Zeitschrift: Bericht über das Geobotanische Forschungsinstitut Rübel in Zürich
Herausgeber: Geobotanisches Forschungsinstitut Zürich
Band: - (1958)

Artikel: Versuche zur Bestimmung der Saugkraft mit der Schardakow-Methode
Autor: Rehder, Helmut
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-377576

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

VERSUCHE ZUR BESTIMMUNG DER SAUGKRAFT MIT DER SCHARDAKOW-METHODE

Von Helmut Rehder

Die Kenntnis des Wasserhaushaltes der Pflanzen ist eine wichtige Grundlage für das Verständnis der kausalen Zusammenhänge zwischen Standort und Vegetation. Insbesondere ist es von Bedeutung zu wissen, mit welcher Kraft die verschiedenen Gewebe der Pflanzen das Wasser aus der Umgebung an sich zu ziehen oder festzuhalten vermögen. Einen guten Aufschluss hierüber geben uns die osmotischen Werte des Zellsaftes, welche heute vorzugsweise mit der kryoskopischen Methode nach H. Walter (1931 a, b) bestimmt werden. Die Saugkraft (S) der Zellen und Gewebe, die nach aussen, also gegen den Boden, die Luft oder gegen benachbarte Gewebe wirksam wird, ist aber nach der bekannten Formel $S = W - P$ erst das Ergebnis aus dem Wechselspiel von Turgordruck (P) und osmotischem Wert (W). Es ist zu erwarten, dass diese Grösse S wesentlich stärkeren Schwankungen unterliegt als W und somit einen noch feineren Ausdruck der aktuellen Hydraturverhältnisse in der Pflanze darstellt. Aber gerade im Zusammenhang mit dieser Empfindlichkeit ist auch die Erfassung von S im Experiment viel schwieriger als die des mehr statischen W. Obgleich bereits bahnbrechende Arbeit auf diesem Gebiet geleistet worden ist (Ursprung und Blum 1916, 1930, Ursprung 1937), hat die Suche nach allgemein brauchbaren Methoden, vor allem nach solchen, die relativ einfach ausserhalb der Laboratorien angewendet werden können, bis heute nicht aufgehört.

Zur Feststellung des Wasserbedarfs von Baumwollpflanzen hat Schardakow (1956, 1957) in Taschkent neuerdings ein Verfahren zur Saugkraftbestimmung entwickelt, das sich für seine speziellen, praktischen Bedürfnisse augenscheinlich bewährt hat. Es wurde deshalb auf Anregung von Herrn Prof. Walter zunächst am Botanischen Institut der Landw. Hochschule Hohenheim, später mit Erlaubnis von Herrn Prof. Ellenberg am Geobotanischen Institut der ETH Zürich von mir an verschiedenen anderen pflanzlichen Objekten ausprobiert. Die Untersuchungen sind noch nicht abgeschlossen. Sie wurden bisher grösstenteils im Labor durchgeführt. Doch können sie bei Ausrüstung mit geeigneten Trage- und Aufstellvorrichtungen ebensogut im Freien, d. h. in unmittelbarer Nähe von bestimmten Versuchspflanzen, erfolgen.

A. Methode

1. Prinzip der Methode

Bisher wurde die Saugkraft der pflanzlichen Gewebe oder Zellen meist durch Messung ihrer Volumen- oder Gewichtsveränderungen nach Einlegen in Osmotika verschiedener Konzentration bestimmt. Der osmotische Wert derjenigen Konzentration, bei welcher die Zellen Wasser weder aufnehmen noch abgeben, d.h. ihren Anfangszustand beibehalten, entspricht ihrer Saugkraft. Die Messungen scheinen aber bei vielen Objekten schwierig zu sein und nicht immer eindeutige Resultate zu liefern. Recht einfach ist dagegen das Prinzip der SCHARDAKOW-Methode. Die Wasserverschiebungen zwischen Aussenlösung und Zellen werden hierbei nicht an den Veränderungen der Zell- und Gewebegrösse, sondern an den Konzentrationsveränderungen in der Lösung gemessen. Notwendig ist lediglich, relativ wenig Lösung mit viel Pflanzenmaterial, z.B. Blattstückchen, zusammenzubringen. Liegt der osmotische Wert der Lösung niedriger als die Saugkraft der Blätter, so wird ihre Konzentration und damit ihr spezifisches Gewicht infolge Wasserentzuges durch die Blattzellen zunehmen, während beides bei höherem osmotischem Wert durch Wasserabgabe aus den Blättern abnimmt. Nur in der Gleichgewichtslage tritt keine Konzentrationsänderung im Osmotikum ein. Hat man die Lösung vorher angefärbt und überträgt nach einiger Zeit eine geringe Menge davon mit einer Pipette in eine ungefärbte Lösung gleicher Anfangskonzentration, so lassen sich die etwa eingetretenen Veränderungen des spezifischen Gewichtes an dem Fallen oder Steigen des gefärbten Tropfens erkennen.

2. Ansatz des Versuches

Das in einer Versuchsreihe mit mehreren Konzentrationsstufen zu untersuchende Pflanzenmaterial soll einheitlich sein. Es soll z.B., falls nicht ein einziges Blatt ausreicht, aus Blättern bestehen, die zur gleichen Zeit von einer oder mehreren gleichartigen Pflanzen entnommen wurden und sich in Alter, Grösse, Gestalt und Stellung, sowie in den vorausgegangenen Wachstumsbedingungen nicht wesentlich voneinander unterscheiden. Es muss zerkleinert werden, denn es kommt darauf an, dass der Wasseraustausch zwischen Osmotikum und Gewebe erleichtert wird, und zwar nicht nur direkt über die benachbarten Zellen, sondern vielmehr auch in Dampfform über die Interzellularen. Natürlich darf das Verhältnis von verletztem zu unverletztem Gewebe nicht zu gross sein, damit sich die Mehrzahl der Zellen längere Zeit noch möglichst ähnlich wie im ungestörten Zustand verhält. Bei Blättern sollte die Grösse der Stückchen 10 mm^2 nicht wesentlich unterschreiten.

Die sichersten Ergebnisse sind zu erwarten, wenn 20–30 Blattstückchen von 10–20 mm^2 Grösse jeweils in etwa 0,5 ml Rohrzuckerlösung gebracht werden. Mit kleineren Mengen Lösung und Blattmaterial zu arbeiten ist nicht ratsam, da sich verschiedene Messschwierigkeiten und Fehlerquellen durch unkontrollierte Konzentrationsänderungen dann erheblich vergrössern können.

Die Lösungen werden zuvor, am besten in grösserer Menge (ca. 10 ml) für mehrere Parallel-Versuchsreihen zugleich, mit wenig Methylorange angefärbt und davon ca. 0,5 ml vor dem Einlegen der Blattstückchen in die Probegefässe pipettiert.

Das Zerschneiden, Durcheinandermischen und Einfüllen des Untersuchungsmaterials für eine Reihe muss nahezu gleichzeitig oder doch möglichst rasch erfolgen, um Wasserverluste der Gewebe zu vermeiden. SCHARDAKOW schlägt Ausstanzen von Blattscheibchen mit einem Korkbohrer vor. Schneller und ohne Nachteil kommt man mit einer scharfen Schere zum Ziel, womit man die Blätter restlos oder bis auf die Stiele und Mittelnerven zerschneidet. Die rasch gemischten Stückchen werden dann in etwa gleich grossen, ausreichenden Mengen auf die einzelnen Konzentrationsstufen verteilt. Zur Untersuchung von Stengeln und Wurzeln schneidet man am besten mit einer Rasierklinge für jede Stufe vier bis fünf Stücke von 3–5 mm Länge aus. Falls die Pflanzenteile äusserlich mit Wasser benetzt oder mit Staub und anderen Verunreinigungen bedeckt sind, wischt man sie vor dem Abschneiden von der Pflanze behutsam mit Fliesspapier ab.

Als Probegefässe benutzte ich anfangs Reagenzgläser, neuerdings 7,5 ml-Tablettengläser, 35 mm hoch mit 12 mm weiter Öffnung, durch Polyäthylendeckel (snap caps) dicht verschliessbar. In diese lässt sich das Untersuchungsmaterial rascher und reibungsloser einführen.

Ungefärbte Lösungen gleicher Konzentration für die nachher erfolgende Prüfung der Dichte-Änderungen in den Probelösungen werden in 12 ml-Reagenzgläsern bereitgestellt, die durch Korkstopfen verschlossen werden. Bei Ansatz mehrerer Parallelversuche empfiehlt es sich, je Konzentrationsstufe mindestens zwei Gläser mit 10 ml Vergleichslösung zu füllen, um in diesen die späteren Proben abwechselnd vornehmen zu können.

Voraussetzung für störungsfreies Arbeiten sind gründlich gereinigte und getrocknete Gefässe, Verschlüsse und Pipetten sowie dichter Abschluss der Gefässe nach dem Einfüllen der Lösungen und Pflanzenteile bzw. nach jeder Probe, um Konzentrationsänderungen durch Verdunstung vorzubeugen.

Bei Aufstellung von sechs Konzentrationsstufen kann eine Einzelperson mit Hilfe einer Schere normalerweise in etwa zwei Minuten eine Versuchsreihe ansetzen. Für Buche, Efeu oder ähnliche Versuchspflanzen genügen dann zwei bis drei Blätter je Reihe. Soll in einer grösseren Zahl von Stufen geprüft werden, so wird entsprechend mehr Blattmasse und Vorbereitungszeit benötigt und damit die Gefahr von Wasserverlusten erhöht. Zu lange Versuchsreihen sind deshalb zu vermeiden.

