

**Zeitschrift:** Mémoires de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles.  
Botanique = Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in  
Freiburg. Botanik

**Herausgeber:** Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles

**Band:** 4 (1926-1947)

**Heft:** 1: Einige Ergebnisse der Saugkraftmessungen an Freilandpflanzen

**Artikel:** Einige Ergebnisse der Saugkraftmessungen an Freilandpflanzen

**Autor:** Blum, G.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-306867>

#### 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:** 16.02.2026

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

# Einige Ergebnisse der Saugkraftmessungen an Freilandpflanzen

von

Dr G. BLUM

Privatdozent an der Universität

---

Unter den vielen Faktoren, die das Gedeihen der Pflanze beeinflussen, steht an erster Stelle das Wasser. Alle Bestandteile derselben, die lebenden und die toten, enthalten Wasser, die Lebenserscheinungen des Protoplasmas selbst vollziehen sich in wässrigen Medien und die Gestalt der Pflanze hängt vor allem ab von dem ihr zur Verfügung stehenden Wasservorrat.

Wie auf das einzelne Individuum, übt das Wasser auch einen grossen Einfluss aus auf die Verteilung der gesamten Pflanzenwelt. Der Wassergehalt des Bodens, die Menge und die Verteilung der Niederschläge bestimmen in erster Linie die Art der Pflanzengesellschaft, die ein Gebiet besiedelt.

Diese überragende Bedeutung des Wassers für das Leben der Einzelpflanze wie der Pflanzengesellschaften führte in der Pflanzenphysiologie zunächst zur Ermittlung der *Menge* des von den Pflanzen erforderlichen Wassers. Das geschieht am genauesten durch Messung der Wasseraufnahme durch die Wurzeln mit Hilfe verschiedener Apparate. Doch sind diese Methoden nur unter gewissen Bedingungen brauchbar, sodass man oft gezwungen war auch aus der Was-

serabgabe Rückschlüsse zu ziehen auf die Grösse des Wasserverbrauches. Allediese Untersuchungen zeigten, dass die Pflanzen gewaltige Quantitäten Wasser brauchen. Zu diesem Wasser gelangen sie, indem sie es aus dem umgebenden Medium einsaugen und damit kommen wir zu der *Kraft*, mit welcher die Pflanzen das zu ihrem Gedeihen notwendige Wasser erwerben. Diese Kraft, mit der eine Zelle, ein Gewebe, ein Organ, eine ganze Pflanze ihr Wasser anzuziehen vermag, nennen wir die *Saugkraft*.

Um zu einem Verständnis der Wasserversorgung einer einzelnen Pflanze zu gelangen, musste die Saugkraft einzelner Zellen gemessen werden. Auf diese Weise konnte man die Wanderung des Wassers in der Absorptionszone der Wurzel von den aufsaugenden Wurzelhaaren bis in die jüngsten Gefäße ermitteln, ebenso die Verteilung der Saugkraft in verschiedenen Stammhöhen und in den Zellen des Laubblattes. Einige dieser Resultate sind schon früher zusammenfassend dargestellt worden (6,9).

Will man aber rasch eine Übersicht bekommen über die Saugkraftverteilung der Gewebe in der Pflanze oder wünscht man mehrere Arten oder gar ganze Bestände einer Pflanzengesellschaft miteinander zu vergleichen, so benützt man die vereinfachte Methode der Saugkraftmessung, mit deren Hilfe die Saugkraft ganzer Gewebe und Organe auf einfache Weise bestimmt werden kann (5). Streifen der zu untersuchenden Gewebe werden in Rohrzuckerlösungen steigender Konzentration gelegt und man setzt dann die Saugkraft des Gewebes gleich der Saugkraft derjenigen Rohrzuckerkonzentration, in der das Gewebe seine Länge nicht mehr verändert. Diese Methode gestattet die Messung der Saugkraft am Standort der Pflanze auf freiem Feld und sie kann uns Aufschluss

geben über die Saugkräfte verschiedener Arten und verschiedener Standorte, wie auch über die Einwirkung der Aussenfaktoren. Da diese Untersuchungen in der Umgebung von Freiburg durchgeführt wurden, lag es nahe, anlässlich der diesjährigen Versammlung der S. N. G. einen kurzen Überblick der seit 1923 bis jetzt erreichten Resultate zu geben.

### *I. Die Schwankungen der Saugkraft und ihre Abhängigkeit von Aussenfaktoren.*

1. Um ein Bild von der Veränderung der Saugkraft zu bekommen, betrachten wir zuerst Fig. 1. Sie stellt die Schwankungen der Blattsaugkraft von *Taraxacum officinale* in Atm. dar; die obere ausgezogene Kurve zeigt die Saugkraft der Blattspreite, die untere diejenige der Epidermis des Blattmittelnerven. Unten sind die Tage angegeben, an denen die Saugkraft gemessen wurde, oben die Tagesstunden.

Verfolgen wir zunächst die Saugkraft an den einzelnen Tagen, so fällt auf, dass alle Kurven dasselbe Verhalten zeigen: Ansteigen der Saugkraft von Morgen bis Mittag, dann Abnahme derselben am Nachmittag. Das ist das gewöhnliche Verhalten aller bis jetzt untersuchten Landpflanzen an normalen Tagen während der ganzen Vegetationsperiode. Die Saugkraft führt also tägliche Schwankungen aus, die periodisch verlaufen.

Eine ähnliche tägliche Periodizität zeigt auch der osmotische Wert bei Grenzplasmolyse. Die Saugkraft einer Zelle hängt nun ab von der Saugkraft des Inhalts und vom Wanddruck (6,10). Je grösser der osmotische Wert, um so höher ist cet. par. die Saugkraft der Zelle, je grösser der Wanddruck, um-

so kleiner ist die Saugkraft der Zelle. Von der täglichen Schwankung des Zellvolumens liegen bis jetzt allerdings noch keine Beobachtungen vor, hingegen verläuft die Dickenänderung von Laubblättern und Stämmen im entgegengesetzten Sinn: Abnahme bis Mittag, Zunahme am Nachmittag. Die täglichen Veränderungen der Saugkraft lassen sich also zurückführen auf gleichsinnige Veränderungen des osmotischen Wertes und entgegengesetzt verlaufende Schwankungen der Wasserbilanz der Zelle.

Fig. 1 zeigt uns weiter die Bedeutung der Aussenfaktoren. Die gestrichelte Kurve gibt die Grösse des Sättigungsdefizits der Luft, die punktierte die relative Feuchtigkeit an. Die Lufttemperatur und die rel. Feuchtigkeit wurden zwischen den Blättern des untersuchten *Taraxacum* gemessen. Wenn wir absehen von Regentagen, so verlaufen die Saugkraftkurven in demselben Sinn wie die Kurven des Sättigungsdefizits. Da, wie Laboratoriumsversuche zeigten, kleinere Temperaturschwankungen im Bereich der Wärmegrade, unter denen unsere Pflanzen ihre normalen Lebensfunktionen ausführen, nur einen geringen Einfluss auf die Saugkraft haben, so müssen wir die rel. Luftfeuchtigkeit als denjenigen Faktor betrachten, der in erster Linie die tägliche Schwankung der Saugkraft beeinflusst. Die Figur zeigt denn auch die Zunahme der Saugkraft mit sinkender Luftfeuchtigkeit und umgekehrt. Diese Wirkung der rel. Luftfeuchtigkeit konnte besonders schön verfolgt werden in Laboratoriumsversuchen mit *Bellis*-zungen, worüber man die Originalliteratur vergleichen möge (7). Es zeigte sich, dass eine geringe Änderung der Luftfeuchtigkeit die Grösse der Saugkraft nur wenig beeinflusst, eine grössere Feuchtigkeitsdifferenz aber die Saugkraft nach wenigen Stunden

