

Untersuchungen über den Refraktometerwert und das spezifische Gewicht des Zellsaftes

Autor(en): **Schläfli, August**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft**

Band (Jahr): **39 (1966)**

PDF erstellt am: **17.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-594023>

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.

Untersuchungen über den Refraktometerwert und das spezifische Gewicht des Zellsaftes¹

Von Dr. August Schläfli, Frauenfeld

DK 576.311.3

Einleitung

In der Erforschung der osmotischen Zustandsgrößen der Pflanzenzelle lassen sich gegenwärtig zwei Tendenzen feststellen: Auf der einen Seite Rückkehr zu den schwierigen Saugkraftmessungen und damit die «Neuentdeckung» der Saugkraft (Sz) als die verantwortliche Größe für die Wasserhältnisse in der Zelle; auf der anderen Seite eine vor allem für praktische Zwecke nötige Vereinfachung der Methoden, mit denen dann aber keine reale osmotische Zustandsgröße, wie sie die Saugkraftgleichung angibt, gemessen wird. (Saugkraftgleichung nach *Ursprung*: Saugkraft der Zelle = Saugkraft des Zellinhaltes — Wanddruck oder $Sz = Si - W$.) Folgende zwei Verfahren mögen als Beispiele die angeführten Forschungsrichtungen deutlich machen.

a) Die *Refraktometermethode* nach *Maximow* (vergleiche *Ashby* und *Wolf*, 1947) versucht durch Bestimmen der Zuckergehaltsänderungen des Osmotikums nach dem Einlegen von pflanzlichen Organstücken die durchschnittliche Saugkraft (Sz) aller am Aufbau beteiligten Zellen zu bestimmen. Voraussetzung für eine einwandfreie Saugkraftbestimmung wäre allerdings, daß mit dem Refraktometer nur osmotisch bedingte Konzentrationsveränderungen gemessen würden. Wie an anderer Stelle (vergleiche *Schläfli*, 1964) gezeigt wurde, können aber, je nach Versuchsanordnung, Quellungserscheinungen und Zellsaftfluß aus verletzten Zellen den wahren Sz-Wert verändern, das heißt in den meisten Fällen erhöhen. Bei gleichen Versuchsbedingungen und mit einheitlichem Material lassen sich aber damit, wie die Versuche von *Slavíková* (1963, 1966) bewiesen, untereinander gut vergleichbare Werte erzielen.

b) Zur Messung der Saugkraft des Zellinhaltes (Si) (oder nach anderer Terminologie: des osmotischen Wertes) fand das von *Walter* empfohlene kryoskopische Meßverfahren große Verbreitung. Da sich als Feldmethode zur Bestimmung der Hydratur die Kryoskopie in vielen Fällen nicht eignet

¹ Die Versuche wurden im Jahre 1961 am Botanischen Institut der Universität Freiburg (Schweiz) durchgeführt.

und da auch für das Mikrokryoskop nach *Burian-Ducker* noch 1,5 Kubikzentimeter Preßsaft nötig sind, wurde auch hier versucht, das Refraktometer einzuführen. Es war zu erwarten, daß der Refraktometerwert des Zellsaftes empfindlich auf alle Schwankungen von Si reagiert, seien diese Schwankungen nun hervorgerufen durch Wassergehaltsänderungen oder durch Vermehrung oder Verminderung der absoluten Menge an osmotisch wirksamen Substanzen. *Kreeb* (1961, 1963) und *Fiedler* (1964) verwenden für das Bestimmungsverfahren dieses Refraktometerwertes des Zellsaftes den Ausdruck «Refraktometermethode». Doch sollte diese Bezeichnung, um Verwechslungen zu vermeiden, auf das zuerst genannte Verfahren nach *Maximow* beschränkt bleiben.

Im folgenden sei auf den Refraktometerwert sowie auf das spezifische Gewicht des Zellsaftes näher eingegangen.