Man hat sich also vor Ansatz des Versuches, je nach Vorkenntnis des Objektes, zu entscheiden, ob man mit weiter entfernten Konzentrationsstufen, etwa in Abständen von 0,1 mol, d.h. mit ungenaueren Messungen, aber erweitertem Messbereich, oder mit eng abgestuften und enger begrenzten Reihen, z.B. in 1-atm-Abständen, also mit grösserer Genauigkeit, arbeiten will. Bei zu eng gewähltem Messbereich besteht die Gefahr, dass die gesuchte Gleichgewichts-Konzentration an dessen Rande oder ausserhalb liegt und daher ungenügend oder gar nicht erfasst wird.

3. Ermittlung der Saugwerte

Um zu prüfen, ob eine Verdünnung oder eine Verdichtung in der gefärbten Probelösung eingetreten ist, wird ein kleiner Teil davon mit einer Pipette in die farblose Vergleichslösung übertragen. Als Pipetten werden Glasröhrchen von 2 mm Weite und ca. 18 cm Länge verwendet, die am unteren Ende kapillar ausgezogen sind. Für jede Übertragung wird ein neues Röhrchen benutzt, welches nach Gebrauch in heissem und destilliertem Wasser gründlich zu spülen und dann im Trockenschrank zu trocknen ist. Ein Vorrat von 150–200 solcher Pipetten ist für reibungsloses Arbeiten je Arbeitstag erforderlich. Wenn man neben den Versuchen Gelegenheit zum Spülen und Trocknen hat,

lässt sich mit weniger auskommen. Von der Verwendung einer einzigen Pipette, die vor jedem Wechsel der Konzentrations-Stufe in Lösungen entsprechender Konzentration durchgespült wird, ist wegen des Zeitverlustes und wegen geringerer Sicherheit der Ergebnisse abzuraten.

Man saugt eine Säule von ca. 3 cm Höhe (0,05–0,1 ml) von der die Blattstückchen umgebenden, gefärbten Lösung aus den Probegläschen nach vorherigem Umschütteln in die Pipette auf und lässt dann einen Teil davon vorsichtig in der klaren Vergleichslösung herauslaufen. Dabei taucht die kapillare Spitze ca. 1,5 cm tief in die Lösung. Die linke Hand hält das Reagenzglas, die rechte die Pipette. Der linke Zeigefinger sorgt durch leichten Druck gegen die Pipette für dessen ruhige Stellung in gleichbleibender Höhe. Die aufgenommene Flüssigkeitssäule wird durch Verschluss der oberen Pipettenöffnung mit dem rechten Zeigefinger zunächst festgehalten, dann durch geringe Lockerung des Fingerdruckes langsam fallen gelassen, so dass die Farblösung ohne Stoss als kleine „Wolke" an der Kapillarspitze hervortritt. Wenn bei einer bestimmten Konzentration keine Änderung im spezifischen Gewicht eingetreten ist, muss diese Wolke in der Höhe der Austrittsstelle stehenbleiben, während sie bei niedrigeren Konzentrationen absinken, bei höheren aufsteigen wird.

Aufgrund von zahlreichen Blindversuchen mussten die Begriffe „Stehenbleiben" (0), „Absinken" (–) oder „Aufsteigen" (+) genau definiert werden. Es wurde festgestellt, dass der untere Rand der Farbwolke von unbeeinflussten, aber sonst in der beschriebenen Weise angesetzten Probelösungen sich 20 sec nach dem Beginn des Herauslassens bis 5 mm unter oder 2 mm über die Kapillarenspitze ausdehnen kann. Bleibt im Versuch die Bewegung der Farbwolke in diesen Grenzen oder zieht sie sich ohne sichtliche Verlagerung ihres Schwerpunktes nach beiden Richtungen auseinander, so wird der Gleichgewichtszustand „0" vermerkt.

Das Ergebnis jeder Prüfung einer Versuchsreihe ist, vorausgesetzt, dass der richtige Messbereich gewählt wurde, ein Grenzwert, welcher bis auf die Hälfte der Differenzen zwischen den Stufen genau angegeben werden kann. Er ist scharf, wenn die Stufen mit negativem unmittelbar an die mit positivem Ergebnis grenzen, unscharf dagegen, wenn in mehreren aufeinanderfolgenden Stufen die Null-Lage festgestellt wird.

Der so ermittelte Grenzwert wird von mir als „Saugwert" bezeichnet, jedoch mit dem Vorbehalt, dass diese Grösse nicht in jedem Falle der wahren Saugkraft der Zellen bzw. des parenchymatischen Gewebes entsprechen muss. Sie ist vielmehr nur ein Ausdruck für das nach einer bestimmten Einwirkungsdauer beobachtete Wasseranziehungsvermögen der gesamten, zerkleinerten Probe.

Dieser Hinweis ist notwendig, weil sich vielfach zeigt, dass die Saugwerte bei wiederholter Prüfung einer Versuchsreihe nicht konstant bleiben, sondern mehr oder weniger rasch absinken können. In solchen Fällen ist es fraglich, wie lange vom Ansetzen des Versuches bis zur Prüfung gewartet werden soll, um Saugwerte zu erhalten, die annähernd mit der wirklichen Zellsaugkraft übereinstimmen. Darauf wird im folgenden Abschnitt einzugehen sein. Das Wandern des Saugwertes muss jedenfalls, wo es auftritt, durch wiederholte Prüfungen in einer Versuchsreihe verfolgt werden, wenn möglich, bis eine nahezu konstante Höhe erreicht ist.

Fünf bis sechsmal lässt sich die erforderliche Flüssigkeitsmenge aus den 0,5 ml Probelösung entnehmen. Ist noch häufigere Wiederholung vorgesehen, so gibt man den Teil der Lösung, den man nicht in die Vergleichslösung entlassen hat, aus der Pipette in die Probegläschen zurück. Besser ist es allerdings, diese Reste zu verwerfen, da schon durch das Aufsaugen in die trockenen Pipetten minimale Konzentrationszunahmen möglich sind, die sich durch Wiederholung summieren können.

Als Beispiel betrachten wir eine Versuchsreihe mit Efeu-Blättern:

Tab. 1. Abfall der Saugwerte bei Hedera helix (Schattenblätter im November).

Konzentration		Prüfungszeiten (Minuten nach Ansatz)					
atm	mol	5	15	30	45	60	75
25,5	0,8	0	+	+	+	+	+
21,5	0,7	0	0	+	+	+	+
17,8	0,6	–	–	+	+	+	+
14,3	0,5	–	–	–	+	+	+
11,1	0,4	–	–	–	–	–	–
8,1	0,3	–	–	–	–	–	–

Unmittelbar nach Ansetzen des Versuches wird hier ein unscharfer und – wegen des Fehlens angrenzender +-Reaktionen im Messbereich – unsicherer Saugwert bei 0,75 mol festgestellt. Bei den folgenden Prüfungen nach 15, 30 und 45 min zeigt sich nacheinander in den Konzentrationsstufen bis 0,5 mol abwärts eine Verdünnung (+), also auch in den Stufen 0,6 und 0,5 mol, die bei den ersten Prüfungen noch verdichtet erscheinen (–). Der Saugwert sinkt also ab. Nach 45 min bleibt er in diesem Falle bei 0,45 mol konstant. Häufig wird aber noch ein weiteres Absinken beobachtet, und auch in dem Beispiel ist es möglich, dass bei feinerer Abstufung noch Veränderungen im Bereich zwischen 0,5 und 0,4 mol erkennbar geworden wären. Bei der gewählten 0,1-mol-Abstufung ist der nach 45 min konstante Wert von 0,45 mol = 12,7 atm zwar ungenau (Fehlerbreite ca. 12,0–13,5 atm), hat aber die höchsterreichbare Schärfe.

Zur Ermittlung des Saugwertes brauchen im allgemeinen nicht mehr als vier nebeneinanderliegende Konzentrationsstufen durchgeprüft zu werden, es sei denn, das Ergebnis „0" tritt in mehreren aufeinanderfolgenden Stufen auf. Man muss für die Prüfung einer Versuchsreihe mit 3–5 min rechnen, während für deren Ansatz 2–4 min zu veranschlagen waren. Die Anzahl der von einer Einzelperson unmittelbar nacheinander anzusetzenden Parallel-Reihen ist also einerseits von diesen Zeiten, andererseits von den vorgesehenen Zeitabständen der einzelnen Prüfungen abhängig. Als Norm kann eine Aufstellung von sechs Parallelen innerhalb von 30 min und deren Prüfung nach 30, 60, 90 usw. Minuten angesehen werden.

B. Versuchsergebnisse

1. Lage der Saugwerte nach verschiedener Einwirkungsdauer

In seinen Versuchen mit Blättern von Baumwollpflanzen prüft Schardakow die Konzentrationsveränderungen der Probelösungen nach einer Einwirkungsdauer von 30 min. Meine ersten Untersuchungen führten jedoch zu dem Ergebnis, dass für die meisten Objekte schon 5–10 min nach dem Ansetzen des Versuches genügend scharfe Saugwerte feststellbar waren. Da es bei ökologischen Untersuchungen erwünscht ist, mit geringem Zeitaufwand

möglichst viele Messungen durchführen zu können, schien in einer solchen Abkürzung der Einwirkungsdauer ein Vorteil zu liegen. Deshalb erfasste ich in einigen orientierenden Versuchen, die unmittelbar am Standort angestellt wurden, zunächst vor allem diese Anfangswerte. Dabei zeigte sich aber, dass sie ausserordentlich hoch lagen, während bei Wiederholungsprüfungen nach einer oder zwei Stunden wesentlich niedrigere Werte erreicht wurden.