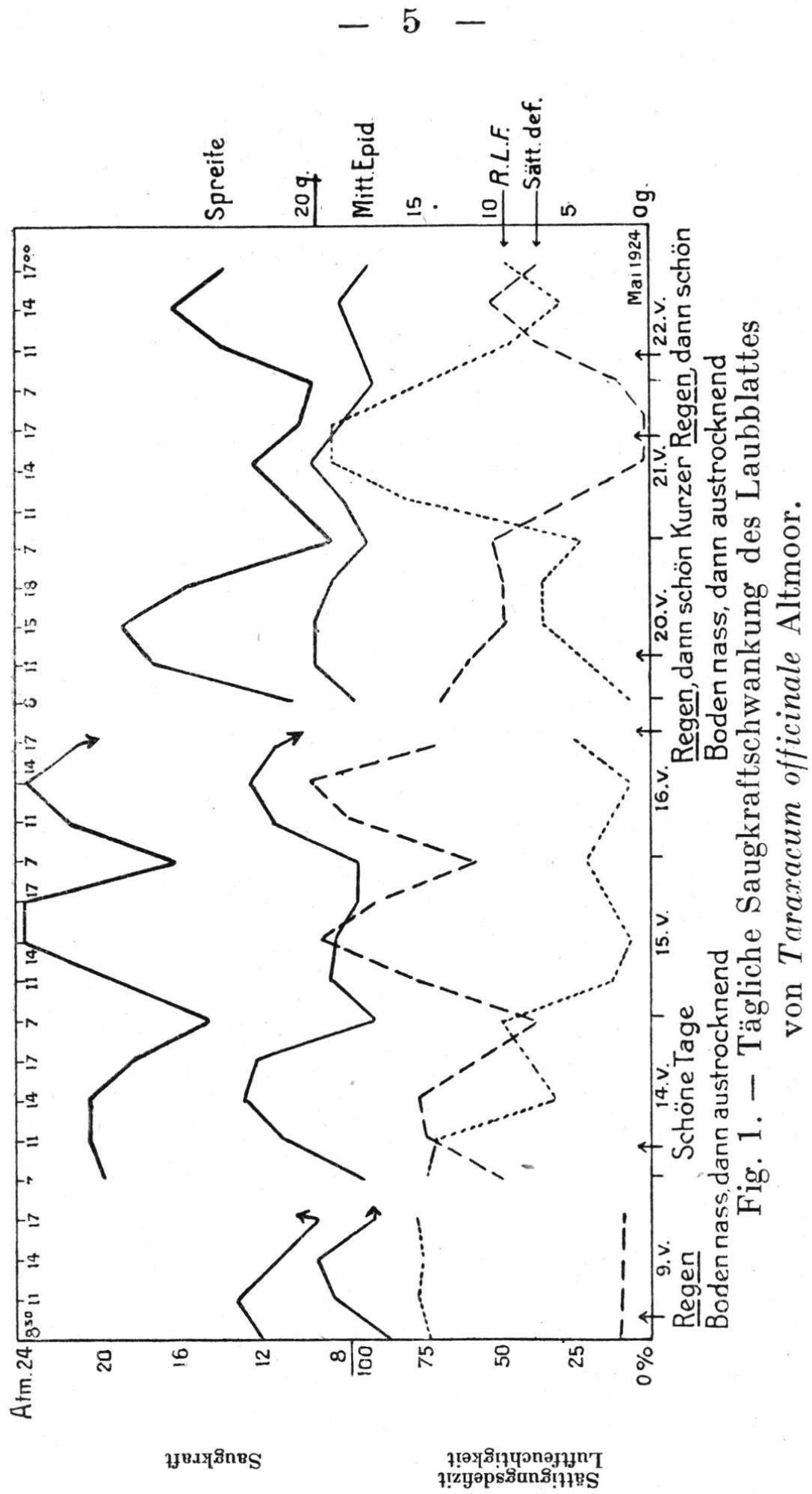


Fig. 1. — Tägliche Saugkraftschwankung des Laubblattes von *Taraxacum officinale* Altmoor.

verändert, wenn der Boden nicht zu feucht ist. Steht aber die Pflanze (junge Maiskulturen) in Wasser, so steigt die Saugkraft ihrer Blätter erst nach 2 Tagen von 4,5 auf 7,1 Atm. bei einem Übertragen aus einem Raume mit 100 % rel. Feuchtigkeit in einen solchen mit 14 % rel. Feuchtigkeit.

Damit kommen wir zum zweiten Faktor, der die Saugkraft in starkem Masse beeinflusst, zur Bodenfeuchtigkeit, was auch in schönster Weise die Kurven der Fig. 1 demonstrieren. Die Messung begann am 9. Mai, der Boden war nass, die Saugkraft tief. Dann folgte eine Reihe schöner Tage, der Boden trocknete aus, die Saugkraft stieg an, um nach einem neuen Regen am 19. Mai wieder zu sinken. Am 20. Mai war es schön, die Saugkraft stieg wieder, um am folgenden Tag bei feuchter Luft und abermaligem kurzen Regen niedrig zu bleiben und am 22. Mai bei neuerdings austrocknendem Boden noch einmal anzusteigen.

In welcher Weise ein einzelner Regen wirken kann, zeigt Tabelle 1, in der dieselben Pflanzen vor und nach Regen an demselben Standort untersucht wurden.

Tabelle 1. — Saugkraft vor und nach Regen.

	Saugkraft in Atm.			
	vor Regen	nach Regen	Differenz Atm.	Standort
<i>Bellis perennis</i> , Krone . . .	12,4	5,3	7,1	Garten.
» » . . .	22,8	8,0	14,8	»
<i>Erinus alpinus</i> , Spreite . . .	23,5	21,5	2,0	Geröllrasen
» » Krone . . .	13,5	11,0	2,5	»
<i>Satureia alpina</i> , Spreite . . .	34,5	13,5	21,0	»
» » Krone . . .	12,0	8,0	4,0	»
<i>Helianthemum num.</i> , Spreite	44,5	37,0	7,5	»
» » Krone	17,5	16,0	1,5	»
<i>Biscutella levigata</i> , Spreite	25,5	21,5	4,0	»
» » Krone . . .	14,5	14,5	0,0	»
<i>Geranium sylvaticum</i> , Spreite	21,5	21,5	0,0	»
» » Krone	7,5	6,5	1,0	»
<i>Sempervivum tectorum</i> Spr.	39,0	27,5	11,5	Felsspalte.
<i>Fragaria vesca</i> , Krone . . .	12,6	9,6	3,0	Altmoor
<i>Erinus alpinus</i> , Wurzeln . . .	10,5	9,0	1,5	Geröllrasen

Der Regen bringt demnach die Saugkraft zum Sinken, aber verschiedene Arten und verschiedene Organe derselben Art reagieren ungleich stark. Während die Krone von *Biscutella* und die Spreite von *Geranium sylvaticum* ihre Werte nicht ändern, sinkt die Spreite von *Satureia alpina* um 21,0, die von *Sempervivum* um 11,5 Atm.

2. Vorhin wurde absichtlich als Beispiel *Taraxacum* gewählt, da es zeigt, dass selbst auf freiem, offenem Felde die Einwirkung der die Saugkraft verändernden Faktoren klar hervortritt. Zudem handelt es sich hier um die Saugkraftveränderungen des Blattes, dessen Rolle als wichtigster Wasserkonsument allgemein bekannt ist.

Weitaus die meisten Messungen wurden aber an einer Gartenbellis gemacht, deren Zunge während einer ganzen Vegetationsperiode untersucht wurde (3,7). In Bezug auf die Abhängigkeit der täglichen

Schwankungen der Saugkraft von der Luft- und Bodenfeuchtigkeit konnte weiter folgendes festgestellt werden :

a) Die Saugkraftschwankung während eines Tages ist umso grösser, je stärker die Änderung der Luftfeuchtigkeit ist, wie folgende Zusammenstellung zeigt :

Datum	Rel. Luftfeuchtigkeit in %	Tägliche Differenz der Saugkraft der Bellis- zunge in Atm.	
13. XI.	6		0,6
26. IX.	24		3,8
27. IX.	40		4,3
26. VII.	42		5,8
10. VIII.	52		8,0
13. VII.	64		9,8

Trotzdem der Regen in diesen Beispielen kaum eine Rolle spielen dürfte, ist eine strenge Proportionalität nicht zu erwarten, da andere Faktoren in untergeordnetem Masse die Saugkraft verändern können.

b) Die Luftfeuchtigkeit wirkt vorwiegend nicht direkt auf die oberirdischen Organe ein, sondern indirekt durch Veränderung der Bodenfeuchtigkeit.

*Beispiel* : Laboratoriumsversuch mit eingetopfter Bellis (Spreite) ; Versuchsdauer 1 Stunde.

Topf nackt : Senkung der Luftfeuchtigkeit von 100 Prozent auf 60 % :

Saugkraft steigt von 7,0 auf 14,3 Atm.

Topf umhüllt : Senkung der Luftfeuchtigkeit von 100 % auf 60 % :

Saugkraft steigt von 9,6 auf 11,0 Atm.

c) Die Saugkraftveränderungen im Verlaufe der Vegetationsperiode lassen sich zurückführen auf die Verteilung von Regen- und Trockenperioden. Nach einem kurzen Regen fällt die Saugkraft, steigt aber

rasch wieder an mit zunehmender Trockenheit des Bodens. Längere Regenperioden verursachen ein dauerndes Fallen der Saugkraft.

Auf dieselben Ursachen dürfte auch die Tatsache zurückzuführen sein, dass vielfach im feuchteren Frühjahr dieselben Arten kleinere Werte ergeben als im trockeneren August, trotzdem wachsende Organe höhere Saugkräfte besitzen als ausgewachsene.

Tabelle 2.

