des Schwammparenchyms sind sehr klein; ihr Inhalt war schlecht sichtbar, so dass es nicht leicht war, genauere Angaben zu machen. Ihre Szg-Werte sind aber höher als die der oberen Epidermis. Die untere Epidermis konnte wegen der dichten Behaarung der Blattunterseite und der Struktur dieser Haare nicht gemessen werden. Einige Schwierigkeit bereitet bei allen drei gemessenen Geweben die richtige Angabe der Werte, weil diese in den Zellen desselben Gewebes und Schnittes sehr stark voneinander abweichen. So waren in der oberen Epidermis am 4. XII. 8<sup>00</sup> in 1,4 Mol die meisten Zellen plasmolysiert nach einer Stunde; nach zwei Stunden gab es aber immer noch Zellen, die in 1,65 Mol keine Plasmolyse zeigten. Dazu kommt noch die geringe Grösse der Epidermis- und Palisadenzellen, die eine gute Sichtbarkeit der Grenzplasmolyse sehr stark erschweren. Auch im Wassergewebe sind die Szg-Werte



selbst in benachbarten Zellen derselben Schicht sehr verschieden; so gab es am 2. XII. 8<sup>00</sup> Zellen, die schon in 0,95 Mol gute Plasmolyse zeigten, andere aber erst in 1,3 Mol. Plasmolyse wurde für ein ganzes Gewebe dann angenommen, wenn die Hälfte der Zellen deutlich plasmolysiert war. Es dürften daher die in obiger Tabelle auf diese Weise erhaltenen Zahlen einem ungefähren Mittel aller Zellen des Gewebes entsprechen, wobei man sich aber bewusst sein muss, dass sie in einzelnen Zellen des gleichen Gewebes nach oben und unten bis zu etwa 15 Atm. differieren können.

Aus den angegebenen Zahlen geht zunächst hervor, dass auch im Blatt von *Avicennia* die Verteilung der Szg-Werte dieselbe ist wie bei anderen Mangrovepflanzen; die höchsten Werte finden sich in den Palisaden, während die Epidermiszellen tiefe Werte zeigen. Ziemlich bedeutend sind die Schwankungen innerhalb desselben Gewebes; so liegt der kleinste Wert in der Epidermis bei 46 Atm., der grösste bei 66,6 Atm.; im Wassergewebe sind die Differenzen weniger gross, bei 46 bzw. 58,9 Atm., Zahlen, die mit den kleinsten und grössten Epidermiswerten korrespondieren. Wieder grösser sind die Unterschiede in den Palisaden, die von 75,1 bis 94,5 Atm. ansteigen. Die fortlaufenden Messungen und täglich wiederholt untersuchten Blätter zeigen auch eine deutliche Veränderung im Verlaufe eines Tages. Im allgemeinen ändern sich die Szg-Werte mit dem Sättigungsdefizit (siehe Tab. 2); doch sind die Abweichungen so, dass ein Einfluss eines anderen Faktors auf die Grösse von Szg deutlich ist, und das ist die Höhe des Wasserspiegels. Bei Ebbe sind die Werte durchwegs tiefer als bei Flut. Wir finden demnach in unserem Fall genau das Gegenteil von F a b e r (1923), der bei Ebbe etwa doppelt so hohe Werte angibt wie bei Flut. Diese verschiedenen Befunde hängen zusammen mit den Eigenheiten der Standorte und zum Teil auch mit dem angewandten Plasmolytikum. F a b e r mass seine Objekte am Rand von Koralleninseln, deren Boden bei Ebbe stark austrocknet. Die dadurch bedingte Erhöhung der Konzentration der Bodenlösung macht sich in der Pflanze durch eine Erhöhung von Og bemerkbar. Der Standort unserer *Avicennia* lag in der Nähe eines grösseren Flusses, der bei eintretender Ebbe dem Meer viel Süsswasser zuführte, das die Saugkraft des Bodens deutlich herunterdrückte (vgl. Tab. 5) und damit auch die Og-Werte der Blätter zum Fallen brachte. Zudem stand der Baum im dichten Wald, so dass der Boden wohl kaum austrocknen konnte.

Die Anwendung verschiedener Plasmolytika führt uns dazu, unsere Messungen noch etwas näher mit denen von F a b e r zu vergleichen. F a b e r hat zum erstenmal (1913 und 1923) versucht, bei Mangrovepflanzen den osmotischen Wert mit  $\text{KNO}_3$  zu bestimmen. Nach seinen Ausführungen muss man annehmen, dass sich seine Zahlen auf die Epidermis beziehen. Ein Vergleich unserer Werte mit denen von F a b e r



Szg (Atm.) obere Blattepidermis.

	Faber 1913 KNO <sub>3</sub>	Faber 1923 KNO <sub>3</sub>		Eigene Messungen Rohrzucker		
		Flut	Ebbe	Mittel aller Messungen	Mittel- werte Flut	Mittel- werte Ebbe
<i>Avicennia officinalis</i> . .	52	82	163,2	55,9	59,9	50,0
<i>Rhizophora conjugata</i> . .	58	77,8	148,4	52,0	48,4	55,0
<i>Sonneratia albida</i> . . .	64	—	—	46,0	—	—

ergibt eine ziemlich gute Uebereinstimmung in der Grössenordnung mit den Faberschen Angaben von 1913. Wenn das Verhalten von Szg bei *Avicennia* und *Rhizophora* bei Flut und Ebbe ein entgegengesetztes ist, so hängt das, wie schon oben betont wurde, mit dem an unserem *Avicenniastandort* einflussenden Süsswasser zusammen. Bei *Rhizophora* hingegen, wo eine Einwirkung des Süsswassers gar nicht in Frage kommt, fand ich bei Ebbe einen etwas höheren Wert als bei Flut. Diese Differenzen sind aber so gering, dass sie ebensogut Tagesschwankungen sein könnten und vor allem nicht zu vergleichen sind mit den Angaben Fabers vom Jahre 1923. Die Vermutung, es könnte sich hier um Scheinwerte handeln, die durch Permeieren des KNO<sub>3</sub> herrührten, scheint um so eher zuzutreffen, als ja schon andere Autoren, die mit KNO<sub>3</sub> operierten, an anderen Objekten unwahrscheinlich hohe Szg-Werte gefunden haben. Es war daher angezeigt, am Standort einige Versuche über die KNO<sub>3</sub>-Permeabilität zu machen. Sie zeigten folgendes Resultat (Szg von Rohrzucker und KNO<sub>3</sub> in Atm.) :

Vergleich von Rohrzucker und KNO<sub>3</sub> in Blattzellen von *Avicennia officinalis* (bei Flut).