So lag z. B. der Saugwert für besonnte Blätter von Salix alba, am 20. VII. 58, 13 h, bei 26° C und 55% Rel. Feuchtigkeit der Luft abgeschnitten und sofort verarbeitet, 5 min nach Versuchsansatz oberhalb eines Messbereiches, der sieben Stufen von 0,3 bis 0,9 mol umfasste, also über 30 atm. Eine Stunde später wurde er dagegen zwischen 0,6 und 0,7 mol, d. h. bei etwa 20 atm, gefunden. Um 14.30 Uhr (23° C, 63%) entnommene Blätter zeigten zu entsprechenden Prüfungszeiten ein Absinken von 0,85 auf 0,55 mol (28 auf 16 atm). Der gleiche Sprung wurde etwa zur selben Zeit bei benachbarter *Alnus glutinosa* festgestellt.

Am gleichen Tage waren um 8 h (21° C, 75%) bei *Salix* und *Alnus* nach 5 min Saugwerte von nur 16 bzw. 11 atm ermittelt worden. Eine Wiederholungsprüfung war in diesen Fällen nicht erfolgt.

Sonnenblätter von *Quercus robur* ergaben am 21. VII. 58, 9 h (18° C, 68%) nach 5 min 23,5 atm, nach 2 Stunden Versuchsdauer dagegen 16 atm, während bei etwa zur gleichen Zeit geprüften Schattenblättern von *Fagus silvatica* die Saugwerte von 21,5 auf 11,0 atm absanken.

Nadeln von *Pinus silvestris* im Spätherbst zeigten Sprünge von ca. 25 auf 18 atm.

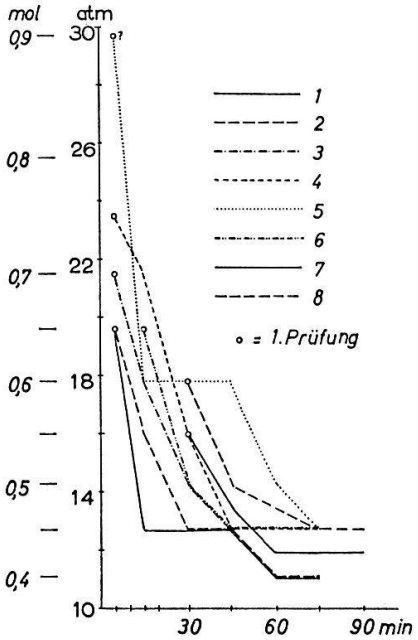

Abb. 1. *Hedera helix*, Absinken der Saugwerte einjähriger Schattenblätter im November zwischen 5 und 90 min nach Versuchsansatz. Links (entsprechend in Abb. 2, 3, 4, 7, 9 und 13): Verwendete Konzentrationsstufen in mol Rohrzuckerlösung (Reihen 1–6: 0,1-mol-Stufen von 0,3–0,9 mol, Reihen 7 und 8: 0,05-mol-Stufen von 0,3–0,7 mol). Ansatzzeiten der Reihen (6.XI.58, trübes Wetter, ca. 8° C konstant): 1: 10.20, 2: 11.00, 3: 11.55, 4: 13.35, 5: 14.15, 6: 14.35, 7: 17.20, 8: 17.30 Uhr.

Demgegenüber kamen derartige Veränderungen nicht oder nur in sehr geringem Umfange bei sukkulenten Blättern von *Sedum pachyphyllum*, bei Kartoffelknollen und bei Apfelfrüchten vor.

Bei *Sedum* lag der Saugwert nach 5, 20, 45 und 70 min konstant zwischen 0,1 und 0,2 mol (ca. 4 atm), bei den Kartoffelstücken nach 10, 30 und 60 min zwischen 0,2 und 0,3 mol (6,7 atm), beim Apfel nach 10, 20, 40, 60 und 120 min zwischen 0,3 und 0,4 mol (9,6 atm).

Sowohl absinkende als auch konstant bleibende Saugwerte waren zu verschiedenen Jahreszeiten bei Blättern von *Hedera helix* zu beobachten. Das Absinken wurde in vielen Parallel-Reihen durch mehrfach wiederholte Prüfungen verfolgt. Bei einjährigen Efeu-Blättern im Herbst und Frühjahr ist es eine regelmässige Erscheinung. Der stärkste Abfall ereignet sich normalerweise innerhalb der ersten 60 min (Abb. 1). Setzt man die Prüfungen noch über einige Stunden fort, so erkennt man im allgemeinen ein Nachlassen im Absinken der Saugwerte (Abb. 2). Doch wird oft keine absolute Konstanz erreicht.

Die Blätter konnten in beliebiger Menge und aus unmittelbarer Nähe des Labors von Erdbodensprossen entnommen werden, die z.T. durchweg beschattet, z.T. häufigerer Besonnung ausgesetzt waren. In Bezug auf die Veränderlichkeit ihrer Saugwerte verhielten sich die Schatten- und Sonnenblätter grundsätzlich gleich. Doch lagen die zu entsprechenden Prüfungszeiten erhaltenen Saugwerte bei letzteren im Durchschnitt merklich höher als bei ersteren, obwohl z.Zt. der Probenahmen keine Unterschiede in der Sonneneinstrahlung bestanden (Abb. 2 u. 3).

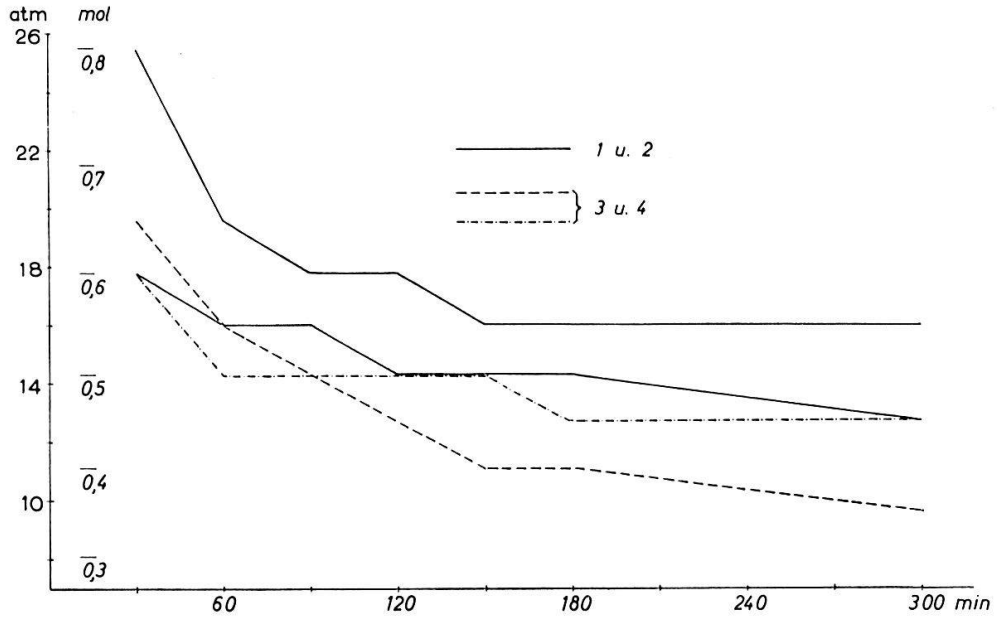

Abb. 2. *Hedera helix*, Absinken der Saugwerte vorjähriger Sonnen- und Schattenblätter im April während 5 Stunden nach Versuchsansatz. Reihen 1 und 2: Sonnenblätter, z.Zt. halbbeschattet, Reihen 3 und 4: Schattenblätter. Entnahme und Ansatz der vier Reihen am 15.IV.59, 9.20–10.00 Uhr, bei sonnigem Wetter und 15° C.

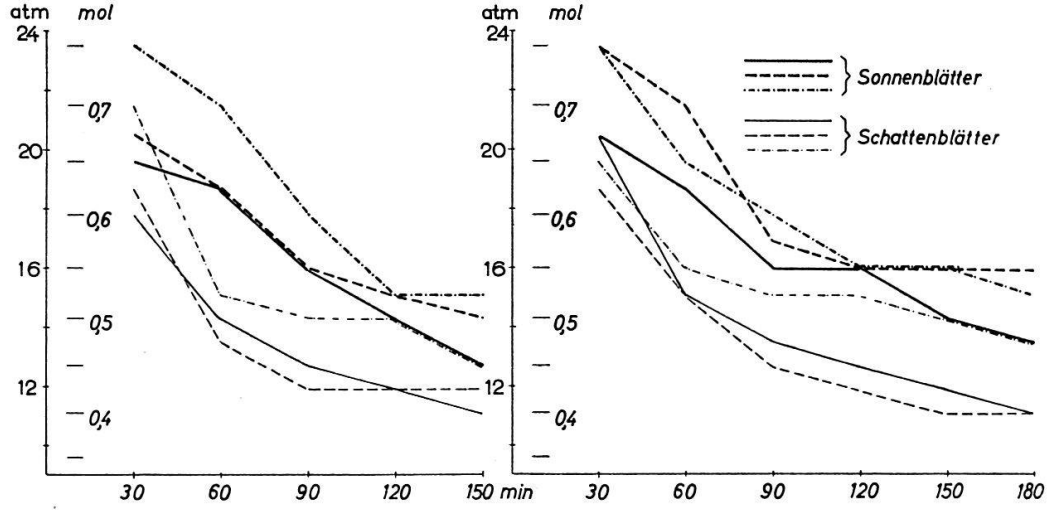

Abb. 3. *Hedera helix*, Saugwerte vorjähriger Sonnen- und Schattenblätter im März. Links: 18.III.59, Ansatz der 2×3 Reihen abwechselnd, 9.45–10.45 Uhr. Rechts: 19.III.59, ebenso, 9.20–10.20 Uhr. Wetter an beiden Tagen trocken, bedeckt, 18.III. ca. 5° C, 19.III. ca. 7° C.