	Frühsommer		August		Differenz	
	Spreite	Krone	Spreite	Krone	Spreite	Krone
	Atm.	Atm.	Atm.	Atm.	Atm.	Atm.
Melandrium dioecum . . .	11,0	6,5	21,5	11,0	10,5	4,5
Kernera saxatilis . . . .	18,0	9,5	23,5	10,5	5,5	1,0
Saxifraga rotundifolia . .	6,0	5,5	25,5	11,0	19,5	5,5
Crepis aurea . . . . .	11,0	10,5	24,5	15,0	13,5	4,5
Bellis perennis . . . . .	8,0	—	34,5	—	26,5	—

3. In ähnlicher Weise wie *Taraxacum* und *Bellis* zeigen auch die meisten anderen Pflanzen eine tägliche Periodizität der Saugkraft mit einem Maximum am Mittag oder am frühen Nachmittag und einem Minimum am frühen Morgen.

Es soll jetzt noch die tägliche Schwankung in jenen Fällen besprochen werden, in denen die Pflanzen extremen Bedingungen ausgesetzt sind, nämlich nach längeren Regen- und Trockenperioden, im Winter und das Verhalten untergetauchter Wasserpflanzen.

Nach andauerndem Regen und völlig durchnässtem Boden sinkt die Saugkraft beständig, wie *Crocus albiflorus*, gemessen am 29. April, zeigt

	6 <sup>00</sup>	9 <sup>00</sup>	12 <sup>00</sup>	15 <sup>00</sup>	18 <sup>00</sup>
	Atm.	Atm.	Atm.	Atm.	Atm.
Perigon . . . . .	12,0	12,0	10,5	8,0	6,5
Staubfäden . . . .	9,0	9,5	9,5	9,5	7,5
Griffel . . . . .	6,5	6,5	6,5	6,5	4,5

Es ist das wohl eine Folge der Verhinderung der Transpiration in feuchter Luft und gleichzeitiger dauernder Wasserzufuhr.

Dagegen zeigen die Pflanzen nach längeren Trockenperioden bei stark ausgetrocknetem Boden entweder eine nur schwache «normale» Periode oder dann ein Ansteigen der Werte vom Morgen bis gegen Abend, wie in Tabelle 3, ebenfalls an Alpenpflanzen gemessen, zu sehen ist.

**Tabelle 3. — Tägliche Schwankung der Saugkraft  
in einer Trockenperiode.**

8. VIII. Alpen	7 <sup>00</sup>	10 <sup>00</sup>	13 °	16 <sup>00</sup>	19 <sup>00</sup>
<i>Gentiana lutea</i>		Atm.	Atm.	Atm.	Atm.
Blattmittelnerv . . .	6,5	ca. 7,5	9,0	12,0	12,5
Spreite . . . . .	25,5	23,5	24,5	26,5	28,5
Krone . . . . .	11,0	12,5	12,5	10,5	11,0
<i>Linaria alpina</i>					
Spreite . . . . .	20,5	18,0	17,0	17,0	19,0
Krone, Oberlippe . .	11,0	12,5	14,5	14,5	14,5
<i>Carduus defloratus</i>		Atm.	Atm.	Atm.	Atm.
Blattmittelnerv . . .	17,0	17,0	16,0	17,0	16,0
Spreite . . . . .	11,0	13,5	13,5	15,0	15,0
Krone . . . . .	11,0	12,0	12,0	12,0	12,0
	8 <sup>00</sup>	11 <sup>00</sup>	14 <sup>00</sup>	17 <sup>00</sup>	18 <sup>00</sup>

Eine deutliche Periode hat nur noch die Krone von *Gentiana*, was damit zusammenhängen dürfte, dass eben möglichst junge Blüten gemessen wurden, bei denen die Wirkung der langen Trockenzeit weniger zum Ausdruck kam, als bei den ausdauernden Organen.

Im Winter können die Pflanzen an etwas warmen Tagen eine normale tägliche Schwankung zeigen. An kalten Tagen aber scheint, soviel bis jetzt be-

kannt ist, der Verlauf der Saugkraftkurve ziemlich unregelmässig zu sein.

Die tägliche Schwankung der Wasserpflanzen wurde zunächst verfolgt an Adventivwurzeln von *Veronica Anagallis*, die sich in einem Moorgraben im Wasser ausbreiteten; die Stengel und Blätter aber ragten in die Luft.

**Tägliche Schwankung der Adventivwurzel  
von *Veronica Anagallis*.**

20. III.	8 <sup>15</sup>	10 <sup>45</sup>	13 <sup>00</sup>	15 <sup>00</sup>	17 <sup>00</sup>
Saugkraft in Atm. . . .	4,7	4,0	4,7	4,0	4,0

Die Messung erfolgte an einem schönen Tag. Für jede Untersuchung musste naturgemäss eine andere Wurzel verwendet werden, sodass die kleinen Saugkraftdifferenzen als individuelle Schwankungen der einzelnen Wurzeln angesehen werden können. Die Saugkraft dieser in Wasser getauchten Wurzeln kann daher im Verlaufe eines Tages als konstant betrachtet werden.

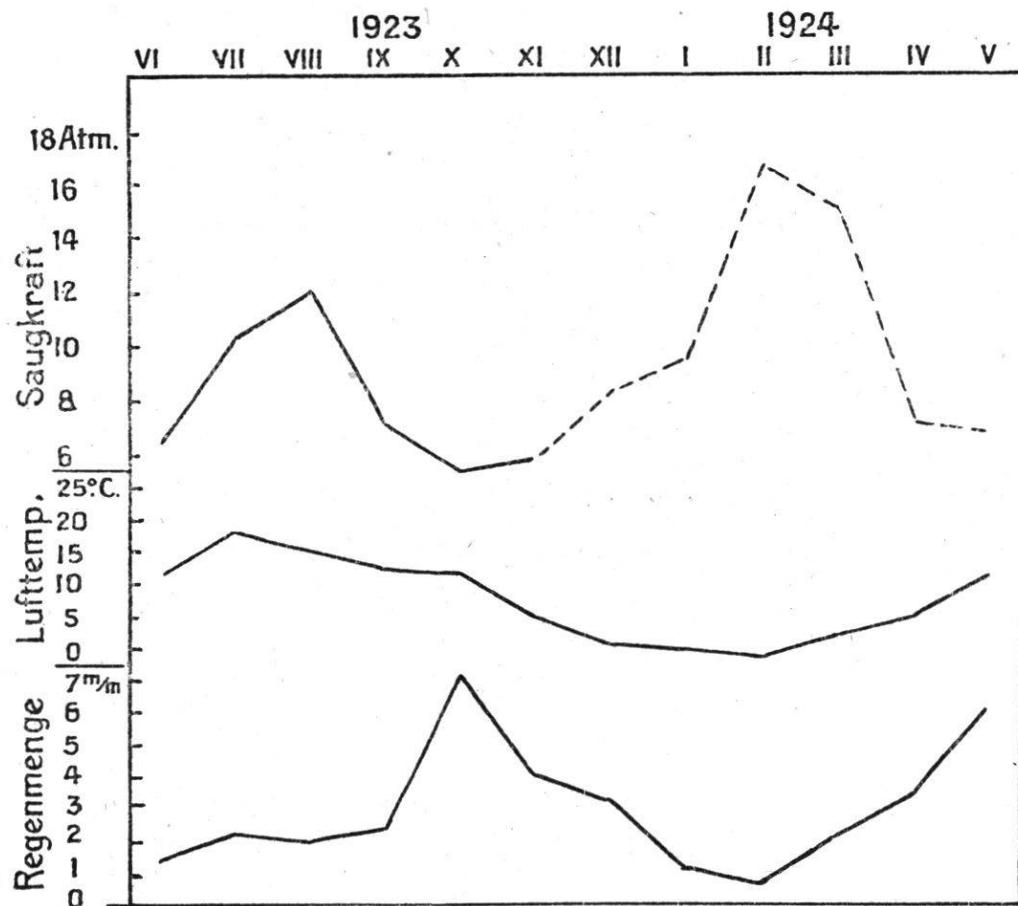
Anders verhielten sich die Blätter einer völlig unter Wasser getauchten *Callitriches palustris*. Sie zeigen eine

**Tagesperiode der Spreite von *Callitriches palustris*  
(untergetaucht).**

21. V.	7 <sup>00</sup>	11 <sup>00</sup>	14 <sup>30</sup>	17 <sup>00</sup>
Saugkraft Atm. . . .	4,7	6,7	6,0	4,7
Temperatur des Wassers	15 1/2°	17°	17 1/2°	18°

normale tägliche Schwankung. Mit der Veränderung der Temperatur kann diese Schwankung nicht erklärt werden, da Temperatur und Saugkraft nicht in demselben Sinn verlaufen und die Temperaturdifferenzen zu gering erscheinen, um die Saugkraft wesentlich zu beeinflussen. Eine Deutung dieser interessanten Erscheinung muss auf später verschoben werden.