Methodisches

Den Zellsaft erhielt ich nach den von *Walter* (1931 b) angegebenen Vorschriften durch Erhitzen der Proben im kochenden Wasserbad und durch Auspressen des auf solche Weise abgetöteten Materials.

Zur Bestimmung des Refraktometerwertes des Preßsaftes benützte ich ein Refraktometer vom Typ *Abbé* mit einem eingebauten Thermometer zur Temperaturkontrolle der Prismen. An einer Skala konnte der Zuckergehalt in Prozenten direkt abgelesen werden. Die durch das Refraktometer angezeigte Preßsaftkonzentration gebe ich durch den osmotischen Wert (in Atmosphären) einer Zuckerlösung mit gleichem Refraktometerwert wie der untersuchte Zellsaft an.

Das spezifische Gewicht bestimmte ich so, daß ich einen Tropfen des Preßsaftes mit einer fein ausgezogenen Pipette in einer Zuckerlösung von bekannter Konzentration austreten ließ. Dort, wo der Tropfen weder sank noch stieg, waren die spezifischen Gewichte des Preßsaftes und der Zuckerlösung gleich. Das spezifische Gewicht bezeichne ich wieder durch den osmotischen Wert (in Atmosphären) der spezifisch gleich schweren Zuckerlösung.

Ergebnisse

Die von *Balde* (1930) verglichenen Werte des Refraktometers mit den auf chemischem Weg festgestellten Zuckermengen im Preßsaft zeigten durchwegs einen wesentlich höheren Refraktometerwert an. Zum gleichen Resultat kam auch *Kreeb* (1961): «Da im Zellsaft jedoch neben verschiedenen Zuckerarten vor allem auch Salze anorganischer und organischer Säuren eine Rolle spielen, kann sie (die Skala im Refraktometer) nur für relative Messungen

benützt werden. Denn zwischen Salz- und Zuckerlösungen gleicher Konzentration besteht ein mehr oder weniger großer Unterschied im Brechungsindex, der aber erst bei einem Prozentgehalt von mehr als 20 zu einem größeren Fehler führt» (Seite 77). Es ist nun aber keineswegs so, daß mit dem Refraktometer alle osmotisch wirksamen Substanzen richtig erfaßt wären und die Refraktometerwerte mit den kryoskopisch ermittelten Si-Werten größtmäßig übereinstimmen müßten. *Kreeb* konnte aber trotzdem feststellen, daß beide Kurven (die des Refraktometers und die der Si-Werte) «auffallend parallel» verlaufen und daß die Tendenz der Änderung in fast allen Fällen gleich ist. Auch später kommen *Kreeb* und *Oenal* (1961) zum Ergebnis, daß beide Werte «in etwa parallel» gehen.

Auf Grund dieser mit den kryoskopisch bestimmten Werten gut vergleichbaren Resultate des Refraktometers dürfen diese letzteren in bestimmten Fällen als ein genügend genauer Gradmesser für den Wasserzustand einer Pflanze gelten.

Es ist auch ohne weiteres anzunehmen, daß bei gleicher chemischer Zusammensetzung des Zellsaftes auch sein spezifisches Gewicht – wie vorher der Refraktometerwert – mit der Saugkraft des Zellinhaltes «in etwa parallel» gehen muß. Schon *Suter* (1938) konnte zeigen, daß das spezifische Gewicht des Zellsaftes sich verändert, und er folgerte daraus, daß «aus der Dichte des Saftes Schlüsse auf seine Konzentration und weiter auf Si gezogen werden» können (Seite 447).

Folgendes Beispiel gibt einen Vergleich zwischen dem Refraktometerwert, dem spezifischen Gewicht und dem Si-Wert des Preßsaftes (mit der Kapillarmethode bestimmt; vergleiche *Ursprung*, 1937, Seite 1529).