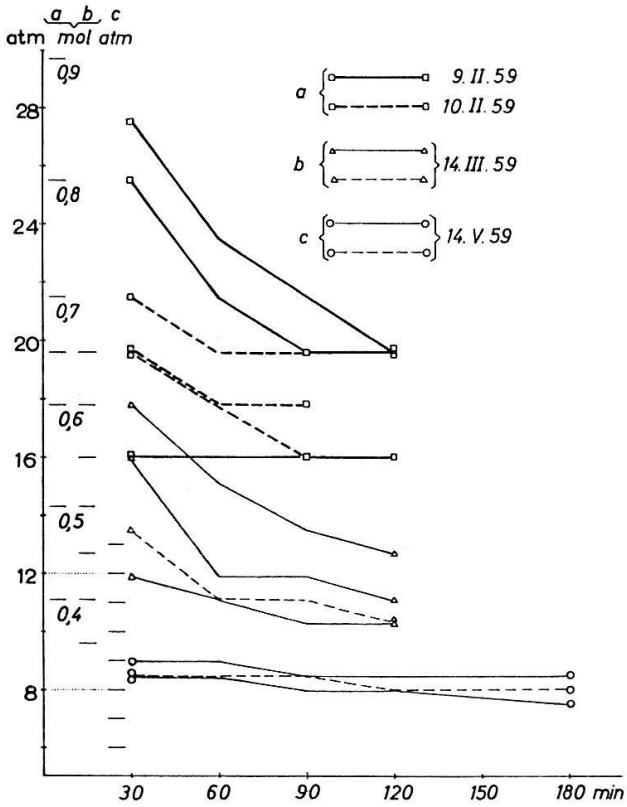

Abb. 4. *Hedera helix*, Saugwerte vorjähriger Schattenblätter im Februar (a) und März (b) sowie von Jungblättern im Mai (c).
Zeiten der Blattentnahme (= Versuchsansatz) und Wetterverhältnisse:
9. II.: 10.30–11.00, neblig-feucht, 0° C
10. II.: 9.30–10.00, bedeckt, feucht, 2° C
14.III.: ca. 10.00, bedeckt, 5° C
14. V.: 9.05– 9.25, sonnig, 57% rel. Feuchtigkeit, 12,5° C

Vergleicht man nun die Saugwerte von vorjährigen Schattenblättern im Februar (Abb. 4, oben) und März (Abb. 4, Mitte) mit denen von Jungblättern gleichartiger Sprosse im Mai (Abb. 4, unten), so fällt zunächst deren verschiedene absolute Höhe auf. Die nach vorausgegangenen Winterfrösten im Februar untersuchten Blätter zeigen unabhängig von der Prüfzeit grossenteils wesentlich höhere Werte als die einen Monat später bei milderer Witterung eingeholten. Noch niedrigere Saugwerte ergeben die Jungblätter im Mai. Ebenso bemerkenswert ist aber bei den vorjährigen Blättern – von einer Ausnahme abgesehen – das viel stärkere Abfallen der Saugwerte, wohingegen die der Jungblätter nahezu konstant bleiben.

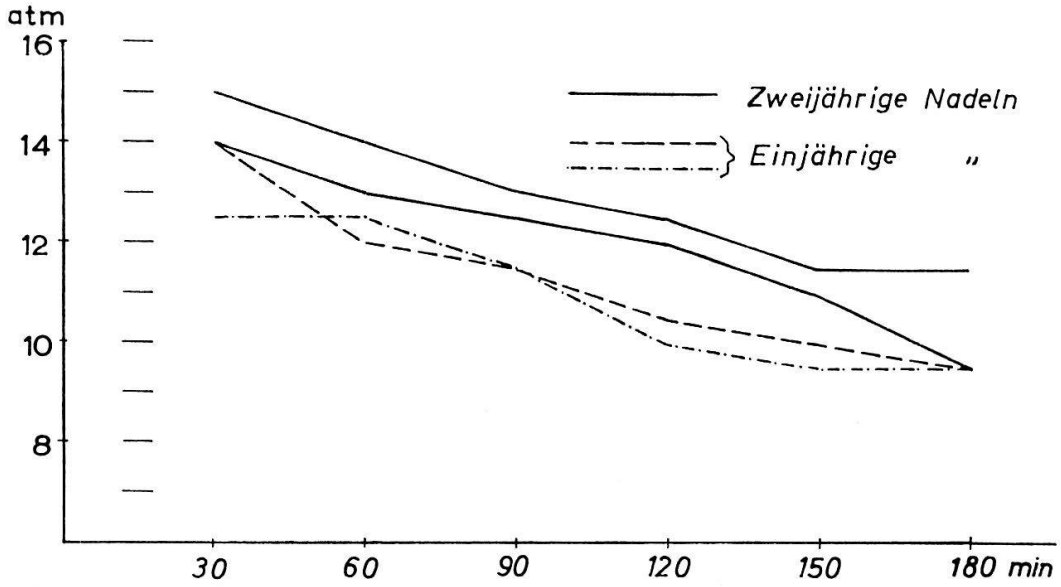

Abb. 5. *Pinus nigra*, Saugwerte ein- und zweijähriger Nadeln. (1.V.59, ca. 8.00 Uhr, Regenwetter, 6° C). Verwendete Konzentrationsstufen je 1 atm siehe links (entsprechend in Abb. 4, 6, 8, 10, 11, 12 und 14).

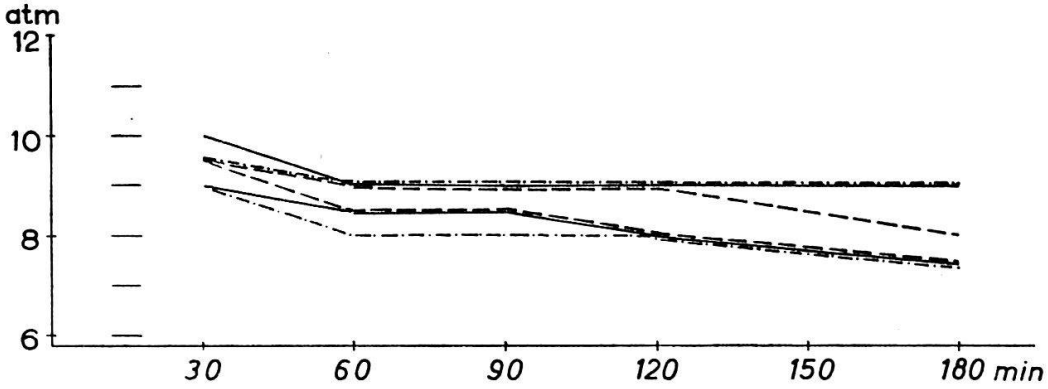

Abb. 6. *Parthenocissus Veitchii*, Saugwerte der Blätter von besonnter Hauswand. Sechs Versuchsreihen, durch verschiedene Strichelung markiert, angesetzt am 8.V.59, 15.00–15.30 Uhr (Wetter sonnig, 24° C).

Auffallend ist ferner die bei den älteren Blättern viel grössere Streuung der Werte. Nicht immer ist sie allerdings bei den ersten Prüfungen soviel grösser als bei den späteren, wie es in den gezeigten Beispielen der Fall ist. Bei den Jungblättern wurden bisher in keinem Falle Streuungen von mehr als 1,5 atm in Parallelversuchen erhalten.

Ähnlich wie die einjährigen Efeublätter verhalten sich ältere, in viele ca. 4 mm lange Stückchen zerschnittene Nadeln von *Pinus nigra* im Frühjahr. Die Saugwerte der zweijährigen Nadeln liegen meist etwas höher als die der einjährigen (Abb. 5).

Nur schwach absinkende oder nahezu konstante Saugwerte wurden in der Regel bei jungen Blättern von *Ligustrum vulgare* und *Parthenocissus Veitchii* (Abb. 6) im Mai ermittelt, wo nur am Mittag gelegentlich etwas stärker überhöhte Werte bei den ersten Prüfungen erschienen (vgl. S. 105).

Ebenso nahmen die Saugwerte bei jungen Blättern von *Ranunculus ficaria* (Abb. 7) und bei im Gewächshaus in Töpfen gewachsenen Pflanzen von *Phaseolus vulgaris* (Abb. 12), *Spinacia oleracea* und *Vicia faba* in allen bisherigen Versuchen selten um mehr als 2 atm ab.