Fig. 2. - Jahresperiodizität v. *Bellis*, Blüten —, Blätter ---



ben werden, wenn umfangreichere Messungen dieses Resultat bestätigt und erweitert haben werden.

4. Da die Niederschläge bei der Änderung der Saugkraft die Hauptrolle spielen, ist auch eine starke jährliche Schwankung der Saugkraft zu erwarten. Sie wurde verfolgt an Gartenkulturen von *Bellis*, die in Fig. 2, die wir *Ursprung* (7) entnehmen, dargestellt ist. Die Saugkraftkurve gibt die Monatsmittel der Zunge (ausgezogen) und im Winter der Blätter (gestrichelt) an. Ein Vergleich mit der Regenmenge ergibt eine hohe Saugkraft bei geringem Regenmittel und tiefere Werte bei steigenden Regenmengen (Herbst und Frühjahr). Das Steigen der Wintersaugkraft der Blattspreite fällt aber auch zusammen mit dem Sinken der Temperatur, die im Winter auf die

Erhöhung der Saugkraft hinarbeiten kann, besonders durch Erschwerung der Wasseraufnahme aus dem gefrorenen Boden und Erhöhung des osmotischen Wertes.

*II. Die Saugkraftverteilung in den Geweben und Organen derselben Pflanze.*

Für das Problem der Wasserversorgung einer einzelnen Pflanze ist die Verteilung der Saugkraft in den Geweben und Organen derselben von besonderem Interesse.

Bei der Mehrzahl der Pflanzen findet sich das Minimum der Saugkraft in der Absorptionszone der Wurzeln, das Maximum in der Spreite; die Krone nimmt trotz ihrer erhöhten Lage meistens eine Mittelstellung ein. Ferner besitzt die Spreite mit wenigen Ausnahmen höhere Werte als die Epidermis des Mittelnerven.

**Tabelle 4. — Saugkraftverteilung in verschiedenen Organen.**

	Moor	Epidermis			
		Wurzel	Mittelner	Spreite	Krone
Lychnis Flos cuculi,	ca.3,0	8,8	14,3	11,9	
Potentilla anserina	5,3	7,4	14,3	9,6	
Drosera rotundifolia	4,0	4,0	9,6	—	
Fragaria vesca	4,7	—	18,7	12,7	
Hypericum humifusum	4,7	—	12,7	11,1	
Hypochœris radicata	5,3	6,0	12,7	ca. 8,0	
Veronica Beccabunga, Schlamm.	11,0	9,6	9,5	11,0	
Epilobium hirsutum, Moorgraben	4,7	9,6	12,7	12,7	
Sium erectum,	4,7	—	14,3	—	
Myriophyllum vert., Süßwasser.	5,5	—	7,5	—	
Potamogeton crispus,	4,0	—	6,0	—	
Nigritella nigra, Alpen	9,0	—	9,5	14,5	
Erinus alpinus,	10,5	—	21,5	11,0	
Hutchinsia alpina,	—	12,0	25,5	8,0	
Primula farinosa, Rinnal	4,0	9,5	9,5	4,0	
Parnassia palustris, Sauerwiese	—	16,0	19,5	9,5	

Einige Beispiele dieser Saugkraftverteilung sind in Tabelle 4 zu finden, in der Pflanzen der verschiedensten Standorte berücksichtigt sind. Aus dieser Zusammenstellung geht auch hervor, dass es von der Regel Ausnahmen gibt. Es kann vorkommen, dass die Wurzel eben so hohe Werte besitzt wie die Krone (*Primula farinosa*, *Veronica Beccabungia*) oder dass die Epidermis des Blattmittelnerven die Saugkraft der Spreite erreicht oder übersteigt. Doch sind die höheren Epidermiswerte fast immer Ausnahmen, nur bei *Carduus defloratus* scheint es Regel zu sein.

Zahlreicher sind die Ausnahmen im Saugkraftverhältnis Spreite — Krone, indem in der Krone oft höhere Saugkräfte gefunden wurden als in der Spreite. Einige Beispiele :

<i>Primula elatior</i> ,	Spreite	9,5 Atm.	Krone	11,0 Atm.
<i>Ranunculus alpestris</i>	»	9,5	»	10,5
<i>Lotus corniculatus</i> ,	»	12,5	»	14,5
<i>Nigritella nigra</i> ,	»	9,5	»	14,5
<i>Helianthemum num.</i> ,	»	14,5	»	25,5
<i>Papaver Rhoeas</i> ,	»	11,1	»	13,5
<i>Ranunculus repens</i> ,	»	10,3	»	11,1
<i>Hypericum perforatum</i>	»	14,3	»	15,1

Dieses Verhältnis kann sich an derselben Pflanze ändern. So zeigte *Helianthemum* folgende Werte :

	Spreite	Krone
Frühjahr . . . . .	14,5	25,5
Juli . . . . .	44,5	17,5

Es scheint, dass die Krone besonders während oder unmittelbar nach dem Aufblühen hohe Saugkräfte entwickelt.

Über die Saugkraft der Blütenteile gibt in Tabelle 5 eine Auswahl einiger Werte aus vielen Messungen Aufschluss.

Tabelle 5. — Saugkraftverteilung in den Blüten.

	Krone	Staubfäden	Griffel
	Atm.	Atm.	Atm.
<i>Solanum Dulcamara</i> . . . .	10,3	11,1	11,1
<i>Melandrium album</i> . . . .	6,7	6,7	5,3
<i>Epilobium angustifol.</i>			
junge Blüte . . . . .	8,1	8,8	10,3
ältere » . . . . .	9,6	9,6	6,7
<i>Crocus albiflorus</i> . . . . .	9,8	9,0	6,0
<i>Gagea lutea</i> . . . . .	7,5	7,5	6,5
<i>Veronica serpyllifolia</i> . . . .	4,0	8,0	—
<i>Biscutella levigata</i> . . . . .	10,5	8,0	—
<i>Thymus serpyllum</i> . . . . .	16,0	12,5	—
<i>Stachys alpinus</i> . . . . .	12,5	—	11,0
<i>Hieracium villosum</i> . . . . .	6,5	—	18,0

Meistens besitzen die inneren Blütenteile eine kleinere Saugkraft als die Krone. Sind Griffel und Staubfäden in Bezug auf die Krone noch jung und im Wachstum begriffen, so übersteigt ihre Saugkraft diejenige der Krone.

Es versteht sich von selbst, dass in allen diesen Fällen die Organe derselben Pflanze gleichzeitig und an demselben Exemplar bzw. in derselben Blüte untersucht wurden.

Weiter seien noch die in den einzelnen Organen bis jetzt bekannten Maximal- und Minimalwerte zusammengestellt :

	Saugkraft-minimum	Saugkraft-maximum
Wurzel	1,3 ( <i>Potentilla erecta</i> )	11,0 ( <i>Veronica Beccabunga</i> )
Mittelnervepidermis	2,5 ( <i>Taraxacum off.</i> )	29,5 ( <i>Rhamnus alpina</i> )
Spreite	3,2 ( <i>Bellis</i> )	45,4 ( <i>Bidens cernuus</i> )
Krone	1,3 ( <i>Ranunculus repens</i> )	34,5 { ( <i>Lotus corniculatus</i> ) ( <i>Veronica fruticulosa</i> )
Staubfäden	5,4 ( <i>Sparganium erectum</i> )	16,0 ( <i>Epilobium hirsutum</i> )
Griffel	5,3 ( <i>Melandrium album</i> )	18,0 ( <i>Hieracium villosum</i> )

### *III. Über die Saugkraft an verschiedenen Standorten.*

Aus den bisherigen Ausführungen ergab sich, dass die Saugkraft vor allem abhängig ist vom Wassergehalt des Bodens, der bekanntlich in verschiedenen Böden stark differieren kann. Daher wird man auch an verschiedenen Standorten Unterschiede in den Saugkräften erwarten dürfen. Doch muss man beim Vergleich der Standorte bedenken, dass die Saugkraft nicht bloss vom Wassergehalt des Bodens abhängen kann, sondern auch vom Widerstand, den der Boden der Wasseraufnahme entgegenseetzt, von der Entwicklung des Wurzelsystems und der oberirdischen Organe und dass die Pflanze selbst regulatorisch eingreifen kann, z. B. durch Förderung oder Herabsetzung der Wasseraufnahme und Wasserabgabe. Daher ist es begreiflich, dass selbst an demselben Standort die gleiche Art kleinere Saugkraftdifferenzen aufweisen kann.

Wie früher gezeigt wurde (1,7), lassen sich die Standorte am besten in folgender Weise vergleichen:

1. durch die gleichzeitige Messung derselben Art an verschiedenen Standorten;
2. durch die Saugkraftmittel aller an einem Standort untersuchten Arten in Bezug auf eine Vergleichspflanze.