1. XII.	9 <sup>00</sup>				13 <sup>00</sup>			
	Rohrzucker		KNO <sub>3</sub>		Nach 1 Stunde		Nach 2 Stunden	
	Nach 15 Min.	Nach 60 Min.	Nach 10 Min.	Nach 70 Min.	Rohr- zucker	KNO <sub>3</sub>	Rohr- zucker	KNO <sub>3</sub>
Obere Epidermis .	Keine Plasm.	52,0	46,5	61,1	62,7	ca.64,0	62,7	66,9
Wassergewebe . .	»	52,0	46,5	56,8	—	—	—	—
Palisaden . . . .	»	70,8	65,5	ca.72,5	75,1	ca.77,8	75,1	ca.79,0

Daraus ergibt sich eine deutliche Permeabilität von KNO<sub>3</sub>, die, wie aus dem ersten Versuch hervorgeht, in der Epidermis und im Wassergewebe besonders ausgeprägt ist und in der ersten Stunde bedeutende Werte erreichen kann. Dieser Versuch wurde bei leicht überschwemmtem Boden und bei schwacher Flut ausgeführt.

## II. Saugkraft von Blatt und Boden.

Die bisherigen Untersuchungen der osmotischen Zustandsgrössen an Mangrovepflanzen bezogen sich entweder auf den osmotischen Wert bei Grenzplasmolyse (F a b e r mit  $\text{KNO}_3$ ) oder auf Durchschnittswerte ganzer Organe von On, auf kryoskopischem Wege gemessen, S e n - G u p t a (5), W a l t e r (8, 9). Nach S e n - G u p t a haben überdies C o o p e r und P a s h a in einer mir nicht zugänglichen Zeitschrift Angaben über osmotischen Wert und Saugkraft einiger Mangrovepflanzen veröffentlicht.

Die im folgenden dargestellten Werte behandeln die für die Wasserversorgung massgebende Durchschnittssaugkraft des Blattes und die Saugkraft des Bodens in der Umgebung der Saugwurzeln. Viel aufschlussreicher und physiologisch wertvoller wären allerdings Messungen an einzelnen Zellen, vor allem der Saughaare der Wurzeln und der die letzten Gefässbündel begleitenden Parenchymzellen, der Epidermis, des Wassergewebes und der Palisaden des Blattes gewesen. Immerhin dürften auch die mit der Streifenmethode erhaltenen Durchschnittswerte einiges Interesse erwecken, nicht nur, weil sie die ersten dieser Art an Mangrovepflanzen sind, sondern auch, weil uns überhaupt über die Wasserversorgung dieser Pflanzen noch nicht sehr viel bekannt ist. Die Messungen wurden an sehr verschiedenen Stellen gemacht, am natürlichen Standort unter dem Einfluss des Meerwassers (Batavia, Pasir Poetih) oder in der Nähe des Brackwassers (Poeger) und im Buitenzorger Plantentuin, am Rand eines Süsswassers, dessen Saugkraft in der Nähe von Null war.

Beinahe alle Saugkraftmessungen wurden mit der Streifenmethode (U r s p r u n g , 6) an Blättern durchgeführt. Selbstverständlich stammen alle zu einer Messung notwendigen Streifen von demselben Blatt, was hier besonders notwendig ist, weil Blätter verschiedenen Alters ganz ungleich dick sind. Das war auch der Grund, weshalb zu vergleichenden Messungen gleich alte Blätter desselben Zweiges oder hintereinanderliegende Streifen desselben Blattes verwendet wurden.

Hier mögen noch einige Bemerkungen über die Methode beigelegt werden. Die Blätter der meisten Mangrovearten sind relativ dick und bestehen vielfach aus einer grossen Zahl von Zellschichten. Daher dauert die Zeit bis zur Erreichung des Gleichgewichtszustandes bedeutend länger als bei vielen anderen Pflanzen. Die Streifen mussten oft bis 2 Stunden in den Lösungen bleiben, in denen sie dann allerdings recht gut und vor allem auch eindeutig reagierten. Die Grösse des Ausschlages nimmt bei Blättern derselben Spezies mit zunehmendem Alter ab, wie ein Beispiel von *Avicennia officinalis* zeigt :



Ausgewachsenes Blatt.

Rohrzucker- konzentration in Mol	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,00	1,10	1,20	1,30
± in Teilstrichen des Okularmikro- meters . . . . .	+21	+9	+2	+1½	+1½	-3	-7	-10	-9

Junges Blatt desselben Zweiges.

Rohrzucker- konzentration in Mol	0,60	0,80	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60
± in Teilstrichen des Okularmikro- meters . . . . .	+31	+15	+7	-1	-7	-8	-11¼	-11	-16

Am grössten fand ich die Ausschläge bei Blättern von *Avicennia officinalis* vom natürlichen Standort, wie aus obiger Angabe hervorgeht und wie noch eine andere Messung beleuchten möge :

Längenänderung von Blattstreifen von *Avicennia officinalis* am natürlichen Standort.

Rohrzucker- konzentration	Längenänderung in	
	mm	Prozenten der Anfangslänge
0,20	+0,50	+3,3
0,40	+0,51	+2,9
0,60	+0,32	+2,0
0,80	+0,27	+1,8
1,00	+0,11	+0,8
1,10	+0,09	+0,6
1,20	+0,02	+0,1
1,30	-0,11	-0,7
1,40	-0,14	-1,0
1,60	-0,16	-1,4
1,80	-0,27	-1,9
2,00	-0,68	-4,9

Danach beträgt die gesamte Längenveränderung der Streifen über 8 % der ursprünglichen Länge. Ausserdem verlaufen die Aenderungen in den aufeinanderfolgenden Konzentrationsstufen sehr regelmässig, so dass die Grösse der Saugkraft eindeutig bestimmt ist. Die Blätter der andern untersuchten Arten geben meist bedeutend geringere Längenänderungen, wie aus Tabelle 1 hervorgeht, in der die Messungen der am natürlichen Standort und im Süsswasser kultivierten Pflanzen an-



Tabelle 1.