	Refraktometerwert Atmosphären	Spezifisches Gewicht Atmosphären	Si-Wert Atmosphären	Bemerkungen
<i>Ficus elastica</i> . . .	5,7	6,7	9,7	altes Blatt
Blatt	4,0	4,8	8,2	junges Blatt
	6,7	7,6	9,7	2 Tage Unterbilanz
	8,5	9,7	12,8	10 Tage Unterbilanz
	12,5	14,8	—	27 Tage Unterbilanz

Um eine Unterbilanz im Wasserhaushalt eines Pflanzenteiles hervorzurufen, ließ ich diesen auf dem Arbeitstisch bei diffusem Licht welken. Am genannten Beispiel können wir einen Anstieg sowohl des Refraktometerwertes und des spezifischen Gewichtes wie auch der Saugkraft des Zellinhaltes erkennen. Der Anstieg verläuft in allen drei Spalten bis zum 10. Tag ziemlich parallel. Er beträgt, wenn wir das junge Blatt als Ausgangspunkt nehmen, für den Refraktometerwert 4,5 Atmosphären, für das spezifische

Gewicht 4,9 Atmosphären und für den osmotischen Wert 4,6 Atmosphären. Der Abstand zwischen Refraktometerwert und spezifischem Gewicht beträgt um 1 Atmosphäre. Am 27. Tag war das Blatt schon stark geschädigt, und Veränderungen im Gehalt an verschiedenen osmotisch wirksamen Stoffen mögen hier den größeren Unterschied von 2,3 Atmosphären bewirken. Im übrigen liegen kleine Abweichungen noch im Bereich der Fehlermöglichkeit bei der Bestimmung des einen oder anderen Wertes. Ein Vergleich der jungen mit den alten Blättern zeigt den bekannten Befund, daß in alten Organen der Si-Wert und damit auch der Refraktometerwert und das spezifische Gewicht normalerweise höher liegen als in jungen. Das beweist auch eine Messung an den Nadeln von *Picea abies*.

	Refraktometerwert Atmosphären	Spezifisches Gewicht Atmosphären	Differenz Atmosphären
Diesjährige Nadeln	17,8	15,7	2,1
Letztjährige Nadeln	22,7	18,4	4,3

Neben den höherliegenden Werten bei letztjährigen Fichtennadeln fällt vor allem auch die ungleiche Differenz zwischen den Werten auf. Der Refraktometerwert ist, im Vergleich zum spezifischen Gewicht, bei den letztjährigen Nadeln stärker erhöht als bei den diesjährigen. Es ist wohl möglich, daß die Kälteperiode des letzten Winters vor allem die Zuckerkonzentration des Zellsaftes erhöht hat (Frosthärte, vergleiche *Walter*, 1931 a, Seite 114f.) und daß sich diese erhöhte Zuckerkonzentration auch im Sommer noch auswirkt.

Die beiden Größen (Refraktometerwert und spezifisches Gewicht) zeigen deutlich tagesperiodische Schwankungen, wie sie auch vom Si-Wert her bekannt sind. *Fiedler* (1964) hat für den Refraktometerwert schon solche Beispiele angeführt. Es seien hier noch einige eigene Messungen an anderen Pflanzen wiedergegeben. Als Ursache dieser Schwankungen lassen sich vor allem klimatische Faktoren verantwortlich machen. Von diesen habe ich nur die wichtigsten, Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit, gemessen. Thermometer und Hygrometer waren in der Nähe der Versuchspflanzen angebracht. Niederschläge wurden vermerkt, aber nicht quantitativ gemessen. Aus der relativen Luftfeuchtigkeit und der Temperatur habe ich, nach einer bei *Ursprung* (1937, Seite 1516) angegebenen Formel, die Saugkraft der Luft (in Atmosphären) berechnet.