#### *1. Standorte der Alpen.*

Alle Messungen wurden ausgeführt im Kalkgebiet der Gastlosenkette. Vergleichen wir zuerst einige an verschiedenen Standorten<sup>1</sup> gleichzeitig untersuchte Arten:

---

<sup>1</sup> Über die Bezeichnung der Standorte vergleiche man die Originalarbeiten.

	Saugkraft in Atm.		
	Epidermis	Spreite	Krone
<i>Lotus corniculatus, 10. VIII.</i>			
Feuchter Geröllrasen . . . . .	—	—	9,5
Alpenwiese . . . . .	—	—	14,5
Humusband. . . . .	—	—	29,5
Geröllrasen . . . . .	—	—	34,5
<i>Lotus corniculatus, 11. VI.</i>			
Alpenwiese . . . . .	—	—	9,5
Felsspalte. . . . .	—	—	14,5
<i>Anthyllis Vulneraria, 11. VI.</i>			
Alpenwiese . . . . .	8,0	12,5	10,5
Felsspalte. . . . .	14,5	14,5	11,0
<i>Bellidiastrum Michelii, 10. VI.</i>			
Rinnsal. . . . .	—	11,0	6,5
Alpenwiese . . . . .	—	13,5	7,5
Felsspalte. . . . .	—	17,0	10,5

In den folgenden Tabellen 6 und 7 sind die Mittelwerte aller an einem Standort gemessenen Pflanzen verglichen mit den beiden Vergleichsarten *Bellis* (Sommer 1923) und *Taraxacum*, Alpenwiese (Frühjahr 1924).

**Tabelle 6. — Vergleich der Sommerwerte mit der Zunge von *Bellis*.**

Standorte	Vergleichs		Vergleichs	
	<i>Alpenpflanzen</i>	<i>Bellis</i>	<i>Alpenpflanzen</i>	<i>Bellis</i>
	Kronen	Krone	Spreiten	Krone
Rinnsal u. Sauerwiese . . . . .	12,8	—48	18,5	—21
Alpenwiese. . . . .	14,1	—26	22,0	+19
Feuchter Geröllrasen . . . . .	11,0	—13	20,9	+68
Feingeröll . . . . .	13,3	+11	30,3	+142
Geröllrasen. . . . .	11,9	+12	25,8	+131
Geröll . . . . .	14,0	+13	24,4	+103
Spalten . . . . .	16,3	+63	25,2	+102
Bänder . . . . .	14,8	+97	30,5	+267

**Tabelle 7. — Vergleich der Juniwerte mit der Spreite von *Taraxacum*.**

Standorte	Vergleich mit <i>Alpenpflanzen Taraxacum</i>		Vergleich mit <i>Alpenpflanzen Taraxacum</i>	
	Kronen Atm.	Spreite in %	Spreiten Atm.	Spreite in %
Rinnsal . . . . .	5,8	—44	8,3	—13
Feuchter Geröllrasen . . . . .	—	—	8,5	—27
Geröllrasen . . . . .	—	—	14,2	+13
Alpenwiese . . . . .	8,0	—45	11,2	+15
Geröll . . . . .	8,9	—17	13,0	+37
Spalten . . . . .	10,7	—7	14,8	+17
Bänder . . . . .	10,8	—4	15,8	+44

Alle drei Tabellen ergeben fast durchwegs dasselbe Resultat. Die niedrigsten Saugkräfte finden sich im Rinnsal und im feuchten Geröllrasen, die höchsten im Geröll, in den Felsspalten und auf den Bändern. Der Geröllrasen gehört im feuchteren Frühjahr zu den feuchten, im Sommer zu den trockeneren Standorten. Die Saugkraft der Alpenpflanzen steigt also mit zunehmender Trockenheit des Bodens, was die Krone von *Lotus* in besonders deutlicher Weise demonstriert, indem ihre Saugkraft von 9,5 Atm. im feuchten Geröllrasen auf 34,5 Atm. im oberflächlich vollständig ausgetrockneten Geröllrasen ansteigt (Messung gegen Ende einer mehrwöchigen Trockenperiode).

## 2. Standorte des Hochmoors.

Von gleichzeitig an verschiedenen Moorstandorten untersuchten Pflanzen seien folgende herausgegriffen :

	Mittelnerv- epidermis	Spreite	Krone
<i>Taraxacum officinale, 9. V.</i>			
Altnoor . . . . .	10,4	20,3	8,1
Neumoor . . . . .	8,6	16,5	7,9
Torfwiese . . . . .	10,8	18,0	10,3
<i>Epilobium angustifolium, 9. VII.</i>			
Altnoor . . . . .	—	32,2	16,9
Torfgrabenrand . . . . .	—	29,8	12,7
<i>Bellis perennis, 6. V.</i>			
Altnoor . . . . .	8,5	10,0	10,7
Neumoor . . . . .	6,0	8,5	5,0
<i>Ranunculus repens, 30. V.</i>			
Altnoor . . . . .	—	—	6,0
Schlamm . . . . .	—	—	4,7

Von den Mittelwerten seien die Messungen aus dem Jahre 1923 erwähnt mit der Vergleichspflanze *Bellis* (Tabelle 8).

**Tabelle 8. — Standorte des Torfmoors.**

Standorte	Wurzel Atm.	Vergleich mit <i>Bellis</i>		Vergleich mit <i>Bellis</i>		Vergleich mit <i>Bellis</i> in %
		Spreite Atm.	in %	Spreite Atm.	in %	
Torfwasser .	5,1	—35	5,7	—33	3,5	—65
Schlenken .	5,1	—36	13,6	+43	6,7	—23
Schlamm .	5,0	—32	19,3	+135	7,2	—21
Ablaufgraben	5,5	—30	14,6	+57	9,9	+57
Bülten . . .	4,8	—44	17,3	+90	10,9	+11
Altmoor . . .	5,3	—32	21,6	+120	11,2	+39
Torfwiese . .	6,7	—16	20,6	+182	10,8	+48

Auch auf Torfboden nimmt die Saugkraft mit der Trockenheit des Bodens zu. Dass die Wurzeln eine Ausnahme machen, hängt offenbar mit der immer mehr oder weniger gleich feuchten Umgebung derselben zusammen. Auffallend ist aber die hohe Saugkraft der Spreiten der im Schlamm wachsenden Arten. Die meisten auf unserem Moor vorkommenden Schlammpflanzen besitzen allerdings vielfach grosse,

weit in die Luft ragende Blattspreiten (*Typha*, *Alisma*) die eine relativ hohe Saugkraft einigermassen verständlich machen. Ferner fand sich im Schlamm *Bidens cernuus*, eine Art, die überhaupt die höchste Saugkraft unter allen auf dem Moor vorkommenden Pflanzen zu besitzen scheint.

Auch die hohen Werte der im Ablaufgraben gemessenen Blumenkronen dürfte mit der relativ grossen Fläche der Kornblätter im Zusammenhang stehen, da die relativ grossen Kronen im allgemeinen höhere Saugkräfte haben, als die kleinblättrigen Kronen (1).

### 3. Standorte der Mineralböden der Ebene.

An dieser Stelle sollen die offenen und geschlossenen torffreien Standorte der Ebene behandelt werden.

<i>Chelidonium majus</i> , Krone	Hecke	5,5 Atm.
»       »       »	Mauer	9,5   »
<i>Trifolium repens</i> , Fahne	Waldrand	7,5   »
»       »       »	Wegrund	9,5   »

**Tabelle 9. — Saugkraft der verschiedenen Standorte des Mineralbodens.**

Standort	Saugkraft Mittel Atm.	Vergleich mit <i>Bellis</i> in %
Frisches Wasser . . . . . (Pfl. exkl. Blüte untergetaucht)	4,0	-53
Feuchter Wald . . . . .	6,9	-35
Stengelbasis in fliessendem Wasser	6,1	-31
Stengelbasis in stehendem Wasser.	5,9	-25
Waldrand in Pérolles . . . . .	8,3	-20
Waldrand in Garmiswil . . . . .	10,5	-10
Wegrund und Bahngleise . . . . .	11,3	-10
Mauer und Felsblock . . . . .	12,0	- 6
Molassefels. . . . .	9,9	+11
Trockener Flussand . . . . .	8,6	+13
Lichter Wald. . . . .	14,3	+44

Zunächst ersieht man auch hier wieder, dass an feuchten Standorten die Saugkraft relativ niedrig an trockeneren relativ hoch ist. Dass die Werte der trockenen Standorte so stark differieren, mag in erster Linie zusammenhängen mit der spezifischen Struktur der Arten, die diese Standorte bewohnen, da wie im nächsten Kapitel gezeigt werden soll, die Saugkraft der einzelnen Arten sehr ungleich sein kann.