Grösste Längenänderungen der Blattstreifen in Prozenten der Anfangslänge.

	mm	Prozent	
<i>Avicennia officinalis</i> . .	1,18	8,2	Natürlicher Standort
<i>Sonneratia albida</i> . . .	0,91	7,4	» »
» <i>acida</i> . . . .	0,14	1,0	» »
<i>Rhizophora conjugata</i> .	0,40	3,0	Süsswasser
<i>Bruguiera eriopetala</i> . .	0,11	0,9	»
» <i>gymnorrhiza</i> .	0,23	1,7	»
<i>Lumnitzera racemosa</i> . .	0,25	2,3	»
<i>Sonneratia acida</i> . . . .	0,24	2,5	»

gegeben sind. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Längenänderungen sich nur auf die zur Verfügung stehenden Konzentrationen beziehen, etwa von 0,5 bis etwa 1,7 Mol Rohrzucker. Relativ kleine Längenänderungen zeigen vor allem die im Süsswasser kultivierten Pflanzen.

a) Saugkraft am natürlichen Standort.

Eine erste Reihe von Messungen, die an mehreren aufeinanderfolgenden Tagen ausgeführt werden konnten, stammt aus einem grösseren *Avicennia*-Wald im Westen des Havenkanals von Batavia. Aus dem ausgesprochenen Schlamm Boden ragen neben den dicken Stämmen der Avicennien nur deren schlanke Atemwurzeln heraus. Bei Flut war der Boden mit Meerwasser vollständig bedeckt, das beim Zurückgehen grössere und kleinere Wasserlachen zurückliess. Die meisten Bäume waren über 6 m hoch; einer von diesen, der im Wald und in der Nähe des Strandes stand, wurde zur Untersuchung benützt. Da die Saugkraft der Blätter mit zunehmender Höhe über dem Boden und mit zunehmendem Alter ansteigt, mussten zu vergleichenden Messungen möglichst gleich dicke Blätter in gleicher Höhe verwendet werden. Auch musste, besonders am Morgen, das an der Oberfläche der Blätter angesammelte, salzig schmeckende Wasser vor dem Einlegen entfernt werden.

Aus Tabelle 2 geht zunächst hervor, dass die Saugkraft der Blätter von *Avicennia officinalis* sehr hoch ansteigt, was, wie später begründet werden wird, offenbar eine Folge der hohen Saugkraft des Substrats ist. Weiter ist eine deutliche tägliche Periodizität der Saugkraft sichtbar, mit den höchsten Werten am Mittag zur Zeit des grössten Sättigungsdefizits, wenn keine Veränderung der Bodenoberfläche durch steigendes oder sinkendes Wasser stattfindet. Sobald aber der Boden vom einströmenden Meerwasser überdeckt wird, steigt die Saugkraft um mindestens 6 Atm. an (vgl. Messung vom 1. und 2. XII.), bei eintretender Ebbe oder bei schwacher Flut sinkt sie. Der äusserst tiefe Wert

Tabelle 2.  
Blatt von *Avicennia officinalis*.

Datum	Saugkraft in Atm.	Relative Feuchtigkeit in Prozenten	Sättigungs- defizit in g	
1.XII. 8 <sup>00</sup>	45,5	78	5,8	schwache Flut
11 <sup>00</sup>	51,6	70	8,9	
14 <sup>30</sup>	48,4	73	8,3	
2.XII. 8 <sup>00</sup>	39,8	81	4,8	Ebbe
11 <sup>00</sup>	45,5	73	8,5	
15 <sup>00</sup>	42,5	73	8,5	
3.XII. 8 <sup>00</sup>	48,4	85	4,0	Flut
11 <sup>00</sup>	42,5	70	9,1	Flut geht zurück
14 <sup>00</sup>	42,5	73	8,5	
4.XII. 8 <sup>00</sup>	48,4	85	4,0	Flut
13 <sup>00</sup>	42,5	79	6,4	Flut geht zurück
19.II. 8 <sup>00</sup>	42,5	85	5,8	schwache Flut
14 <sup>00</sup>	45,5	79	6,5	Wasser steigt
27.II. 9 <sup>00</sup>	34,6	88	3,1	Ebbe

vom 27. II. ist dem Einfluss der Ebbe bei gleichzeitigen Niederschlägen und damit besonders versüßtem Bodenwasser zuzuschreiben. Der Einfluss des Salzwassers ist so stark, dass sie die relativ schwache Wirkung des Sättigungsdefizits der Luft überdeckt (Messung vom 3. und 4. XII.).

Ein ganz anderes Bild der Wirkung von Ebbe und Flut auf die Saugkraft des Blattes ergibt sich aus Tabelle 3 an *Sonneratia albida* und *Rhizophora conjugata* in der Nähe von Pasir Poetih an der Nordküste Javas. Hier finden wir bei ersterer die höheren Werte zur Zeit der Ebbe, während bei überflutetem Boden die Saugkraft um etwa 5 Atm. sinkt (vgl. Messungen vom 17. und 18. X. morgens) bei sozusagen gleichen atmosphärischen Verhältnissen. Das entgegengesetzte Verhalten der Blattsaugkraft bei Flut und Ebbe in Batavia und in Ostjava beruht allein auf dem wechselnden Einfluss des Meer- und Süßwassers auf den Boden. Bei Batavia lag die Meßstelle kaum 100 Meter von der Einmündung des Havenkanals ins Meer entfernt. Bei beginnender Ebbe konnte somit das aus dem Havenkanal einfließende Süßwasser das Meerwasser und mit diesem auch das Bodenwasser unseres Standortes verdünnen (vgl. Tab. 5) und dadurch die Saugkraft des Blattes herabsetzen. Die Saugkraft des Bodens sinkt von der Flut zur Ebbe um etwa 5 Atm., was eine Senkung der Blattsaugkraft bei *Avicennia* um einen ähnlichen Betrag bewirkt. Bei der Meßstelle in Ostjava



Tabelle 3.  
Blattsaugkraft einiger Mangrovepflanzen in Ostjava.