Über die Ursachen des Absinkens oder – anders ausgedrückt – der Überhöhung der im Anfang erhaltenen Saugwerte bei einem Teil der bisher untersuchten Objekte können vorläufig nur Vermutungen geäussert werden. Da diese Erscheinung im allgemeinen bei jungen Blättern und anderen sklerenchymärmeren Organen viel schwächer ausgeprägt ist als bei älteren Blättern und Nadeln, liegt es nahe anzunehmen, dass die Grösse des Wandsubstanz-Anteils in den Geweben eine Rolle spielt. In den höheren Konzentrationen würde der von Anfang an gleichmässig, aber langsamer verlaufende Wasser-

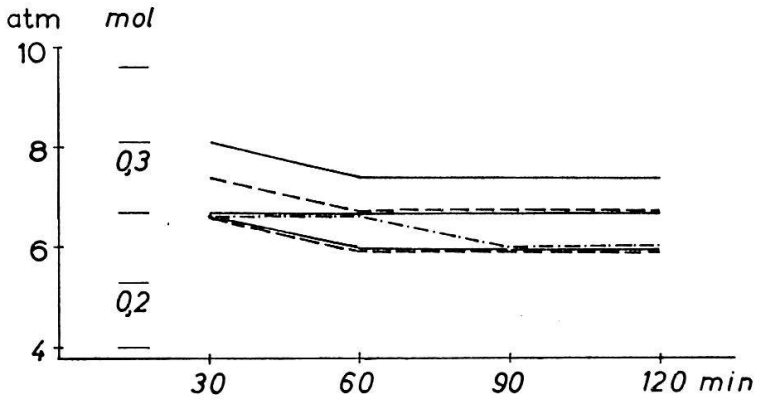

Abb. 7. *Ranunculus ficaria*, Saugwerte junger Blätter aus Halbschatten, in sechs Parallelreihen (vgl. Abb. 6), angesetzt am 2.IV.59, 10.00–11.00 Uhr (Wetter sonnig, 10° C).

entzug aus den lebenden Zellen zunächst überlagert von einer Wasseraufnahme ohne gleichzeitige Zuckeraufnahme seitens der Zellwände, insbesondere der stärker entquollenen Epidermis-Aussenwände. Die hierbei

umgesetzten Wassermengen mögen quantitativ, verglichen mit den nachher aus dem Parenchym entzogenen, geringfügig sein, aber doch hinreichend, um das Anfangsergebnis so hoch erscheinen zu lassen. Der gegenläufige Wasserabgabe-Prozess könnte dann von einem nachträglichen Einwandern des Zuckers in die Wandsubstanz begleitet sein.

Legt man trockenes Fliesspapier dicht geknüllt in Zuckerlösungen beliebiger Konzentration, so lässt sich nach kurzer Zeit stets eine geringe Erhöhung der Konzentration, also ein Entzug von Wasser aus der Lösung, beobachten, welcher auch nach mehreren Stunden nicht wieder zurück geht. Dies spricht für die Annahme, dass auch von der Zellulose der Zellwände mehr Wasser als Zucker aufgenommen werden kann.

Eine andere Erklärungsmöglichkeit ist die, dass sich im Anfang besonders eine erhöhte Saugkraft der den Schnittwunden benachbarten Zellen bemerkbar macht, nachdem der Gegendruck der Nachbarzellen weggefallen ist. Darüber hinaus wird die Saugkraft dieser Zellen infolge Verdunstung und Turgorverlustes besonders rasch und stark ansteigen, wenn die Blattstückchen zwischen dem Zerschneiden und Einfüllen auch nur kurze Zeit an der Luft liegen bleiben. Die zuerst gemessenen Saugwerte erscheinen dann oft stärker gegenüber denen bei rasch verarbeiteten Blättern erhöht als die späteren.

In vier Versuchsreihen mit nur drei Stufen (4, 6 und 8 atm) wurde je ein Teilblatt von *Phaseolus* aus dem Gewächshaus nach raschem Zerschneiden sofort den Lösungen zugegeben, in vier anderen dagegen die zerschnittene Blattmasse vor dem Einfüllen 1 Minute bei ca. 50% Rel. Feuchtigkeit liegen gelassen. Die Mittelwerte aus den Saugwerten der beiden Serien weichen nach 30 min um 1 atm, nach 60 und 90 min nur noch um 0,25 atm voneinander ab (Abb. 8).

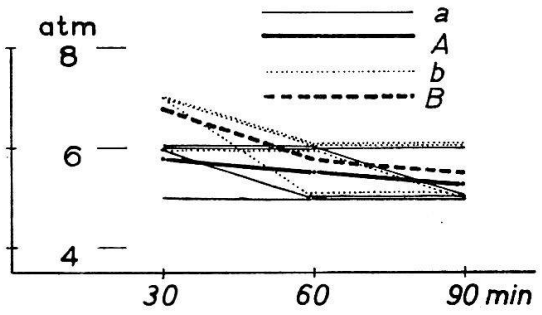

Abb. 8. *Phaseolus vulgaris*, Saugwerte der Blätter von Gewächshauspflanzen (11.IV.59). a = 4 Reihen mit sofort eingefüllten Blattstückchen, A = Mittel aus a, b = 4 Reihen mit 1 min liegengelassenen Blattstückchen, B = Mittel aus b.

Ein ähnlicher Versuch wurde mit vorjährigen Sonnenblättern von *Hedera* Mitte April angestellt. In jeder Reihe wurde ein bei 16° C und Sonnenschein entnommenes Blatt auf die Stufen 0,5 – 0,6 – 0,7 mol verteilt. Die für die ersten vier Reihen bestimmten Blattstückchen blieben 10 min offen liegen, in die anderen vier Reihen wurde sofort eingefüllt. Wo der Saugwert aus dem Messbereich herausfiel, wurde er auf 0,8 mol

(25,5 atm) bzw. 0,4 mol (11,1 atm) geschätzt. Die Mittel der Saugwerte beider Serien liegen nach 30 min ca. 4 atm, nach 120 min nur 1,3 atm auseinander (Abb. 9).

Auch diese künstlich erhöhte Saugkraft in der Nachbarschaft des Schnittes würde demnach nur in der Anfangszeit die auf die Dauer wesentlich stärker wirkende Saugkraft des Gesamt-Gewebes überlagern.

Es erscheint nach diesen Überlegungen ratsam, die nach 30 min und vielleicht auch die nach 60 min gefundenen Saugwerte noch nicht den wahren Gewebe-Saugkräften gleichzusetzen.

Denkbar ist natürlich noch, dass die Saugkraft der Zellen infolge einer Änderung des osmotischen Wertes im Zellsaft wirklich abnimmt, so dass anfangs aufgesogenes und darüber hinaus auch ursprünglich in der Vakuole vorhandenes Wasser abgegeben wird, oder dass die in der Nähe der Schnittfläche liegenden Zellen nach und nach absterben, ihre Semipermeabilität verlieren und Zellsaft abgeben, welcher zwar isotonisch mit der Lösung, aber doch spezifisch leichter sein kann.

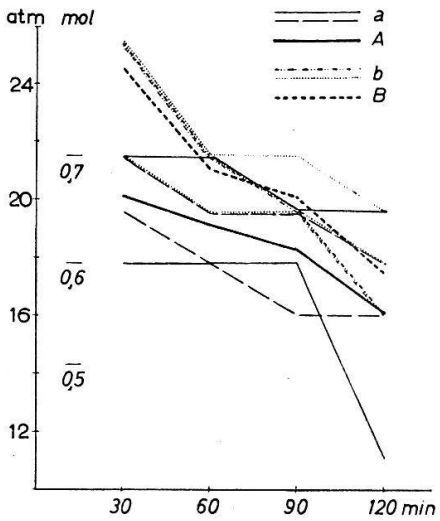

Abb. 9. *Hedera helix*, Saugwerte vorjähriger Sonnenblätter (13.IV.59, 11.00–11.30 Uhr, sonnig, 16° C).
a = 4 Reihen mit sofort eingefüllten Blattstückchen A = Mittel aus a
b = 4 Reihen mit 10min liegengelassenen Blattstückchen B = Mittel aus b

Abweichend von allen übrigen Erfahrungen zeigten Blätter von *Helianthus tuberosus* stets nach ca. 90 min ein Ansteigen der Saugwerte von ca. 0,2 auf ca. 0,5 mol, welches möglicherweise mit einem Austritt des durch Inulingehalt schwereren Zellsaftes zu erklären ist. Weitere Versuche mit inulinhaltigen Compositen stehen aber noch aus.

Auch der im Anfang aus den Schnittwunden frei werdende Zellsaft könnte die Konzentration der Probelösung beeinflussen. Spült man jedoch die Pflanzenstückchen vor dem Einlegen mit Lösungen gleicher Konzentration ab, so ergeben sich praktisch keine Unterschiede gegenüber ungespülten Proben. Ob in manchen Fällen auch eine allmähliche aktive Zuckeraufnahme durch die Zellen eine Rolle spielen mag, kann in diesem Rahmen nicht entschieden werden.