Hinsichtlich der Tagesamplituden verschiedener ökologischer Gruppen zeigen die Refraktometerwerte und das spezifische Gewicht des Zellsaftes ähnliche Ergebnisse, wie sie schon von der Saugkraft der Zellen (Sz) her bekannt sind. Wie erwartet können wir bei den Sukkulenten (*Sedum*, *Semper-*

Blätter von	Datum	Tageszeit	Refraktometerwert Atmosphären	Spezifisches Gewicht Atmosphären	Differenz Atmosphären	Luftsaugkraft Atmosphären	
<i>Sedum rubens</i>	2. Mai	9.00	4,8	5,1	0,3	63	
		15.00	4,9	5,3	0,4	917	
		20.00	4,5	4,9	0,4	289	
		3. Mai	9.00	4,5	5,0	0,5	216
Tagesamplitude			0,4	0,4			
<i>Sempervivum tectorum</i>	31. August	6.00	4,7	6,4	1,7	135	
		10.00	6,2	7,9	1,7	372	
		14.00	6,1	8,0	1,9	1266	
		18.00	5,1	7,0	1,9	963	
		20.00	6,1	7,9	1,8	683	
Tagesamplitude			1,5	1,6			
<i>Nymphaea × gloriosa</i> .	23. August	10.00		6,7		397	
		14.00		7,0		1076	
		20.00		6,7		470	
Tagesamplitude	24. August	6.00		6,2		87	
		10.00		6,4		416	
Tagesamplitude				0,6			
<i>Dryopteris filix mas</i> ..	25. August	8.00	6,7	8,3	1,6	64	
		14.00	7,8	9,4	1,6	808	
		21.00	7,6	8,5	0,9	400	
Tagesamplitude			1,1	1,1			
<i>Zea mays</i>	23. August	10.00	6,3	7,0	0,7	397	
		14.00	7,3	8,0	0,7	1076	
		20.00	5,6	6,3	0,7	470	
	Tagesamplitude	24. August	6.00	4,6	5,3	0,7	87
				2,7	2,7		
<i>Syringa vulgaris</i>	6. Juli	20.00	16,9	16,7	0,2	857	
	7. Juli	6.00	17,2	17,0	0,2	179	
		10.00	18,7	18,4	0,3	571	
		14.00	19,5	19,1	0,4	1046	
		18.00	18,7	18,4	0,3	1066	
		22.00	15,1	14,8	0,3	559	
Tagesamplitude			4,4	4,3			
<i>Pinus silvestris</i>	25. August	8.00	11,2	10,9	0,3	64	
		14.00	13,9	13,6	0,3	808	
		21.00	10,9	10,5	0,4	400	
Tagesamplitude			3,0	3,1			
<i>Quercus robur</i>	31. August	6.00	11,3	12,3	1,0	135	
		10.00	14,5	15,5	1,0	372	
		14.00	13,0	13,9	0,9	1266	
		20.00	12,5	13,5	1,0	683	
Tagesamplitude			3,2	3,2			
<i>Plantago media</i>	31. August	6.00	4,8	5,8	1,0	135	
		10.00	4,7	5,7	1,0	372	
		14.00	5,5	6,5	1,0	1266	
		20.00	5,1	6,1	1,0	683	
Tagesamplitude			0,8	0,8			

vivum) eine kleine tagesperiodische Schwankung feststellen. Nach *Walter* (1931 a) sind bei Sukkulente n auch für die Saugkraft des Zellinhaltes kaum Tagesschwankungen vorhanden, und den höchsten Sukkulenzgraden entsprechen die niedrigsten Si-Werte. Interessant ist, daß bei der Wasserpflanze (*Nymphaea*), obwohl ja kaum mit Wasserdefiziten zu rechnen ist, eine kleine tagesperiodische Schwankung vorkommt. *Gamma* (1932) fand ja auch Schwankungen von Sz bei Submersen. Ebenfalls eine geringe Tagesamplitude zeigt der Farn (*Dryopteris*) als schattenliebende Pflanze.

Eine mittlere Tagesschwankung läßt sich bei der monokotylen Pflanze *Zea mays* feststellen. Dieser Befund würde gut mit den bei Monokotylen gemessenen relativ niederen Sz-Werten übereinstimmen (vergleiche *Ruckli*, 1960).