	Datum	Saugkraft in Atm.	Sättigungs- defizit	
<b>Pasir Poetih</b>				
<i>Sonneratia albida</i> . .	17.X. 7 <sup>00</sup>	34,6	6,0	Ebbe
	13 <sup>00</sup>	39,8	9,0	
	14 <sup>30</sup>	42,5	12,6	
	18.X. 6 <sup>00</sup>	29,7	7,7	Flut Flut geht zurück
	11 <sup>00</sup>	33,4	8,3	
	14 <sup>00</sup>	34,6	18,8	
	17 <sup>00</sup>	33,4	13,1	
22.X. 12 <sup>30</sup>	39,8	9,0	Ebbe	
<i>Rhizophora conjugata</i>	20.X. 7 <sup>00</sup>	29,7	7,7	Flut
	10 <sup>30</sup>	37,2	8,0	
	17 <sup>00</sup>	33,4	6,0	
	21.X. 8 <sup>00</sup>	30,6	6,0	Flut Um 12 <sup>00</sup> schwacher Regen
	15 <sup>00</sup>	27,6	3,8	
	22.X. 8 <sup>00</sup>	29,7	4,5	Ebbe
<b>Poeger</b>				
<i>Sonneratia acida</i> . .	29.X. 8 <sup>00</sup>	27,6	2,9	Flut Flut geht zurück
	9 <sup>00</sup>	22,5	6,4	
	11 <sup>00</sup>	22,5	8,0	
	30.X. 6 <sup>00</sup>	21,5	2,9	Ebbe
	10 <sup>00</sup>	23,4	4,0	
	15 <sup>00</sup>	24,5	6,5	

hingegen mündete erst in der Entfernung von einigen Kilometern ein grösserer Bach ins Meer, so dass zur Zeit der Ebbe von einer Verdünnung des Meerwassers in der Nähe der gemessenen *Sonneratia* keine Rede sein konnte. Zudem war die Oberfläche des Strandes, an dem der untersuchte Baum stand, ein feiner Sandboden, der beim Zurückgehen der Flut rasch austrocknete und dadurch die Bodensaugkraft ansteigen liess. Die Differenz der Blattsaugkräfte zwischen Ebbe und Flut beträgt bei sonst ähnlichen atmosphärischen Verhältnissen auch bei *Sonneratia albida* etwa 5 Atm. Dass höhere Werte bei Ebbe und tiefere bei Flut als das normale Verhalten typischer Mangrovepflanzen auf festem Strand, die nur dem Einfluss des Meerwassers mit regelmässigem Steigen und Fallen des Wasserspiegels ausgesetzt sind, angesehen werden darf, zeigt die im Meer wachsende *Rhizophora conjugata*. Auch hier wurde das Blatt bei Ebbe und Flut untersucht; trotzdem ist ein Einfluss



der Gezeiten nicht bemerkbar. Die Wurzeln waren auch bei tiefster Ebbe im Wasser untergetaucht; eine Aenderung der Bodensaugkraft und mit ihr der Blattsaugkraft konnte somit gar nicht in Frage kommen. Dass aber die Blätter gegenüber den Aussenfaktoren nicht unempfindlich sind, zeigt die Tagesperiode vom 20. X., die im gleichen Sinne verläuft wie das Sättigungsdefizit der Luft und besonders der Einfluss eines schwachen Regens am 21. X., der die Blattsaugkraft um 3 Atm. sinken liess, während derselbe Regen beim xeromorphen Blatt vom in der Nähe auf dem Sandstrand wachsenden *Acanthus ilicifolius* gar keinen Einfluss erkennen liess, indem die Blattsaugkraft vor und nach Regen 34,6 Atm. betrug.

Einen ähnlichen Einfluss des Sättigungsdefizits finden wir bei *Sonneratia albida*, indem auch hier bei gleichbleibenden Bodenverhältnissen die Saugkraft des Blattes am Morgen tief, am oder nach Mittag am höchsten ist und gegen Abend wieder fällt.

Wiederum ein anderes Verhalten der Blattsaugkraft findet sich bei *Sonneratia acida*, deren Werte zum Teil schon früher (2) mitgeteilt wurden, und wo auch die Beschreibung des Standortes nachgesehen werden kann. Wesentlich für das Verständnis des Verhaltens der Blattsaugkraft sind wieder die Wasserverhältnisse des Bodens. Der untersuchte Baum stand am Sandstrand eines zu einer Lagune erweiterten Ausflusses eines ansehnlichen Flusses, des Kali Poeger. Etwa 200 m weiter unten war diese Wasserfläche durch eine schmale Rinne mit dem offenen Meer verbunden, so dass bei steigender Flut das sich anstauende Süsswasser in den Fluss zurückgetrieben wurde, eine Vermischung von Süss- und Meerwasser nach sich zog, den Standort der *Sonneratia* erreichte und einen grossen Teil der Atemwurzeln unseres Baumes bedeckte. Beim Zurückgehen der Flut strömte das Süsswasser wieder in umgekehrter Richtung dem Meere zu. Der Boden musste demnach einer mit Flut und Ebbe wechselnden Salzkonzentration unterworfen sein, wie aus Tabelle 5 hervorgeht. Die Saugkraft des Bodens in der Nähe der Saugwurzeln war bei Ebbe etwa 3,3, bei Flut etwa 5,5 Atm. Dieser Wechsel der Bodensaugkraft wirkte sich so auf die Blattsaugkraft aus, dass sie bei Flut um etwa 6 Atm. höher lag als bei Ebbe. Wir haben hier demnach im Gegensatz zu *Sonneratia albida*, bei der sich nur der Einfluss des Meerwassers bemerkbar machen konnte, ähnliche Verhältnisse wie bei *Avicennia officinalis*, hohe Werte bei Flut, tiefe bei Ebbe. Während aber bei *Avicennia* der Einfluss des Meerwassers bei weitem überwiegt, was durch die hohen Blattsaugkräfte angezeigt wird, herrscht bei *Sonneratia acida* der Einfluss des Süsswassers vor, was aus den tiefen Bodensaugkräften und den von diesen abhängigen tiefen Blattsaugkräften geschlossen werden kann.

b) Saugkraft an im Süßwasser kultivierten Mangroven.

Es handelt sich hier um Arten, die in der Nähe eines Süßwasser-  
teiches im Botanischen Garten in Buitenzorg angepflanzt sind. Von den  
am natürlichen Standort gemessenen Arten war hier nur *Sonneratia*  
*acida* zu finden, die an der Südküste in Ostjava am Brackwasser unter-  
sucht wurde. Es waren kleinere oder auch grössere Bäume, an denen  
zur Messung wieder ausgewachsene, aber nicht zu alte Blätter ver-  
wendet wurden. Auch im Süßwasser finden wir wieder eine Aenderung  
der Blattsaugkraft während des Tages, die im gleichen Sinne verläuft  
wie das Sättigungsdefizit der Luft, besonders deutlich bei *Sonneratia*  
*acida*, aber auch bei *Lumnitzera racemosa* und bei *Bruguiera eriopetala*.