Wahrscheinlich wirken alle besprochenen Prozesse ineinander, wobei anzunehmen ist, dass die erstgenannten – Wasseraufnahme durch Zellwände und den Schnitten benachbarte Zellen – besonders die Ergebnisse in der ersten Phase des Versuches beeinflussen, während die zuletzt besprochenen erst nach längerer Versuchsdauer bestimmend werden. Somit wären die anfangs erhaltenen Saugwerte überhöht, während nach längerer Versuchsdauer zu niedrige Werte zu erwarten sind. Weil in vielen Saugwert-Kurven, insbesondere für *Hedera*, ein Wechsel vom sprunghaften, steileren zum stetigen und flacheren Abfall zwischen 60 und 120 min nach Versuchsbeginn erkennbar ist, bevorzuge ich zu Vergleichszwecken die nach 90 min erhaltenen Saugwerte in der Annahme, damit der wahren mittleren Saugkraft des untersuchten Pflanzenteils am nächsten zu kommen.

Vergleichende kryoskopische Bestimmungen des osmotischen Wertes konnten bei den Arbeiten in Zürich bisher nicht durchgeführt werden. Sie sind als notwendige Ergänzung zu den Saugkraft-Versuchen geplant. Bei H. Walter (1931a, S. 86) wird für *Hedera helix* eine Amplitude des osmotischen Wertes von 9,2 atm bei jungen Blättern bis 22 atm im Winter angegeben. Die von mir bei 90-min-Prüfungen erhaltenen Saugwerte erreichen nach Abb. 4 ihr Minimum mit 8,0–8,5 atm bei jungen Blättern im Mai, ihr Maximum mit 16,0–21,5 atm bei einjährigen Blättern im Februar. Sie liegen also erwartungsgemäss etwas niedriger als die kryoskopisch bestimmten osmotischen Werte.

Für eine noch tiefere Lage der Zellsaugkraft, also für einen späteren Prüfungszeitpunkt, sprechen allerdings einige Versuche an *Pinus nigra*, bei welchen in einem Teil der Parallel-Versuche nach der 30-min-Prüfung die Probelösungen möglichst vollständig mit einer Pipette von den Blättern entfernt und durch neue, gefärbte Lösung der gleichen Konzentration ersetzt werden. In diesen Reihen sinken bei den folgenden Prüfungen die Saugwerte viel eher auf einen annähernd konstanten Endwert und liegen schon nach 60 min meist etwas niedriger als die durchschnittlich in den übrigen Reihen nach 90 oder 120 min erreichten (Abb. 10). Die überlagernde, anfängliche Wasserauf-

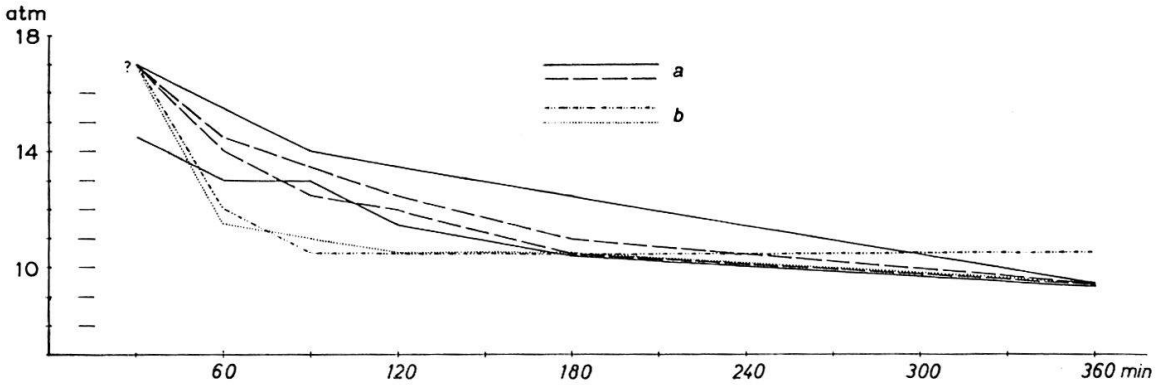

Abb. 10. *Pinus nigra*, Saugwerte einjähriger Nadeln (15.V.59, ca. 8.00 Uhr, bedeckt und feucht, 8° C).

a = 4 normal untersuchte Reihen
b = 2 Reihen mit nach 30 min erneuerten Lösungen

(Die 30-min-Saugwerte liegen in 5 Reihen oberhalb des angesetzten Messbereiches.)

nahme aus den höheren Konzentrationen ist also nach 30 min kaum noch wirksam, und die Wasserabgabe aus der überwiegenden Masse des Gewebes tritt bei den Reihen mit erneuerten Lösungen sogleich ungestörter in Erscheinung als bei den unverändert gelassenen, wo zunächst die Anfangs-Verdichtung durch das allmählich abgegebene Wasser kompensiert werden muss.

2. Tageszeitliche Schwankungen der Saugwerte

Einige Unterschiede in der Höhe vergleichbarer Saugwerte von gleichen Pflanzenteilen zu verschiedenen Tageszeiten wurden bereits oben für *Salix* und *Alnus* erwähnt.

Vorjährige Schattenblätter von *Hedera* zeigten Anfang März im Durchschnitt mehrerer Parallelen am Vormittag stets deutlich niedrigere Saugwerte als am etwas wärmeren Nachmittag, obwohl sie keiner direkten Bestrahlung ausgesetzt waren (Tab. 2).

Tab. 2. Saugwerte von *Hedera helix* zu verschiedenen Tageszeiten (in atm).

Datum	5. III.		10. III.		11. III.	
Entnahmezeit ca.	10 h	14.30 h	10 h	15 h	8 h	16 h
Lufttemperatur °C	10	13	7	12	5	14
Wetterlage	bedeckt	sonnig	halbsonnig		bedeckt	sonnig
	a) Prüfung nach 30 min					
	16,0	21,5	20,5	23,5	nicht vorgenommen	
	16,0	19,6	18,7	21,5		
		19,6	16,0	16,0		
Mittel	16,0	20,2	18,4	20,3		
	b) Prüfung nach 90 min					
	14,3	16,0	13,5	16,9	16,0	17,8
	14,3	16,0	12,7	16,9	13,5	16,9
		16,0	12,7	12,7	13,5	16,0
					13,5	16,0
					12,7	15,1
					11,9	15,1
Mittel	14,3	16,0	13,0	15,5	13,5	16,2

Recht gering ist der Tagesgang bei Jungblättern von *Hedera* ebenso wie bei solchen von *Ligustrum vulgare* und *Parthenocissus Veitchii* im Mai, wenn man die nach 90 min erhaltenen Saugwerte vergleicht (Abb. 11). Etwas ausgeprägter erscheint er für die 30-min-Werte, die bei *Hedera* um 1, bei *Parthenocissus* um 1,5 und bei *Ligustrum* um 2 atm über den 90-min-Werten liegen können. Sollte sich diese Erfahrung künftig wiederholt bestätigen, so

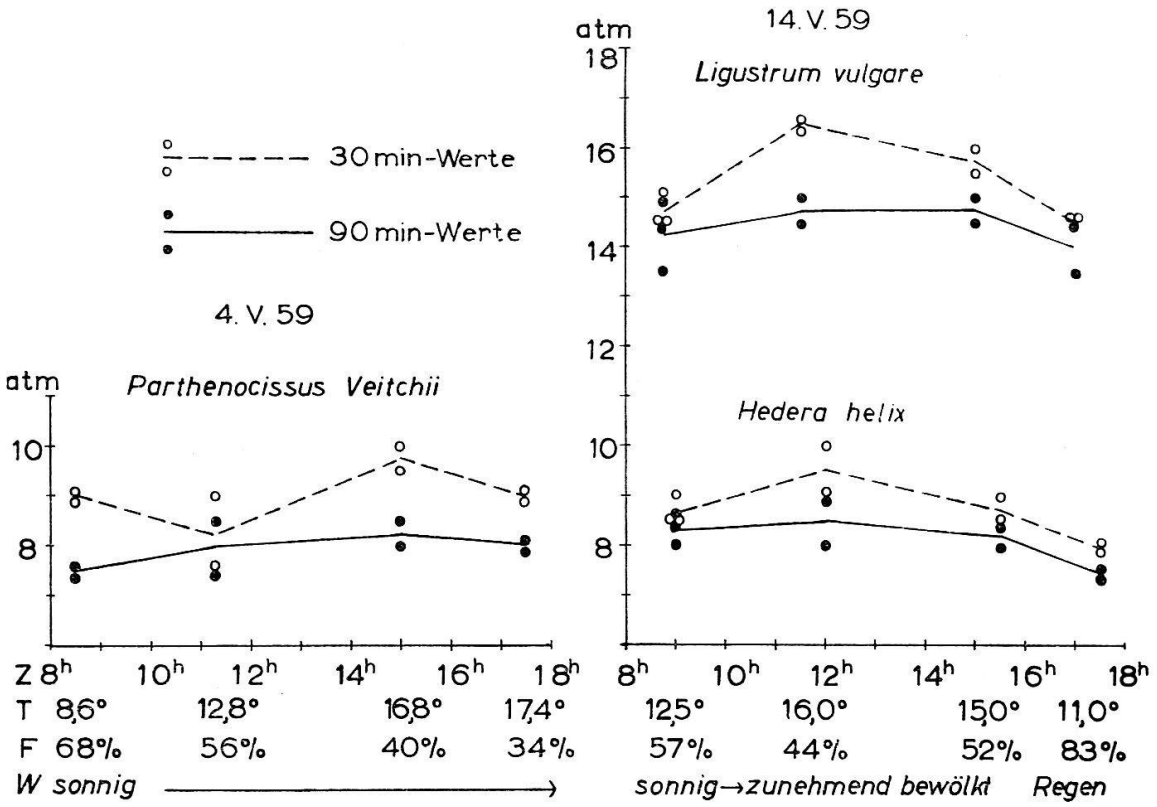

Abb. 11. Tagesgänge der Saugwerte von jungen Blättern dreier Arten. Ansatz von je 3 oder 2 Parallelen zu vier Tageszeiten. Dargestellt sind die bei Prüfung nach 30 und 90 min erhaltenen Werte und die Verbindungslinien ihrer Mittelwerte.
(Z = Zeit, T = Temperatur, F = Relative Feuchtigkeit, W = Wetter)