Große Tagesperioden der Refraktometerwerte wie der spezifischen Gewichte zeigen die Bäume und Sträucher (*Syringa*, *Pinus*, *Quercus*), die mit ihren Blättern stark der Sonne ausgesetzt waren. *Plantago media*, obwohl an gut besonntem, trockenem Standort wachsend, weist in unserer Tabelle eine sehr niedrige Tagesamplitude von 0,8 Atmosphären auf. Gleichzeitig durchgeführte Sz-Messungen (mit der Streifenmethode, vergleiche *Ursprung*, 1937, Seite 1369) zeigten aber eine Tagesamplitude von 7,5 Atmosphären! Diese große Tagesschwankung der Saugkraft der Zelle ist fast ausschließlich auf eine Veränderung des Wanddruckes zurückzuführen, denn die Konzen-

Tagesperiodische Schwankungen der Saugkraft der Zelle und des Refraktometerwertes des Zellsaftes in Abhängigkeit von der Luftsaugkraft.

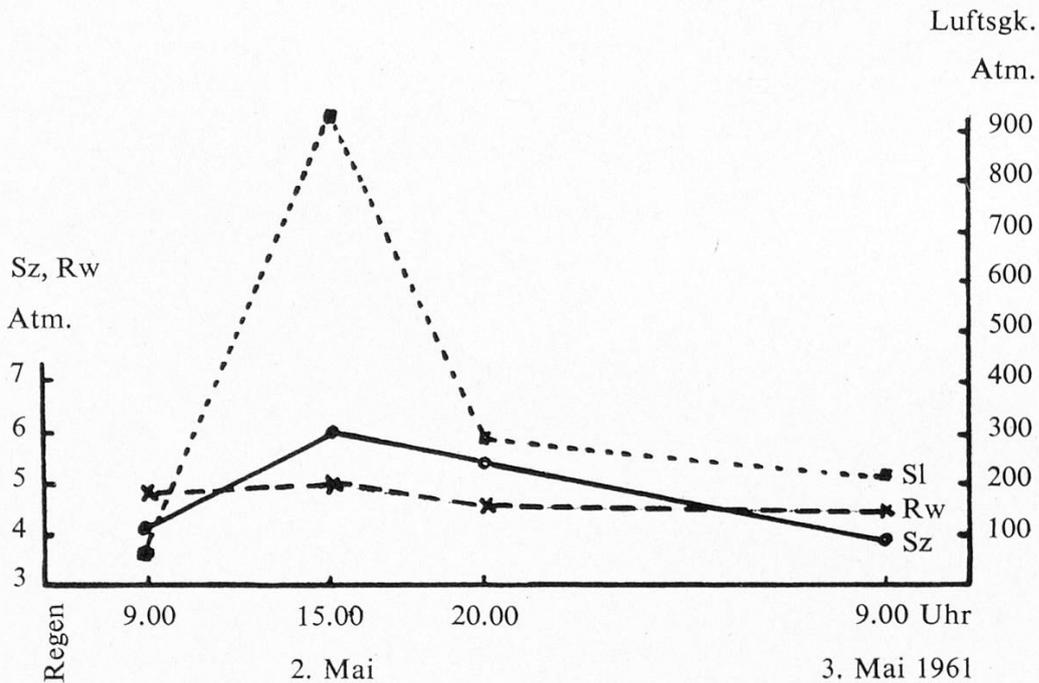


Bild 1. *Sedum rubens*: Blatt.

tration des Zellsaftes variiert ja, wie die Werte in der Tabelle zeigen, nur wenig.

Die zum Teil im Laufe des Tages etwas abweichenden Differenzwerte zwischen Refraktometerwert und spezifischem Gewicht liegen entweder innerhalb der Fehlergrenzen, oder einzelne könnten durch Veränderungen der chemischen Zusammensetzung des Zellsaftes bewirkt sein. Ein sicheres Urteil darüber ist aber auf Grund der vorliegenden Resultate nicht möglich.