#### 4. Vergleich der Mineral- und Torfböden der Ebene.

Wir vergleichen vorerst dieselben Arten, die gleichzeitig auf einem Hochmoor und einem benachbarten Mineralboden gemessen wurden :

	Saugkraft in Atm.			
	Mittelnerv- epidermis	Spreite	Krone	
<i>Taraxacum officinale</i> 9. V.				
Altmoor . . . . .	10,4	20,3	8,1	Mittelwerte aus einer
Neumoore . . . . .	8,6	16,5	7,9	Tagesperio-
Kulturwiese (M) <sup>1</sup> . . . . .	10,0	22,1	10,5	de mit 4 Messungen
<i>Epilobium angustifolium</i> 9. VIII.				
Altmoor . . . . .	—	32,2	16,9	
Torfgraben . . . . .	17,8	32,2	12,7	
Waldlichtung (M) . . . . .	—	29,8	14,2	
<i>Veronica officinalis</i> 2. VII.				
Altmoor . . . . .	—	23,4	9,6	
Waldrand (M) . . . . .	—	19,6	12,7	
<i>Hieracium Pilosella</i> 13. VI.				
Torfschlamm . . . . .	—	12,7	6,7	
Waldrand (M) . . . . .	—	11,1	8,1	

Die vorliegende Zusammenstellung zeigt, dass die Saugkraft der Pflanzen des Hochmoorbodens nicht stark abweicht von den Werten der Pflanzen des Mineralbodens. *Taraxacum* ergibt etwas höhere Werte auf dem Mineralboden, *Epilobium* auf dem Torfboden, während bei *Veronica* und *Hie-*

<sup>1</sup> M = Mineralboden.

r a c i u m Spreiten und Kronen in entgegengesetztem Sinn reagieren. Jedenfalls kann aus diesen Ergebnissen der Schluss gezogen werden, dass die Pflanzen des Hochmoors nicht mit besonders erschwerter Wasserversorgung zu kämpfen haben. Auch die Saugkraftmessungen führen demnach zur Ablehnung der Schimper'schen Auffassung einer physiologischen Trockenheit des Hochmoors, die 3 Jahrzehnte lang die Hochmoorökologie beherrscht hat.

Zu demselben Schluss führt die Beobachtung, dass die typischen Arten des Hochmoors keine grösseren Saugkräfte zeigen, als die Arten der verschiedensten Mineralböden. Von den vielen vorliegenden Messungen seien nur zwei Gruppen angeführt :

a) *Wasserpflanzen.*

*Ranunculus flaccidus* aus torffreiem Wasser : —53% im Vergleich mit *Bellis*.

*Utricularia vulgaris* aus Torfwasser : —63% im Vergleich mit *Bellis*.

b) *Festlandpflanzen.*

Hochmoor	Oxycoccus,	Krone 21. VI.	14,3 Atm.
----------	------------	---------------	-----------

»	»	» 9. VII.	11,1 »
---	---	-----------	--------

»	Andromeda,	» 9. V.	7,4 »
---	------------	---------	-------

»	Drosera rotundif.	» 4.VII.	5,3 »
---	-------------------	----------	-------

»	Calluna vulgaris,	» 19.VII.	9,6 »
---	-------------------	-----------	-------

und 11,1 Atm.

Mineralböden	Acker	Linum usit., Krone 3.VII	17,8 Atm.
--------------	-------	--------------------------	-----------

»	»	Sinapis arvensis, »	3.VII. 9,6 »
---	---	---------------------	--------------

»	»	Papaver dubium, »	3.VII. 12,7 »
---	---	-------------------	---------------

»	»	Papaver Rhoeas, »	3.VII. 13,5 »
---	---	-------------------	---------------

»	»	Viola tricolor, »	4.VII. 6,7 »
---	---	-------------------	--------------

»	Wegrand	Cychorium Int., »	3.VII. 14,3 »
---	---------	-------------------	---------------

»	»	Echium vulgare, »	3.VII. 8,1 »
---	---	-------------------	--------------

### 5. Mineralböden der Alpen und der Ebene.

Im Gegensatz zur Ebene ist für die Alpen besonders charakteristisch der starke, oft in kurzer Zeit

erfolgende Wechsel der klimatischen Faktoren, besonders der Temperatur, der Luftfeuchtigkeit und der Sonnenstrahlung. Diesen extremen Bedingungen versuchen sich die Alpenpflanzen bekanntlich in verschiedener Weise anzupassen durch Änderung ihrer morphologischen und anatomischen Struktur und ihres physiologischen Verhaltens. Daher könnte man auch *a priori* an alpinen Standorten eine höhere Saugkraft erwarten, als an ähnlichen Standorten der Ebene.

Wollen wir Alpen und Ebene vergleichen, so muss zunächst die folgende Bemerkung vorausgeschickt werden : Die Saugkraft an Alpenpflanzen wurde gemessen auf der Südseite der Gastlosenkette in einer Höhe von etwa 1600 bis 2000 m im Juli und August 1923, sowie im Juni 1924. Einige Messungen liegen auch vor von Ende April 1924 zur Zeit der Schneeschmelze. Während dieser Zeit waren die klimatischen Bedingungen relativ gleichmäßig, sodass also der für die Alpen charakteristische starke Wechsel der klimatischen Faktoren grösstenteils fehlt. Ferner liegen bis jetzt keine Resultate vor von Herbst und Winter. Es wäre daher wünschenswert, dass die Saugkraft auch in grösseren Höhen verfolgt würde, in Gebieten die starkem Wechsel unterworfen sind. Es finden sich also jedenfalls unter unseren Alpenwerten noch nicht die maximalen Saugkräfte, die in den Alpen möglich sind.

Zum Vergleich der Alpen und der Ebene benützen wir zuerst die Kronenwerte derselben Arten ; da die Messung aber an verschiedenen Tagen erfolgte, seien die entsprechenden Werte der Vergleichsbellis beifügt.

		Saugkraft in Atm.	Vergleichsbellis in Atm.	Vergleichsbellis in %
<i>Lotus corniculatus</i>				
Alpen 17. VIII.	.	16,0	22,5	-29
Ebene 14. VIII.	.	19,5	19,5	0,0
<i>Geranium Robertianum</i>				
Alpen 31. VII.	.	7,5	14,0	-46
Ebene 12. VII.	.	6,0	15,5	-61
<i>Epilobium montanum</i>				
Alpen 8. VIII.	.	13,5	11,5	+18
Ebene 2. VII.	.	8,0	8,0	0,0
<i>Veronica Beccabunga</i>				
Alpen 7. VI.	.	9,5	8,0	+19
Ebene 19. VI.	.	6,5	4,0	+63
<i>Knautia sylvatica</i>				
Alpen 9. VIII.	.	8,0	9,0	+11
Ebene 14. VIII.	.	9,0	22,0	-59

Diesen Einzelwerten sollen die Mittelwerte sämtlicher Pflanzen gegenübergestellt werden, die von Mitte Juli bis Mitte August an vergleichbaren Standorten der Alpen und der Ebene gemessen wurden. Als Kontrolle dient wiederum die Bellis zunge.

Standort	Ebene		Alpen	
	Saug- kraft	Vergleichs- bellis in %	Saug- kraft	Standort
	in Atm.	in Atm.		
Waldrand	9,9	-21	-13	11,0 Feuchter Geröllrasen
Wegrand u. Bahndamm	13,6	-28	+12	11,9 Geröllrasen
Mauer u. Felsblock	12,7	-24	+63	16,3 Felsspalten
Molassefels	12,3	-2	+97	14,8 Humusbänder

Die einzelnen Arten verhalten sich verschieden. In den Alpen zeigen Lotus und Veronica eine etwas kleinere Saugkraft, die übrigen Arten aber eine relativ höhere Saugkraft als dieselben Arten der Ebene. Vergleichen wir aber die Mittelwerte ähnlicher Standorte, so bekommen wir in den Alpen in Bezug auf Bellis eine relativ höhere Saugkraft als in der Ebene. Es wäre nun sehr instruktiv gewesen auch die Wurzeln und die Blattspreiten der Alpen-

und der Ebenenpflanzen miteinander zu vergleichen. Leider fehlen aber Messungen der Spreiten von Ebenenpflanzen der Mineralböden, sodass wir uns vorläufig mit dem Vergleich der Kronen begnügen müssen.

#### IV. Über die Saugkraft einzelner Arten.

Will man die Saugkraft der einzelnen Arten verfolgen, so kann man einmal ein und dieselbe Art an allen Standorten und unter jeden möglichen klimatischen Bedingungen untersuchen. Auf diesem Wege kommt man zu den höchsten und tiefsten Saugkräften, die eine Art erreichen kann und man lernt zudem die Bedingungen kennen, unter denen sich ihr normales Gedeihen abwickelt. Man kann aber auch verschiedene Arten miteinander vergleichen, was jedenfalls besonders ökologisch wertvoll sein wird, da man daraus Schlüsse ziehen kann auf die Wasserversorgung ganzer Pflanzengesellschaften.