Tabelle 4.

Blattsaugkraft von am Süßwasser kultivierten Mangroven.

	Datum	Saugkraft in Atm.	Sättigungs- defizit der Luft
<i>Sonneratia acida</i> . . .	25.VIII. 11 <sup>00</sup>	17,8	—
	22.IX. 7 <sup>30</sup>	20,6	4,9
		21,5	13,2
		18,7	9,8
		16,9	3,3
	21.XI. 12 <sup>00</sup>	22,5	13,9
	26.II. 10 <sup>00</sup>	20,6	5,0
<i>Lumnitzera racemosa</i> . .	25.VIII. 11 <sup>00</sup>	22,5	—
	22.IX. 12 <sup>00</sup>	21,5	13,2
		21,5	10,9
		19,6	3,3
<i>Bruguiera eriopetala</i> . .	25.VIII. 11 <sup>00</sup>	22,5	—
	19.IX. 7 <sup>00</sup>	27,6	—
	22.IX. 7 <sup>00</sup>	25,5	3,8
		28,6	10,3
		23,4	3,3
<i>B. gymnorrhiza</i> . . . .	25.VIII. 11 <sup>00</sup>	29,7	—
	21.II. 10 <sup>00</sup>	27,6	—

Die Werte der in Buitenzorg untersuchten Pflanzen liegen ziemlich  
tief; sie schwanken im allgemeinen zwischen 18 und 25 Atm. Die *Bru-*  
*guiera*arten scheinen etwas höhere Saugkräfte zu besitzen als *Lum-*  
*nitzera* und *Sonneratia*. Bei letzterer liegen die Werte zwischen 16,9  
und 22,5 Atm., während sie im Brackwasser des natürlichen Standortes  
zwischen 21,5 und 27,6 Atm. schwankten. Dabei ist aber zu berücksich-



tigen, dass selbstverständlich in beiden Fällen die wenigen Messungen weder die untere noch die obere Grenze der Blattsaugkraft erreicht haben werden.

Anschliessend seien noch einige Messungen des Blattes angeführt, die sich auf hohe oder tiefe Werte beziehen. So wurden mehrmals zur selben Zeit junge und ältere Blätter in möglichster Nähe voneinander und an demselben Zweig miteinander verglichen. Es zeigte sich dabei immer die von andern Pflanzen oft abweichende Tatsache, dass hier jüngere Blätter kleinere Durchschnittswerte besitzen als ältere.

Saugkraft junger und alter Blätter desselben Zweiges.

	Junges Blatt	Ausgewachsenes Blatt
<i>Sonneratia acida</i> . . . .	14,5	18,7
<i>Lumnitzera racemosa</i> . .	19,6	21,5
<i>Avicennia officinalis</i> . .	37,2	42,5

Die Saugkraft des Blattes steigt nicht bloss mit zunehmendem Alter an, sondern auch mit grösserem Abstand vom Boden. Beim Vergleich der Saugkraft in verschiedenen Höhen wurden gleich grosse Blätter gemessen, die zudem dieselbe Lage gegen das einfallende Licht hatten. Um die Saugkraftdifferenzen recht deutlich zu gestalten, untersuchte ich die Blätter um die Mittagszeit. Aus dieser Zusammenstellung geht hervor, dass die Saugkraftdifferenzen trotz beträchtlichem Längenunterschied der Leitbahnen nicht so gross sind, wie die junger und alter Blätter. Die Saugkraft pro Meter Leitbahn ist einerseits fast dieselbe bei den *Sonneratien*, andererseits bei *Avicennia*, *Bruguiera* und *Rhizophora*, bei denen sie doppelt so gross ist.

Saugkraft des Blattes in verschiedener Höhe über dem Boden.

	Länge der Leitbahnen über dem Boden		Saugkraft in Atm.		Differenz pro m
			unten	oben	
<i>Sonneratia acida</i> . . . .	6 m	16 m	22,5	25,5	0,3 Atm.
» <i>albida</i> . . . .	8 m	18 m	33,4	35,9	0,25 »
<i>Avicennia officinalis</i> . .	4 ½ m	10 m	42,5	45,5	0,54 »
<i>Bruguiera gymnorhiza</i> .	4 ½ m	10 m	27,6	30,9	0,6 »
<i>Rhizophora conjugata</i> .	2 m	4 m	33,4	34,6	0,6 »

Dass Blätter auch imstande sind, weit höhere Werte, als die bis jetzt besprochenen, anzunehmen, zeigten einige Austrocknungsversuche. Sie wurden in einfacher Weise so angestellt, dass ein Blatt eines ab-



Saugkraft frischer und welker Blätter.

	Saugkraft in Atm.	
	frisch	welk
<i>Sonneratia albida</i> . . .	34,6	45,4
<i>Avicennia officinalis</i> . .	39,8	48,4
<i>Lumnitzera racemosa</i> . .	21,5	25,5

geschnittenen Zweiges sofort zur Untersuchung gelangte, während der Zweig frei an der Luft so lange aufgehängt wurde, bis die Blätter leicht schlaff geworden waren. Nach etwa 2 oder 3 Stunden kam ein solches welk gewordenes Blatt zur Untersuchung. Dabei zeigten alle Zellen der untersuchten Blattgewebe Plasmolyse und Deplasmolyse. Trotzdem die welken Blätter sehr hohe Werte zeigten, haben sie offenbar noch nicht die maximal mögliche Saugkraft erreicht.

c) Vergleich der Saugkraft von Boden und Blatt.