Die Bilder 1 und 2 zeigen einen Vergleich der Refraktometerwerte des Zellsaftes mit den durchschnittlichen Saugkraftwerten (Sz) der Zellen. Diese Saugkraft ist wieder mit der Streifenmethode gemessen worden.

Aus den Bildern geht der Einfluß klimatischer Faktoren (Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit) auf den Verlauf der Tagesperiode deutlich hervor.

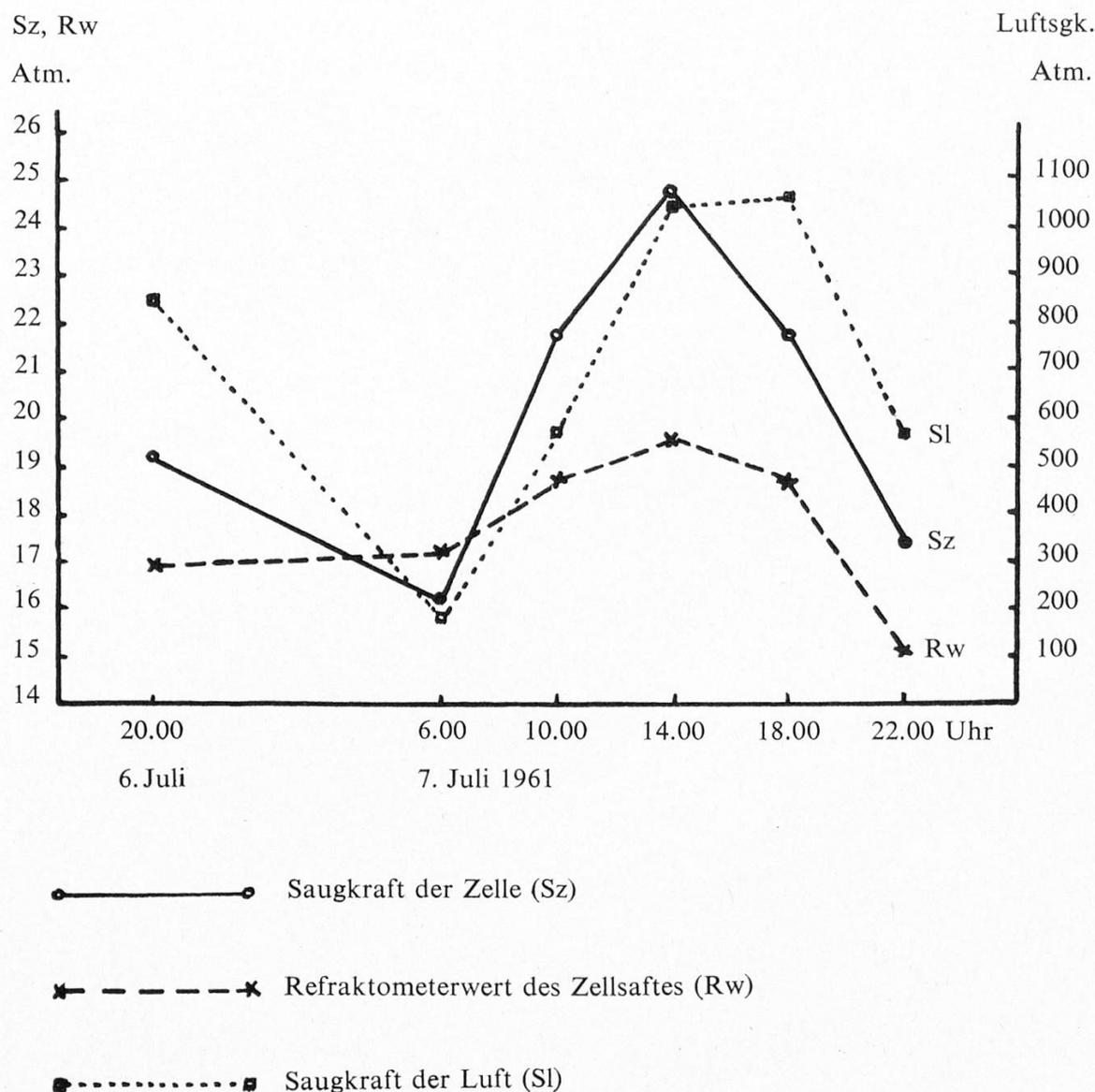


Bild 2. *Syringa vulgaris*: Blatt.

Beim Fliederblatt (*Syringa*) ist dieser Einfluß bedeutend größer, denn die durch den Wasserverlust bedingte Erhöhung der Zellsaftkonzentration und die gleichzeitige Erniedrigung des Wanddruckes lassen die Saugkraft der Zelle über die Mittagszeit stark ansteigen. Um zu große Wasserdefizite zu vermeiden, setzt die Pflanze die stomatäre Transpiration nach 14.00 Uhr durch das teilweise Schließen der Spaltöffnungen herab, so daß die Saugkraft der Zellen wie auch der Refraktometerwert sinken. Bei der sukkulenten Pflanze (*Sedum*) spiegeln sich äußere Einflüsse nur stark reduziert im Verlauf der Tagesperiode wider. Die Wasserreserven im Blatt sorgen für einen ausgeglicheneren Wasserhaushalt.

Vergleichen wir die Kurven Sz und Rw miteinander, so sehen wir, daß die Saugkraft der Zelle nur bei starker Wassersättigung (das heißt am Morgen), wenn der Wanddruck groß ist, unter die Refraktometerwerte absinkt. Die tagesperiodischen Schwankungen des Refraktometerwertes dürften vor allem auf Wassergehaltsänderungen und weniger auf eine Vermehrung oder Verminderung der osmotisch wirksamen Substanzen zurückzuführen sein. *Walter* (1931a, nach *Maximow*) gibt in einem Beispiel für *Syringa vulgaris* eine Tagesschwankung (von 9.00 bis 13.00 Uhr) der Saugkraft des Zellinhaltes (Si) von 1,9 Atmosphären an, während der grenzplasmolytische Wert – allerdings nur in Epidermiszellen – keine Tagesperiodizität zeigte. Die Tagesschwankung darf deshalb auf Wasserdefizite zurückgeführt werden.