1. Die Saugkraftschwankungen einzelner Arten wurden bis jetzt erst an wenigen Beispielen gründlicher studiert. Am eingehendsten ist *Bellis* untersucht, die während eines ganzen Jahres verfolgt wurde; Ferner ist auch *Taraxacum officinale* ziemlich eingehend untersucht, da es z. T. als Vergleichspflanze in den Alpen und im Moor diente. Auch von einigen anderen Arten liegen grössere Messungsserien vor. Doch kann es sich an dieser Stelle nicht darum handeln, die bis jetzt eingehender untersuchten Arten zu analysieren, sondern wir begnügen uns schon aus Mangel an Raum mit der Angabe einiger Maximal- und Minimalwerte, die die Organe mehrmals gemessener Arten erreichen können.

Tabelle 10. — Maxima und Minima einzelner Arten.

	Maximum	Minimum	Differenz	Differenz in Prozenten des
Krone	Atm.	Atm.	Atm.	in kleinsten Wertes
Lotus corniculatus . . .	34,5	9,5	25,5	268
Bellis perennis . . . . .	23,5	3,9	19,6	500
Comarum palustre . . .	17,8	4,5	13,3	295
Convolvulus sepium . . .	14,5	3,5	11,0	314
Helianthemum num. . .	25,5	16,0	9,5	59
Ranunculus repens . . .	13,5	4,7	8,8	187
Taraxacum officinale . .	13,5	6,7	6,8	101
Potentilla anserina . . .	12,0	5,3	6,7	128
Trifolium pratense . . .	12,0	5,5	6,5	118
Geranium Robertianum .	9,0	2,5	6,5	180
Ranunculus geraniifolius.	12,0	6,0	6,0	100
Veronica Beccabunga .	9,6	4,5	5,1	113
<i>Spreite :</i>				
Sempervivum tectorum .	44,5	7,5	37,0	495
Helianthemum num. . .	44,5	14,5	30,0	248
Taraxacum officinale . .	26,6	6,0	20,6	343
Veronica Beccabunga . .	19,6	4,0	15,6	390
Callitricha palustris . .	8,1	4,0	4,1	103

Obwohl die in Tabelle 10 angeführten Arten unter extremen Bedingungen wohl noch grössere Differenzen zeigen werden, ersieht man doch, dass einige Arten grosse, andere kleinere Schwankungen ausführen. Besonders grosse Differenzen zeigt unter anderem die Krone von *Lotus corniculatus*, was um so auffallender ist, als diese Werte an demselben Tag, allerdings an verschiedenen Standorten, gefunden wurden.

*Lotus corniculatus, Krone, 10. VIII, Alpen.*

	Saugkraft
Feuchter Geröllrasen . . .	9,5 Atm.
Alpenwiese . . . . .	14,5 »
Humusband . . . . .	29,5 »
Geröllrasen . . . . .	34,5 »

Im Geröllrasen war die Pflanze etwas schlaff, an den anderen Standorten schienen alle gemessenen Pflanzen turgeszent. Dieser Befund deutet darauf hin, dass die grossen Saugkraftschwankungen der Arten in erster Linie vom Wassergehalt des Bodens abhängen dürften.

Das Verhalten der Saugkräfte der einzelnen Arten wird aber erst recht deutlich; wenn man die Differenzen in Prozenten des kleinsten Wertes berechnet. Man sieht aus Tabelle 10, dass es Arten gibt, die ihre Saugkraft um das Mehrfache ihres kleinsten Wertes erhöhen können; die anderen aber doch, mit Ausnahme von *Helianthemum num.* um mindestens das Doppelte. Auch die in Wasser stehenden und ganz untergetauchten Arten (*Callitrichie*) können ihre Saugkräfte um über 100 Prozent verändern.

2. Beim Vergleich verschiedener Arten muss Rücksicht genommen werden auf deren tägliche und jährliche Schwankungen, sowie auf die Differenzen der Standorte. Es sollen daher nur Arten miteinander verglichen werden, die gleichzeitig und an demselben Standort gemessen wurden (in Tabelle 11 durch eine Klammer angedeutet). Aus dieser Zusammenstellung kann man entnehmen, dass im allgemeinen die Arten feuchterer Standorte tiefere, die trockenerer Standorte höhere Saugkräfte haben. Dies tritt besonders deutlich hervor, wenn nah verwandte Arten, von denen die einen relativ trockenere, die anderen relativ feuchtere Standorte bevorzugen, untersucht werden. Aus vielen Messungen seien die folgenden erwähnt:

Tabelle 11. — Vergleich verschiedener Arten.

	Standort	Saugkraft in Atm.	
		Spreite	Krone
<i>Gentiana lutea</i> . . . . .	Geröllrasen	25,5	7,5
<i>Helianthemum num.</i> . . . .	»	44,5	17,5
<i>Saxifraga Aizoon</i> . . . . .	»	34,5 ca. 10,0	
<i>Teucrium montanum</i> . . . .	Humusband	39,0	16,0
<i>Senecio Doronicum</i> . . . .	»	23,5	16,0
<i>Bellidiastrum Michelii</i> . .	Alpenwiese	13,5	7,5
»                  »	Rinnsal	11,0	6,5
»                  »	Felsspalte	17,0	10,5
<i>Ranunculus breyninus</i> . .	»	12,0	12,0
<i>Cirsium acaule</i> . . . . .	Alpenwiese	18,5	9,5
<i>Crepis aurea</i> . . . . .	»	24,5	15,0
<i>Leontodon hispidus</i> . . . .	»	16,0	13,5
<i>Primula elatior</i> . . . . .	Rinnal	4,5	6,0
<i>Bellidiastrum Michelii</i> . .	»	9,5	11,0
<i>Pinguicula alpina</i> . . . .	»	6,0	3,5
<i>Orchis maculatus</i> . . . .	»	9,0	4,0
<i>Linum usitatissimum</i> . . .	Acker	21,5	17,8
<i>Sinapis arvensis</i> . . . . .	»	20,5	9,6
<i>Lychnis Flos cuculi</i> . . .	Neumoor	—	8,8
<i>Oxycoccus quadrip.</i> . . . .	»	—	13,5
<i>Bidens cernuus</i> . . . . .	Altmoor	45,4	13,5
» <i>tripartitus</i> . . . . .	»	32,2	14,3
<i>Melilotus officinalis</i> . . . .	Waldrand	—	12,0
<i>Trifolium pratense</i> . . . .	»	—	11,0

<i>Saugkraft relativ klein</i>	<i>Saugkraft grösser</i>	<i>Saugkraft relativ gross</i>
<i>Heliosperma quadr.</i>	<i>Saponaria ocimoides</i>	<i>Dianthus carth.</i>
<i>Caltha palustris</i>	<i>Ranunculus geraniif.</i>	<i>Trollius europaeus</i>
<i>Saxifraga aizoides</i>	<i>Saxifraga moschata</i>	<i>Saxifraga Aizoon</i>
<i>Epilobium hirsutum</i>	—	<i>Epilobium angustif.</i>
<i>Campanula rotundifolia</i>	<i>C. barbata</i>	<i>C. glomerata</i>
<i>Campanula cochlearifolia</i>		
<i>Centaurea montana</i>	<i>Crepis aurea</i>	<i>Hieracium muvorinm</i>

Aus der Tabelle 11 erkennt man ferner, wie verschieden sich die Arten verhalten können. Dass *Gentiana lutea* kleinere Werte besitzt als *Helianthemum*, ist nach ihrem morphologischen Bau zu erwarten. Aber auch ähnliche Arten wie *Pinguicula* und *Orchis* oder die beiden *Bidens*-arten zeigen grosse Differenzen.

V. Ueber die Saugkraft einiger Pflanzengesellschaften und ökologischer Gruppen.

1. Es sollen vorerst die (mit Ausnahme der Blüten) völlig untergetauchten Wasserpflanzen kurz besprochen werden.

Saugkraft untergetauchter Wasserpflanzen.

	Spreite	Krone
Süsswasser, stehend	5,6 Atm.	5,8 Atm.
» fliessend	— »	5,4 »
Moorwasser	5,5 »	5,3 »

Vielfach wird angenommen, dass die völlig in Wasser getauchten Pflanzenteile die Saugkraft Null besitzen müssten oder wenigstens keine höheren Werte zeigen sollten, als der Saugkraft der sie umspühlenden Flüssigkeit entspricht. Diese Auffassung wird noch gestützt durch die Beobachtung an *Vicia* kulturen, deren vorher positive Saugkraft der Wurzelepidermis nach Übertragen aus Sägespänen in dest. Wasser, schon nach 23 Stunden den Wert Null angenommen hatte. Trotzdem die Konzentration unserer Gewässer, vor allem des Moorwassers sehr niedrig ist, wurden doch stets an Organen der Wasserpflanzen relativ hohe Werte von ca. 5 Atm. (bei *Callitrichie*, die ganz in Wasser untergetaucht war, sogar einmal ca. 8,0 Atm.) gemessen. Auch können verschiedene Teile derselben Pflanze ganz umgleiche Werte zeigen; so hatte eine junge Blattfieder von *Utricularia* die Saugkraft 3,3 Atm., eine ältere eine solche von 5,3 Atm., und die Blasenwand 2,6 Atm.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen Moorwasser- und Süsswasserpflanzen war nicht zu finden; auch das spricht gegen die Annahme einer nur im Moor wirkenden physiologischen Trockenheit.