Zur Beurteilung der Kräfte, die eine Pflanze braucht, um ihr Wasser von der Wurzel bis ins Blatt steigen zu lassen, ist neben dem Leitungswiderstand die Kenntnis der Saugkraftdifferenz Saughaar—Blatt notwendig. Bei der Mangrove interessiert vor allem auch die Saugkraft des absorbierenden Wurzelhaares, da die meisten Vertreter dieser Formation in einem Substrat leben, das der Wasseraufnahme einen grossen Widerstand entgegensetzt. Leider war es mit den mir zur Verfügung stehenden Mitteln nicht möglich, die Saugkraft der Wurzelhaare zu ermitteln. Hingegen gelang es mir öfters als ich voraussetzen konnte, mit Hilfe der Kapillarmethode (7) die Saugkraft des in der Nähe der Wurzelhaare liegenden Wassers und diejenige des Bodens in der Umgebung der Rhizosphäre zu bestimmen. Bei diesen Messungen der Substratsaugkraft auf freiem Feld musste ich besondere Massnahmen treffen, um eine Kondensation innerhalb der Exsikkatoren, die vor allem an der Innenseite des Deckels und auf den kapillaren Röhren sich bemerkbar macht, zu verhindern. Im Buitenzoger Garten führte ich diese Versuche im Laboratorium aus. Im freien Feld aber musste ich diese Glasschälchen in eine Kartonschachtel einpacken, die selbst wieder, umhüllt von zusammengeknülltem Papier, in eine Blechschachtel gelegt wurde. Das Ganze wurde über Nacht im Boden eingegraben, gut zugedeckt, um am folgenden Tag wieder untersucht zu werden. Auf diese Weise gelang es mir in den meisten Fällen, eine die Ablesung der Kapillaren im Innern der Exsikkatoren störende Kondensation des Wassers zu verhindern.

Die Resultate finden sich in Tabelle 5. Die Saugkraft des Substrats und diejenige des Blattes wurden gleichzeitig untersucht. Die Saugkraft

reinen Meerwassers war in Ost- und in Westjava gleich gross; sie schwankt ganz wenig und liegt bei etwa 22 bis 23 Atm.; ähnliche Werte werden für Meerwasser angegeben bei Sen-Gupta (5) und Walter (9). Aus Zahlen, die unter diesen Werten liegen, ersieht man sofort den Einfluss des bei Ebbe einströmenden Süswassers, das am *Avicennia*-Standort die Saugkraft des Wassers um 5 und mehr Atm. herunterdrückt. Sehr deutlich erkennt man die Verdünnung des Meerwassers in der Messung vom 27. II. gegen das Ende der Regenzeit bei gleichzeitiger starker Ebbe, wo zur Wirkung des einströmenden Süsw-

Tabelle 5.  
Vergleich der Saugkraft von Substrat und Blatt.

Pflanze	Datum	Saugkraft in Atm.		Saug- kraft- diffe- renz	Art des Substrats
		Blatt	Substrat		
<b>Natürlicher Standort</b>					
<i>Avicennia officinalis</i> . . . (Batavia)	1. XII.	45,5	23,4	22,1	Meerwasser, Flut
	2. XII.	39,8	18,7	21,1	» Ebbe
	3. XII.	42,5	23,4	19,1	» Flut
	19. XII.	42,5	19,6	22,9	Schlamm
		45,5	22,5	23,0	Meerwasser
	27. II.	34,6	16,0	(18,6)	» Ebbe
			12,7	21,9	Schlamm
<i>Sonneratia albida</i> . . . . (Pasir Poetih)	17. X.	34,6	23,4	11,2	Meerwasser
			21,5	13,1	Sand 20—30 cm tief
	22. X.	39,8	22,5	17,3	» 20—30 cm »
<i>Rhizophora conjugata</i> . . . (Pasir Poetih)	20. X.	33,4	22,5	10,9	Meerwasser
<i>Sonneratia acida</i> . . . . (Poeger)	29. X.	27,6	5,3	22,3	Brackwasser
			5,3	22,3	Schlick
	30. X.	21,5	3,3	18,2	Brackwasser
			3,3	18,2	Schlick
<b>Buitenzorger Garten</b>					
<i>Sonneratia acida</i> . . . .	22. IX.	20,6	0,3	20,4	Süswasser od. Schlamm
			18,7	0,3	18,4
	21. III.	22,5	0,7	21,8	» » »
		20,6	0,3	20,3	» » »
<i>Lumnitzera racemosa</i> . . .	22. IX.	19,6	0,3	19,3	» » »
<i>Bruguiera eriopetala</i> . . .	22. IX.	23,4	0,3	23,1	» » »
» <i>gymnorhiza</i> . . . .	21. II.	27,6	0,3	26,3	» » »



wassers noch diejenige des Regens dazu kommt, was beim Vergleich Saugkraft Meerwasser und Saugkraft Schlick bei der Rhizosphäre der *Avicenniasaugwurzeln* besonders zum Ausdruck gelangt. Während das Meerwasser noch eine Saugkraft von 16,0 Atm. aufweist, beträgt sie im Schlamm in Wurzelnähe nur noch 12,7 Atm., und die Folge davon ist die ausserordentlich starke Erniedrigung der Blattsaugkraft auf 34,6 Atm.; die Differenz Saugkraft Boden—Blatt von etwa 20 Atm. wird aber beibehalten. Den umgekehrten Fall haben wir in der Lagune von Poeger vor uns, wo das Süsswasser ins Meer fliesst, dessen Saugkraft aber durch die einströmende Flut um 2 Atm. erhöht wird. Im Süsswasserteich des Buitenzorger Gartens lag die Saugkraft des Wassers und der die Saugwurzeln umgebenden Erde in der Regel bei etwa 0,3 Atm.

Besonders am Beispiel von *Avicennia*, aber auch bei *Sonneratia acida*, sieht man deutlich, dass einer tieferen Saugkraft des Bodens auch eine tiefere Blattsaugkraft entspricht. Die Folge davon ist dieselbe Grössenordnung der Differenz Blatt—Bodensaugkraft, die von Art zu Art verschieden, bei derselben Art aber innert nicht allzu grossen Grenzen schwankt. Besonders gross ist sie bei den höheren Bäumen, unverhältnismässig klein bei *Sonneratia albida*, die doch auch ein grosser Baum war. Bei *Rhizophora conjugata* betrug die Länge der Leitbahn nur etwa 4 m, womit die kleine Differenz Wasser—Blatt verständlich wird.

Zum Schluss seien noch einige Versuche mitgeteilt, in denen die Saugkraft von Blattstreifen gleichzeitig mit Rohrzucker und Kaliumnitrat gemessen wurde. Dabei blieben die Stücke etwa 1 ½ Stunden in den Lösungen. Die in KNO<sub>3</sub>-Lösungen liegenden Blattstreifen zeigen in allen Blättern höhere Werte als die in Rohrzucker gemessenen. Daraus geht hervor, dass KNO<sub>3</sub> in die Blattzellen permeiert und, wie es den Anschein hat, bei verschiedenen Arten und Standorten nicht in derselben Masse. Daraus geht wieder, wie schon bei der Besprechung des osmotischen Wertes betont worden war, die besondere Eignung des

Saugkraft von Blattstreifen in Lösungen von Rohrzucker und KNO<sub>3</sub>.