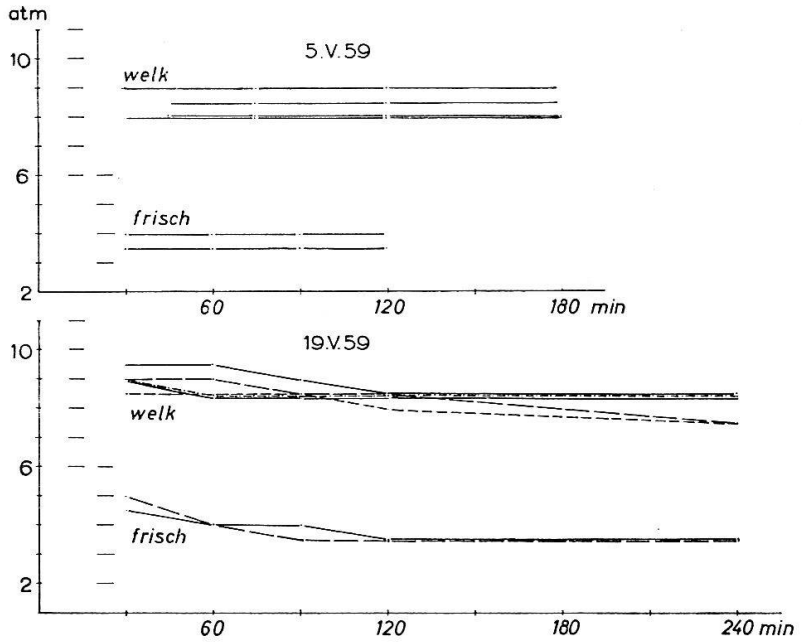

Abb. 12 *Phaseolus vulgaris* (Gewächshauspflanzen), Saugwerte der Blätter beim Welkungspunkt und nach längerem Aufenthalt in der feuchten Kammer.

wäre damit ein Grund gegeben, für praktische Vergleichszwecke bei ökologischen Untersuchungen die Prüfung schon nach 30 min vorzunehmen, wie es auch SCHARDAKOW vorschlägt, ohne Rücksicht darauf, ob damit echte oder überhöhte Saugkräfte erfasst werden.

3. Einfluss des Welkens auf die Höhe der Saugwerte

Etwa 40 Tage alte, im Gewächshaus in Töpfen gezogene *Phaseolus*-Pflanzen wurden trocken gehalten und allmählich soweit zum Welken gebracht, dass sie sich auch nach mehreren Stunden bei 100% Rel. Feuchtigkeit nicht wieder erholten (permanent wilting). Ihre Saugwerte wurden mit denen von gleich alten, ca. 10 Tage ständig bei 100% Rel. F. gehaltenen Pflanzen verglichen. Abb. 12 zeigt, dass die Werte bei allen Prüfungszeiten stets um 4,5–5 atm auseinanderliegen.

Der Einfluss verschiedener Grade des Welkens wurde an jüngeren *Phaseolus*-Pflanzen untersucht, die bei ca. 50% Rel. Feuchtigkeit herangezogen worden waren (Abb. 13):

Mehrere Teilblätter von gleicher Beschaffenheit wurden gleichzeitig abgeschnitten, davon sechs sofort zerschnitten und zu je zwei den drei ersten Reihen mit sechs Stufen von 0,15–0,4 mol zugegeben, je drei weitere, nachdem sie eine Stunde bis zum Beginn des Welkens trocken liegen geblieben waren, den Reihen 4 und 5 (0,2–0,5 mol), wiederum drei nach 1½ Stunden der Reihe 6 (0,25–0,65 mol) zuletzt je drei nach zwei Stunden den Reihen 7 und 8 (0,3–0,65 mol).

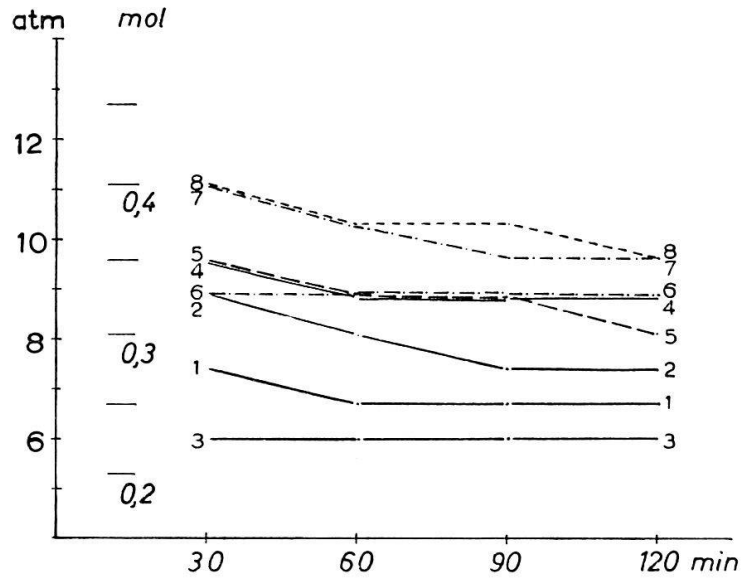

Abb. 13. *Phaseolus vulgaris*, Höhe der Saugwerte von Blättern nach verschiedener Dauer des Welkens. Ansatz der Reihen 1–3 sofort, 4–5 nach 1 Std., 6 nach 1½ Std., 7–8 nach 2 Std. des Welkens bei ca. 50% rel. Feuchtigkeit. (3.IV.59).

Wenn auch die einzelnen Parallelen eine grössere Streuung aufweisen und die Werte absolut höher ausfallen als die im vorigen Versuch erhaltenen, so ist doch erkennbar, wie die Saugwerte der drei ersten Reihen deutlich unter denen der drei folgenden und diese wieder tiefer als die der letzten beiden liegen.

Am 9.V. wurden Zweige von *Fagus silvatica* mit voll entfalteten, jungen Blättern nach dem Abschneiden ohne Wasser der Zimmerluft (ca 50% R.F.) ausgesetzt. Es wurden davon je zwei Blätter für eine Versuchsreihe entnommen, und zwar die ersten sofort (10.35 Uhr), die folgenden um 10.50, 11.05, 11.35 und 11.50. Bis 12 Uhr zeigten die Blätter aber noch keinerlei Welkungserscheinungen und dementsprechend stiegen die Saugwerte auch nicht in regelmässiger Folge an, sondern die der letzten Reihe lagen sogar noch unter denen der vorhergehenden (Abb. 14). Die Wiederholung des Versuches mit grösseren Abständen der Prüfungszeiten ist vorgesehen.

4. Unterschiede der Saugwerte innerhalb einer Pflanze

Eine in lockerer Gartenerde im Gewächshaus herangewachsene, ca. vier Wochen alte *Vicia faba* zeigte bei Prüfung in je zwei Reihen mit Stufen von 2 – 4 – 6 – 8 atm für die Wurzeln niedrigere mittlere 30-min-Werte als für die Blätter, während die 60-min-Werte nahezu übereinstimmten:

	Reihe	Blätter	Stengel	Wurzel
Nach 30 min:	1.	5 atm	4 atm	3 atm
	2.	4 atm	3 atm	3 atm
Nach 60 min:	1.	4 atm	3 atm	3 atm
	2.	3 atm	3 atm	3 atm

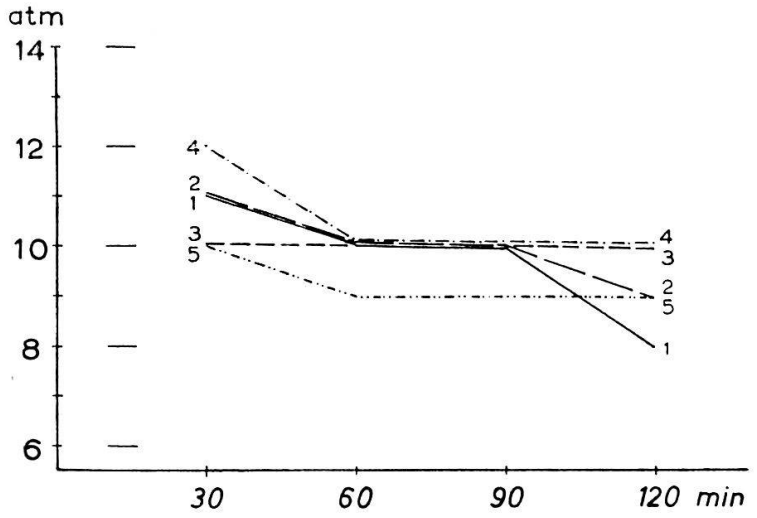

Abb. 14. *Fagus silvatica*, Saugwerte junger, besonnter Blätter (Entnahme von Zweigen am 9.V.59,10.30 Uhr, bei sonnigem Wetter und 20° C). Ansatz der Reihe 1 sofort, Reihe 2 nach 15 min, 3 nach 30 min, 4 nach 60 min, 5 nach 75 min des Stehenlassens der Zweige ohne Wasser bei ca. 50% rel. Feuchtigkeit.