Der Verlauf der Rw-Kurve, die zum größten Teil unterhalb der Sz-Werte liegt, zeigt uns aber auch deutlich, daß der Refraktometerwert des Zellsaftes und die Saugkraft des Zellinhaltes größtmäßig auf keinen Fall verglichen werden dürfen. Die Saugkraft des Zellinhaltes liegt ja, nach der Saugkraftformel, über derjenigen der Zelle, wenn nicht, was sehr selten unter extremen Bedingungen eintreffen kann, ein negativer Turgordruck herrscht.

Schluß

Obwohl die Bestimmung des Refraktometerwertes wie auch des spezifischen Gewichtes des Zellsaftes die Saugkraftmessung nicht ersetzen kann und obwohl damit auch die Saugkraft des Zellinhaltes größtmäßig keineswegs richtig erfaßt wird, können die beiden gut bestimmbaren Werte für praktische Zwecke wohl gebraucht werden. *Kreeb* (1963) sieht in der Bestimmung des Refraktometerwertes eine Möglichkeit «zur Kontrollierung der Hydratur der Pflanzen im Zusammenhang mit der Bewässerung» (Seite 457). Gleicher Ansicht ist auch *Fiedler*, der mit diesen Methoden die Wirkung unterschiedlicher Bewässerung auf den Wasserzustand von Obstbäumen nachweisen konnte. Allerdings ist bei der Verwendung solcher physiologischer Indikatoren zur Ermittlung des günstigsten Bewässerungstermins größte Vorsicht geboten, denn sehr viele Faktoren, klimatische und eda-

phische, können diese Werte beeinflussen. Erst ausgedehnte Versuche, wie sie zum Beispiel in Israel schon in großem Maßstab durchgeführt werden (vergleiche *Shmueli*, 1964), können über die meisten dieser Außenfaktoren Aufschluß geben.