	Rohrzucker	KNO <sub>3</sub>
<i>Avicennia officinalis</i> , natürlicher Standort . . .	35,7 Atm.	38,8
<i>Sonneratia albida</i> , natürlicher Standort . . . . .	39,8 »	42,0
» » » » . . . . .	39,8 »	43,5
» <i>acida</i> , Süsswasser . . . . .	22,5 »	33,9
<i>Bruguiera eriopetala</i> , Süsswasser . . . . .	25,5 »	30,5
» <i>gymnorrhiza</i> , Süsswasser . . . . .	27,6 »	30,5

Rohrzuckers als Plasmolytikum, sowie zu Saugkraftuntersuchungen auch bei Mangroven um so mehr hervor, als mit Rohrzucker niemals störende Einflüsse bemerkt werden konnten.

### III. Zusammenfassung und Ueberblick.

An Mangrovepflanzen verschiedener natürlicher Standorte und im Süßwasser des Buitenzorger Gartens wurden die Saugkraft des Blattes (Streifen) sowie des Substrats in der Umgebung der Saugwurzeln und die Saugkraft der Zelle bei Grenzplasmolyse in Blattzellen gemessen. Die Resultate für die Saugkraft von Boden und Blatt sind in mittleren auf- oder abgerundeten Zahlen (die genauen Werte möge man in den Tabellen nachsehen) die folgenden :

Saugkraft des Blattes und des Substrates.

	Saugkraft in Atm.		
	Blatt	Boden	Differenz
<b>a) Mangroven.</b>			
<i>Avicennia officinalis</i> , natürlicher Standort			
unter alleinigem Einfluss des Meerwassers . . . .	45	23	22
unter Einfluss des Süßwassers bei Ebbe . . . .	40	18	22
<i>Sonneratia</i> , Sandstrand, natürlicher Standort			
bei Flut unter dem Einfluss des Meerwassers . .	34	—	—
bei Ebbe bei austrocknendem Boden . . . . .	40	23	17
<i>Sonneratia</i> im Brackwasser			
bei vorherrschendem Süßwasser . . . . .	23	3,3	20
bei Flut und Konzentration des Süßwassers . .	27	5,5	21
im Süßwasser . . . . .	20	0,3	20
<i>Rhizophora</i> , natürlicher Standort, Meerwasser . .	31	23	8
<i>Bruquiera</i> im Süßwasser . . . . .	25	0,3	25
<i>Acanthus ilicifolius</i> , natürlicher Standort, Festland	30	10	20
<b>b) Nichtmangroven auf benachbartem Festland.</b>			
<i>Excoecaria Agallocha</i> . . . . .	27	} 3—5 {	20
<i>Hibiscus tiliaceus</i> . . . . .	25		20
<i>Wedelia biflora</i> (Kraut) . . . . .	15		10

Daraus folgt zunächst, dass die Saugkraftdifferenz Boden—Blatt bei allen Mangrovearten ungefähr dieselbe ist und bei etwa 20 Atm. liegt. Wenn sie bei *Rhizophora* nur 8 Atm. beträgt, so hängt dies damit zusammen, dass die Blätter des kleinen Bäumchens in nur etwa 2 m Höhe gemessen wurden. Vergleichen wir mit den Mangroven andere Pflanzen in der Nähe der Mangrove, aber, mit Ausnahme des Bodens,



unter, soweit es in der Natur möglich ist, ähnlichen Aussenbedingungen, so findet man bei Bäumen dieselben Saugkraftdifferenzen Boden—Blatt von 20 Atm., bei niederen Kräutern von 10 Atm. Die Differenz Boden—Blatt ist demnach bei Mangrovepflanzen c. p. dieselbe wie bei Nichtmangroven ähnlicher Grösse. Der Unterschied der Mangroven von Pflanzen anderer Formationen liegt in ihrer hohen Blattsaugkraft, wie aus folgendem Vergleich hervorgeht :

Blattsaugkraft von Mangroven und Nichtmangroven.

	Saugkraft in Atm.			
	Mittlere Saugkraft	Minimum	Maximum	Boden
Mangroven unter dem Einfluss des Meerwassers . . . . .	39,3	27,6	51,6	20
» am Brackwasser . . . . .	23,5	21,5	27,6	4
» » Süsswasser . . . . .	21,8	16,9	29,7	0,3
Kleine Bäume des Regenwaldes . . . . .	13,0	2,6	25,5	0,3
Hohe » » » . . . . .	15,1	8,1	30,9	0,3
» » » offenen Standortes . . . . .	17,7	4,0	34,6	5
Epiphyten des Urwaldes				
ohne Wassergewebe . . . . .	16,4	9,6	23,4	
mit » . . . . .	8,4	2,6	14,3	

Hiernach heben sich die Mangrovepflanzen von allen andern ab durch hohe Saugkräfte. Sie übersteigen um ein Bedeutendes die Epiphyten des Urwaldes, trotzdem diese doch auch vielfach, besonders an regenfreien Tagen, in einer trockenen Atmosphäre leben. Auch die hohen Bäume des Regenwaldes mit ihren langen Leitbahnen und die freistehenden Bäume bleiben um mehr als die Hälfte hinter den Mangroven des Meerstrandes zurück.

Diese hohe Blattsaugkraft der Mangrovepflanzen ist eine direkte Folge der hohen Saugkraft des Substrats. Sobald die Saugkraft des Bodens von 20 auf 4 Atm. zurückgeht, sinkt auch die Blattsaugkraft um einen ähnlichen Betrag, und im Süsswasser mit einer Saugkraft in der Nähe von Null geht das Blatt noch weiter herunter. Auch am natürlichen Standort kann man den Einfluss der Konzentration auf die Saugkraft der Blätter verfolgen. Unter dem ausschliesslichen Einfluss des Meerwassers, dessen Saugkraft etwa 23 Atm. beträgt, ist die Blattsaugkraft von *Avicennia officinalis* etwa 45 Atm. Sinkt die Saugkraft des Wassers bei Ebbe von 23 auf 18 Atm., so sinkt auch die Saugkraft des Blattes im Durchschnitt um etwa 5 Atm., und wird das Wasser in ausserordentlich starkem Mass verdünnt, bei starker Ebbe und gleichzeitigem Dauerregen, so fällt die Saugkraft des Blattes derselben *Avicennia* auf 34 Atm.