Es wurden für die beiden ersten Reihen je zwei Teilblätter eines ausgewachsenen oberen Blattes, für die beiden folgenden Reihen mehrere 2 mm dicke, mit der Rasierklinge geschnittene Scheibchen aus dem mittleren Stengelabschnitt und für die beiden letzten Reihen Stücke der Hauptwurzel verwendet, die vor dem Zerschneiden rasch mit Fliesspapier abgewischt worden war, um die Hauptmenge von Erde und Wasser von der Oberfläche zu entfernen. Die Wurzelstücke wurden zur weiteren Beseitigung überschüssigen anhaftenden Wassers vor dem Einlegen in die Probelösungen kurze Zeit in Lösungen gleicher Konzentration geschüttelt.

Bei Topfpflanzen von *Spinacia oleracea* wurden kurz vor der Blütezeit in Reihen mit Stufen von 3 – 4 – 5 – 6 – 7 atm folgende Saugwerte ermittelt:

A. Kräftigere Pflanze	Prüfung nach min: 30	60	90
1. Drei oberste voll entfaltete, über 2 cm lange Blätter	7,0	7,0	6,5
2. Zwei nächstfolgende Blätter	5,0	5,0	5,0
3. Zwei tieferliegende, ältere Blätter	6,5	6,5	6,0
4. Stengel im unteren Drittel	6,5	6,5	6,0
B. Schwächere Pflanze			
1. Vier jüngste, oberste entfaltete Blätter	7,5	7,5	7,5
2. Zwei nächstfolgende Blätter	7,0	7,0	7,0
3. Zwei tieferliegende ältere Blätter im Beginn des Vergilbens	8,0	8,0	8,0
4. Stengel im unteren Drittel	7,5	7,5	7,5

Eine in den Stufen 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 atm geprüfte, kräftige Spinatpflanze zeigte die folgenden Unterschiede:

	Prüfung nach min.: 30	60	90
1. Sechs jüngste Blätter aus dem Bereich der Sprossspitze	8,0	6,5	6,5
2. Zwei nächstältere voll ausgebildete Blätter	7,5	5,5	5,5
3. Zwei Blätter aus dem mittleren Sprossbereich	5,5	5,0	5,0
4. Zwei Blätter aus dem unteren Drittel des Sprosses, noch frisch, unvergilbt	5,0	5,0	4,5
5. Stengel, unteres Drittel	6,0	5,5	5,5
6. Unter dem Topf herausgewachsene, verfilzte, reine Wurzeln, mit Filtrierpapier äusserlich gründlich abgetrocknet, jedoch nicht vorgespült (unsicher, da an der Grenze des Messbereiches)	3,0?	3,0?	3,0?

Gemeinsam sind den drei Versuchsergebnissen die meist hohen Werte der Spitzenblätter, eine gewisse Abnahme bei den nächstfolgenden und, weniger eindeutig, ein Anstieg bei älteren Blättern oder wenigstens im Stengel. Über das Verhalten der Wurzeln müssen noch weitere Versuche mit Vorspülung wie bei *Vicia faba* Auskunft geben. Bemerkenswert ist vorläufig die Übereinstimmung (3 atm!) bei *Vicia* und *Spinacia*.

Versuche über die Höhe der Wurzelsaugkraft beim Welkungspunkt im Vergleich zu den bei Blättern derselben Pflanze festgestellten Werten, sowie zu den mit anderen Methoden zu ermittelnden Bodensaugkräften sind für die nächste Zeit vorgesehen.

C. Zusammenfassung

Es wird ein Zwischenbericht über noch nicht abgeschlossene Versuche mit der SCHARDAKOW-Methode gegeben, welche die Saugkraft ausgeschnittener Pflanzenteile durch die Dichteänderungen im Osmotikum zu erfassen sucht.

Als problematisch erweist sich die Festsetzung des geeigneten Prüfungszeitpunktes, da die erhaltenen Saugwerte bei einem Teil der Objekte, insbesondere bei älteren Blättern, häufig im Verlauf der ersten Stunden nach Ansatz des Versuches über mehrere Atmosphären absinken. Über die wirkliche Höhe der Saugkraft können dabei, solange parallellaufende kryoskopische Bestimmungen des osmotischen Wertes, insbesondere solche an welkenden Blättern, noch ausstehen, in diesen Fällen vorläufig nur einige Vermutungen geäussert werden.

Die zu entsprechenden Prüfungszeiten, etwa nach 90 min, erhaltenen Saugwerte sind aber untereinander gut vergleichbar. Die folgende Übersicht zeigt die bei den Blättern der bisher untersuchten Pflanzenarten erhaltenen niedrigsten und höchsten Saugwerte in atm, und zwar, soweit nicht anders angegeben, bei Prüfungen nach 90 min:

Vicia faba (Gewächshaus, 60 min)	3,0–4,0 (Wurzeln 3,0)
Phaseolus vulgaris (Gewächshaus)	3,5 (feuchte Kammer) – 10,5 (welk)
Sedum pachyphyllum (Gewächshaus)	4,0
Spinacia oleracea (Gewächshaus)	4,5–8,0 (Wurzeln 3,0?)
Ranunculus ficaria	5,3–7,4
Solanum tuberosum	6,7 (Knollen) – 8,1 (Blätter)
Parthenocissus Veitchii	7,5–9,0
Hedera helix	8,0 (Jungblätter) – 21,5 (Winter)
Fagus silvatica (Jungblätter)	9,0–10,0
Fagus silvatica (ältere Schattenblätter, 120 min)	ca. 11
Pirus malus (Früchte)	9,5 (–12,5)
Pinus nigra (einjährige Nadeln im Frühjahr)	10,0–14,0
Ligustrum vulgare	12,0–15,0
Quercus robur (Sonnenbl., morgens, 120 min)	ca. 16
Alnus glutinosa (in Sonne, mittags, 60 min)	ca. 16
Salix alba (in Sonne, mittags, 60 min)	16–20
Pinus silvestris (Herbst, 120 min)	18–22 (ungesichert)

Erhebliche Unterschiede wurden innerhalb einer Art (*Hedera helix*) zwischen Blättern verschiedenen Alters sowie zwischen Sonnen- und Schattenblättern festgestellt. Im Tagesgang kommen bei älteren Blättern von *Hedera* deutliche Anstiege der Saugwerte vom Morgen zum Nachmittag vor, während junge Blätter von *Hedera*, *Parthenocissus* und *Ligustrum* geringere Tagesschwankungen aufweisen.

Die Saugkrafterhöhungen in welkenden Blättern konnten bei *Phaseolus* deutlich gemacht werden.

Die in verschiedenen Abschnitten einzelner Pflanzen von *Vicia faba* und *Spinacia oleracea* gefundenen Saugwerte weisen gewisse Abweichungen voneinander auf. Für die Wurzeln wurden mit 3 atm die niedrigsten Werte erhalten. Es handelt sich hierbei jedoch bisher nur um Einzelversuche, deren Ergebnisse noch durch eine grössere Zahl von Untersuchungen zu stützen sind.

D. Literatur

SCHARDAKOW, W.S.: Arb. Akad. Wiss. Usbek. SSR, Taschkent, 1956 und 1957. – Ref. von H. WALTER in Fortschr. d. Botanik, Bd. 20, S. 102, 1958.

URSPRUNG, A.: Die Messung der osmotischen Zustandsgrössen pflanzlicher Zellen und Gewebe. Abderhaldens Handb. d. biol. Arbeitsmethoden, Abt. XI, Teil 4 (1109–1572), 1937.

URSPRUNG, A. u. BLUM, G.: Zur Methode der Saugkraftmessung. Ber. Deutsch. Bot. Ges. **34** (525–539), 1916.

– Zwei neue Saugkraftmessmethoden. Jahrb. f. wiss. Bot. **72** (254–334), 1930.

WALTER, H.: Die Hydratur der Pflanze. Jena, 1931a.

– Die kryoskopische Bestimmung des osmotischen Wertes bei Pflanzen, ABDERHALDENS Handb. d. biol. Arbeitsmethoden, Abt. XI, Teil 4 (353–371), 1931b.

BEITRAG ZUR MIKROBIOCOENOSE DER SCHNEETÄLCHEN AUF MACUN (UNTERENGADIN)

Von Fritz HEINIS

INHALT

Einleitung 110
Lage und Beschreibung 111
Probeentnahme und Methodik 112
Untersuchung der Proben 113
  Schneetälchen mit Pohlia commutata 113
  Schneetälchen mit Ranunculus pygmaeus 113
Mikrofauna verschiedener Vegetationspolster 114
  Carex curvula 114
  Salix herbacea 115
  Anthelia juratzkana 115
  Saxifraga seguieri 116
Flechtenfauna 116
  Solorina crocea 116
  Flechten der Randzone 117
  Krustenflechten 117
Fauna der Trockenmoose 117
Allgemeine Bemerkungen 118
Verzeichnis der Arten 121
Zusammenfassung 122
Literatur 122

Einleitung

In einer früheren Arbeit über die Mikrobiocoenose in alpinen Pflanzenpolstern (12) wurde auch über die Kleinlebewelt in einigen Schneetälchen der hochalpinen Stufe berichtet und weitere diesbezügliche Untersuchungen in Aussicht gestellt. Es war mir nun anlässlich von Besuchen im Nationalpark