Literatur

- Ashby, E.*, und *R. Wolf*, 1947, «A critical examination of the gravimetric method of determining Suction force», *Ann. Bot.* 11, 261.
- Balde, H.*, 1930, «Vergleichende chemische und refraktometrische Untersuchungen an Weizenkeimlingen unter Berücksichtigung der Frosthärte der untersuchten Sorten», *Angew. Bot.* 12, 176.
- Fiedler, W.*, 1964, «Hydratur der Obstgehölze und ihre Abhängigkeit von verschiedenen Umweltfaktoren», *Wiss. Zeitschr. der Karl-Marx-Univ., Leipzig*, 13, 923.
- 1964, Untersuchungen über die Eignung der Refraktometermethode zur Bestimmung der Hydraturverhältnisse von Obstgehölzen», *Tagungsbericht Nr. 65 der Dtsch. Akad. der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin*.
- Gamma, W.*, 1932, «Zur Kenntnis der Saugkraft und des Grenzplasmolysewertes der Submersen», *Protopl.* 16, 489.
- Kreeb, K.*, 1961, «Die Bedeutung der Hydratur für die Kontrolle der Wasserversorgung bei Kulturpflanzen», *Beitr. z. Biol. d. Pfl.* 36, 57.
- 1963, «Untersuchungen zum Wasserhaushalt der Pflanzen unter extrem ariden Bedingungen», *Planta* 59, 442.
- und *M. Oenal*, 1961, «Über die gravimetrische Methode zur Bestimmung der Saugspannung und das Problem des negativen Turgors», *Planta* 56, 409.
- Ruckli, P.*, 1960, «Zur Kenntnis der Saugkraft und des Grenzplasmolysewertes von Blättern und Blüten bei *Clivia miniata* Rgl. und anderen Monokotylen», *Diss., Freiburg i. Ü.*
- Schläfli, A.*, 1964, «Über die Eignung der Refraktometer- und der Schardakowmethode zur Messung osmotischer Zustandsgrößen», *Protopl.* 58, 75.
- Shmueli, E.*, 1964, «The use of physiological indicators for the timing of irrigation», *Contribution from the National and University Institute of Agriculture, Rehovot, Israel*, Nr. 677–E.
- Slavíková, J.*, 1963, «Horizontaler Gradient der Saugkraft eines Wurzelastes und sein Zusammenhang mit dem Wassertransport in den Wurzeln», *Acta Horti Bot. Pragensis*, 1963, 73.
- 1966, «Wechselseitige Beziehungen der Wurzelsaugkraft bei einigen Komponenten der Eschenbiozöosen», *Preslia* 38, 15.
- Suter, H.*, 1938, «Über die Eignung der Schlierenmethode zur Messung osmotischer Zustandsgrößen», *Protopl.* 31, 421.
- Ursprung, A.*, 1937, «Die Messung der osmotischen Zustandsgrößen pflanzlicher Zellen und Gewebe», *Abderh., Handb. d. biol. Arbeitsmeth., Abt. XI, Teil 4*, 1109.
- Walter, H.*, 1931 a, «Die Hydratur der Pflanze und ihre physiologisch-ökologische Bedeutung», *Fischer, Jena* 1931.
- 1931 b, «Die kryoskopische Bestimmung des osmotischen Wertes bei Pflanzen», *Abderh., Handb. d. biol. Arbeitsmeth., Abt. XI, Teil 4*, 353.

Adresse des Verfassers

Dr. rer. nat. August Schläfli, Konservator des Thurgauischen Naturhistorischen Museums, 8500 Frauenfeld.