Bei diesem ausschlaggebenden Einfluss des Bodens auf die Grösse der Blattsaugkraft musste es interessant sein, bei gleichbleibenden Bodenverhältnissen die Blattsaugkraft im Verlaufe eines Tages zu messen. Bei Landpflanzen richtet sich die Blattsaugkraft bei nicht zu extremen Verhältnissen des Bodens, besonders an sonnigen Tagen, fast durchwegs nach dem Sättigungsdefizit der Luft, so dass man mit Recht von einer Tagesperiodizität der Saugkraft gesprochen hat. Wie steht es mit dieser täglichen Periodizität bei den Mangroven? Bei *Avicennia officinalis*, die ich sechsmal untersuchte, findet sich nach Tab. 2 eine deutliche Tagesperiode bei gleichbleibender Bodenkonzentration (Ebbe oder Flut) vor, die sich auch hier im allgemeinen nach dem Sättigungsdefizit der Luft richtet. Die Aenderungen der Saugkraft des Blattes im Verlaufe eines Tages sind nicht sehr gross und nicht immer sehr regelmässig, was weiter nicht verwunderlich ist bei dem im Wald stehenden Exemplar, in dessen Innern der Baumkrone die Lufttemperatur zwischen 25 und 29° und die relative Feuchtigkeit der Luft zwischen 75 und 90 Prozent schwankte. Die freistehenden Sonneratien zeigen ebenfalls deutliche periodische Saugkraftschwankungen während des Tages, die aber auch hier relativ gering sind.

Einen grösseren Einfluss auf die Blattsaugkraft hat der Wechsel von Flut und Ebbe, der nach der Lage des Standortes und nach der Veränderung der Konzentration des Meerwassers verschieden sein kann. An Stellen, an denen sich nur die Wirkung des Meerwassers bemerkbar machen kann, steigt die Saugkraft bei Ebbe infolge austrocknenden Bodens an (*Sonneratia* bei Pasir Poetih), bei eintretender Flut sinkt sie wieder (Tabelle 3). In der Nähe von Flussmündungen, wo bei starker Ebbe das Süsswasser ins Meer abfliessen kann und dadurch eine Herabsetzung der Substratskonzentration eintritt, verhält sich die Saugkraft des Blattes und des Bodens umgekehrt: bei Ebbe fällt die Saugkraft, bei Flut steigt sie an (Tabelle 2).

Was die Saugkraft der Zelle bei Grenzplasmolyse betrifft, sei hier nur erwähnt, dass deren Verteilung im Blatt dieselbe ist, wie in den meisten dikotylen Laubblättern mit flächenförmiger Spreite, indem die höchsten Werte in den Zellen der Palisaden, die tiefsten in Epidermis und Wassergewebe gefunden werden.

Unsere, für diese Grösse gefundenen Zahlen liegen tiefer als die seinerzeit von F a b e r (1913, 1923) mit  $\text{KNO}_3$  ermittelten Werte. F a b e r gab für die Epidermis von *Avicennia* Werte zwischen 52 und 68 Atm., später sogar bis über 160 Atm. an, während die mit Rohrzucker bestimmten Werte im Mittel bei etwa 55 Atm. liegen. Wenn man eine Epidermis- oder Wassergewebszelle von *Avicennia* in  $\text{KNO}_3$  untersucht, so findet man in einem bestimmten Fall nach 10 Minuten einen osmotischen Wert von 1,10 Mol  $\text{KNO}_3$ , nach etwas über einer Stunde aber 1,6 Mol  $\text{KNO}_3$  in der Epidermis und etwa 1,45 Mol  $\text{KNO}_3$  im Wasser-



gewebe, während Og im Rohrzucker während dieser Zeit konstant bleibt. Die Zellen sind also für  $\text{KNO}_3$ , übrigens, wie mir scheint, in etwas verschiedenem Masse, permeabel, und daher ist es auch verständlich, dass Faber mit  $\text{KNO}_3$  höhere Werte finden musste.

Auch die Saugkraft der Zelle bei Grenzplasmolyse ist, wie die Saugkraft des Blattes, bei den Mangroven höher als bei den Vertretern anderer in Java gemessenen Formationen. Entscheidend aber ist die Saugkraft des Blattes, die, wie früher bemerkt wurde, um so höher steigt, je konzentrierter die Bodenlösung ist. Da aber die Saugkraft des Bodens bei denjenigen Mangroven, die unter dem Einfluss des Meerwassers stehen, bei etwa 20 Atm. liegt, ist es begreiflich, dass man in den Blättern dieser Pflanzen Saugkräfte findet, die im Mittel etwa 40 Atm. erreichen und damit die höchsten Werte darstellen, die bis anhin in den feuchten Tropen gemessen wurden.

---

#### Literatur.

1. Blum, G., 1933. Osmotische Untersuchungen in Java I. Ber. d. Schweiz. Bot. Ges. **42**, 550—680.
  2. — 1937. Dasselbe II. Ber. d. Schweiz. Bot. Ges. **47**, 400—416.
  3. Faber, F. C. von, 1913. Ueber Transpiration und osmotischen Druck bei Mangroven. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. **31**, 277—281.
  4. — 1923. Zur Physiologie der Mangroven. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. **41**, 227—234.
  5. Sen-Gupta, Jatis, 1935. Die osmotischen Verhältnisse bei einigen Pflanzen in Bengal (Indien). Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. **53**, 783—795.
  6. Ursprung, A., 1923. Zur Kenntnis der Saugkraft VII: Eine neue Methode... Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. **41**.
  7. — und Blum, G., 1930. Zwei neue Saugkraft-Messmethoden. Jahrb. f. wiss. Bot. **72**, 254—334.
  8. Walter, H., 1936. Ueber den Wasserhaushalt der Mangrovepflanzen. Rübelfestschrift. Ber. d. Schweiz. Bot. Ges. **46**, 217—228. Vorläufige Mitteilung.
  9. — und Steiner, M., 1936. Die Oekologie der Ost-Afrikanischen Mangroven. Zeitschr. f. Bot. **30**, 65—193.
-