An dieser Stelle sei ferner erwähnt, dass die Wurzelwerte der Landpflanzen des Hochmoors gewöhnlich 4,5 Atm. betragen; in den Alpen schwankten sie zwischen 2,5 und 10,5. Taucht man oberirdische Organe in Wasser, so fällt ihre Saugkraft; so konnte bei einer Krone von *Ranunculus repens*, die in Moorwasser während 24 Stunden untergetaucht war, eine Saugkraft von 1,3 Atm. gemessen werden, während sie vor dem Eintauen 4,7 Atm. betrug. Ebenso wurde bei einer in Wasser getauchten Krone von *Convolvulus sepium* ein Wert von unter einer Atm. gefunden. Die Wasserversorgung der Wasserpflanzen scheint also jedenfalls nicht so einfach zu sein, wie vielfach vermutet wird.

2. Bei den Landpflanzen stellen wir einander gegenüber die Feuchtigkeitszeiger und die Trockenheitszeiger. Die Mittelwerte dieser Gruppen der in den Alpen gemessenen Pflanzen sind die folgenden (die tägliche Periodizität ist berücksichtigt):

	Spreite	Krone
Feuchtigkeitszeiger, Frühjahr	8,2 Atm.	6,2 Atm.
» Juli-August	17,0 »	8,5 »
Trockenheitszeiger, Frühjahr	11,3 »	10,7 »
» Juli-August	25,7 »	10,2 »

Die Feuchtigkeitszeiger haben also sowohl im feuchteren Frühjahr, wie im trockeneren Sommer eine kleinere Saugkraft als die Trockenheitszeiger. Bei den einzelnen Vertretern dieser Gruppen kommen aber grosse Differenzen vor. Während das feuchtigkeitsliebende *Heliosperma* eine Blattsaugkraft von 23,0 Atm. besitzt, zeigt der Trockenheitszeiger *Tymus serpyllum* (tiefes Wurzelsystem) einen Wert von 16,2 Atm.

Sehr werkwürdige Werte finden wir im Moor,

indem dort gerade zwei typische Pflanzen feuchterer Stellen die höchsten Zahlen aufweisen.

	Spreite	Krone
Bidens cernuus	39,4 und 45,4 Atm.	12,7 u. 13,5 Atm.
Bidens tripartitus	32,2 »	

Doch bleibt als Regel: je feuchtigkeitsliebender die Pflanze, umso kleiner die Saugkraft und umgekehrt, wie sich besonders aus folgendem Beispiel ergibt:

	Spreite Atm.	Vergleichsart	Vergleichsart	
		in %	Krone	in %
Veronica Anagallis	10,3	+ 17	8,8	0,0
» scutellata	21,5	+ 58	10,3	—
» officinalis	23,4	+ 234	9,6	+ 27

3. In Bezug auf die chemische Zusammensetzung des Bodens finden wir im Kalkgebiet der Gastlosen Kalkliebende und Bodenvage. Vergleichen wir ihre Mittelwerte mit typischen Hochmoorpflanzen (unter Berücksichtigung der täglichen Periode), so findet man die Saugkräfte der Kalkliebenden bedeutend höher, während Bodenvage und Hochmoorpflanzen ungefähr gleiche Werte haben. Der hohe Mittelwert der Kalkliebenden scheint vor allem von den höheren Saugkräften einiger Kalksteter herzurühren (z. B. *Veronica fruticulosa* und *Teucrium montanum*).

	Spreite	Krone
Kalkliebende. . . . .	21,5 Atm.	10,4 Atm.
Bodenvage. . . . .	15,2 »	8,7 »
Typische Hochmoorpflanzen . .	16,0 »	9,2 »

Ferner sei auch noch erwähnt, dass in den Alpen die Sonnenpflanzen höhere Werte besitzen als die Schattenpflanzen, die Magerkeitszeiger höhere als die Düngerzeiger (1).

4. Wie die folgende Zusammenstellung zeigt, haben die bis in die Alpenregion vordringenden Ebenenpflanzen in den Spreiten tiefere Werte, in den Kronen höhere als die alpinen Arten. Unter den Alpenpflanzen findet in der Spreite ein Ansteigen statt von den Alpenwiesen- zu den Schutt- und Felsenpflanzen, während die Kronen die höchsten Werte bei den Schuttpflanzen, die tiefsten bei den Felspflanzen zeigen. Die alpinen Kräuter entwickeln niedere Werte als die Holzpflanzen.

Alpen	Mittelwerte	
	Spreite	Krone
Ebenenpflanzen . . . . .	12,5 Atm.	10,4 Atm.
Alpenpflanzen . . . . .	18,5 »	9,6 »
Alpenwiesenpflanzen . . .	17,1 »	9,6 »
Schuttpflanzen . . . . .	17,8 »	12,4 »
Felspflanzen . . . . .	20,1 »	6,7 »
Alpine Kräuter . . . . .	17,8 »	9,4 »
Alpine Holzpflanzen . . . . .	23,4 »	10,4 »

Die tiefsten Werte finden sich in den Alpen bei den Vertretern der Frühlingsflora.

Im Moor unterscheiden wir die eigentlichen Moorpflanzen von den in das Moor eingedrungenen Wiesen- und Wegrandpflanzen. Die Unterschiede zeigen sich besonders in den Spreiten; es findet ein Ansteigen der Saugkraft statt von den Wiesen- zu den Wegrand- und den Moorpflanzen. Die Kronenwerte sind bei allen Gruppen kaum verschieden. Ebenso findet man bei

Moor	Spreite	Krone
Wiesenpflanzen . . . . .	11,3 Atm.	10,0 Atm.
Wegrandpflanzen . . . . .	17,9 »	10,2 »
Holzpflanzen des Moors . . .	19,0 »	10,8 »
Krautpflanzen des Moors . . .	18,9 »	10,1 »

Ebene (ohne Moor)	Krone	Vergleichspflanze
		in %
Schlammmpflanzen . . . . .	5,3 Atm.	-27
Wald- u. Waldrandpflanzen . .	8,4 »	-11
Wegrandpflanzen . . . . .	9,1 »	-23
Wiesenpflanzen. . . . .	8,4 »	-10

den verschiedenen Gruppen der Mineralböden der Ebene nur geringe Unterschiede, wenn man die Vergleichspflanzen berücksichtigt.

5. Wenn in diesem Kapitel meist auch nur Mittelwerte angegeben sind und im Einzelnen grosse Abweichungen vorkommen können, so zeigt sich doch, dass die Pflanzen und Pflanzengesellschaften im Allgemeinen ihre Saugkraft mit dem Wassergehalt ihrer Umgebung in Beziehung zu bringen suchen. Obwohl die Saugkraft nur eines der Mittel darstellt, mit welchen sich die Pflanze an ihren Standort anpassen kann, dürfte aus dem Vorhergehenden hervorgegangen sein, was für Kräfte die Pflanze in Bewegung setzen muss, um dem Boden das Wasser zu entreissen und es in alle Teile zu befördern sucht.

*Originalliteratur.*

1. *Blum G.*, Untersuchungen über die Saugkraft einiger Alpenpflanzen. Beihefte z. Bot. Zentralblatt, I. Abt., 53, 1926.
2. — Über die Saugkraft einiger Pflanzen des Hochmoors. Im Druck.
3. *Kandija*, Über die periodischen Schwankungen der Saugkraft. Inaug.-Diss. Freiburg (Schweiz). Im Druck.
4. *Molz F.*, A Study in Suction-Force according to the Simplified Method. Inaug.-Diss. Freiburg (Schweiz). Im Druck.
5. *Ursprung A.*, Zur Kenntnis der Saugkraft VII. Eine neue, vereinfachte Methode zur Messung der Saugkraft. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 41, 1923.
6. — Unsere gegenwärtigen Kenntnisse über die osmotischen Zustandsgrössen der Pflanzenzelle. Verh. d. naturf. Ges. Basel. 35, 1923.
7. — Einige Resultate der neuesten Saugkraftstudien. Goebel-Festschrift 1925. (Flora 18 und 19).
8. *Ursprung A.* und *Blum G.*, Zur Methode der Saugkraftmessung. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 34, 1916.
9. — Besprechung unserer bisherigen Saugkraftmessungen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 36, 1918.
10. — Eine Methode zur Messung des Wand- und Turgordruckes der Zelle, nebst Anwendungen. Jahrb. f. wiss. Bot. 63, 1924.



