Die osmotischen Zustandsgrössen und das Längenwachstum des Stengels

Objekttyp: **Chapter**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles = Bulletin der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg**

Band (Jahr): **44 (1954)**

PDF erstellt am: **02.06.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

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

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

den Reinluftpflanzen, demzufolge auch auf einen höheren Turgordruck in den Geweben der Rauchluftpflanzen geschlossen werden darf. Wie aus dem Kurvenbild (Fig. 2) ersichtlich ist, verzeichnen die Sz_g-Messungen im Rindenparenchym der Rauchluftstengel auffallend hohe Werte, konnte doch ein Höchstwert von 20.5 Atm ermittelt werden. Dieser Anstieg erscheint am Anfang des Versuches, unmittelbar nach der Einwirkung des Rauches. Die weiteren Messungen ergaben ein sukzessives Fallen der Sz_g-Werte. Sie näherten sich mehr und mehr den Sz_g-Werten der Reinluftpflanzen. Niederere Werte ergaben die Sz_g-Messungen in der Epidermis der Rauchluftkeimlinge. Darin ließ sich ein maximaler Sz_g-Wert von 12.8 Atm messen. Die Epidermis-Sz_g-Werte in den Rauchluftpflanzen näherten sich von Anfang an denjenigen in den Reinluftpflanzen. In der Epidermis sind keine so großen Sz_g-Rauchluft-Reinluft-Differenzen zu verzeichnen, wie dies im Rindenparenchym der Fall war. Es scheint, als ob der Tabakrauch auf das Protoplasma insbesondere der Rindenparenchymzellen des Stengels, aber auch der Epidermiszellen einen schockartigen Einfluß ausübe, der zu einer gesteigerten, aber kurzfristigen Osmoregulation führt, welcher eine langsame Anpassung an die atmosphärisch fremdartige Umgebung folgt, die sich durch die festgestellte sukzessive Abnahme der Sz_g-Werte und deren Annäherung der Sz_g-Werte der Pflanzen mit normaler Atmosphäre ausdrückt.

Anschließend kann gesagt werden, daß sich die osmotischen Zustandsgrößen der Rauchluftpflanzen zueinander ähnlich verhalten, wie dies nach den bisherigen Kenntnissen bei den Reinluftpflanzen der Fall ist. In beiden ist, wie aus Fig. 2 hervorgeht, der Turgordruck außerordentlich klein, trotzdem meine Pflanzen äußerlich frisch und turgeszent aussahen. Auch T_n der Reinluftpflanzen ist, wie die andern Zustandsgrößen kleiner als bei Rauchluftpflanzen.

D. Die osmotischen Zustandsgrößen und das Längenwachstum des Stengels

Unter dem Einfluß des Tabakrauches erfuhr das Längenwachstum der Erbsenkeimlinge eine deutliche Hemmung, das Dickenwachstum aber eine deutliche Förderung (Tab. 2). Das gibt uns Gelegenheit, den Beziehungen zwischen osmotischen Zustandsgrößen und Längen-, bzw. Dickenwachstum unserer Keimlinge nachzugehen.

Bei jeder Messung bestimmte ich an den zu untersuchenden Exemplaren die gesamte Stengellänge von der Ansatzstelle der Wurzel bis zum Vegetationspunkt und seine maximale Dicke, oft auch die Länge der Wurzel und ihre Dicke (vgl. Angaben zu Tab. 1). Die Beziehungen zwischen Wurzeldimensionen und osmotischen Zustandsgrößen wurden nicht verfolgt, weil in den Wurzeln keine osmotischen Messungen vorgenommen wurden.

Vergleichen wir zunächst nur das Längenwachstum von Reinluft- und Rauchluftstengel ohne Berücksichtigung der osmotischen Zustandsgrößen. Eine der vielen Versuchsreihen ist in der Fig. 3 dargestellt. Die Kurven stellen das mittlere Längenwachstum von je 3-4 Reinluftpflanzen, beziehungsweise von je 3-4 vergleichbaren Rauchluftkeimlingen dar. Die Kurven geben am 3. Versuchstage eine Rauchluftlänge von 0.6 cm und eine Reinluftlänge von 1.0 cm an.

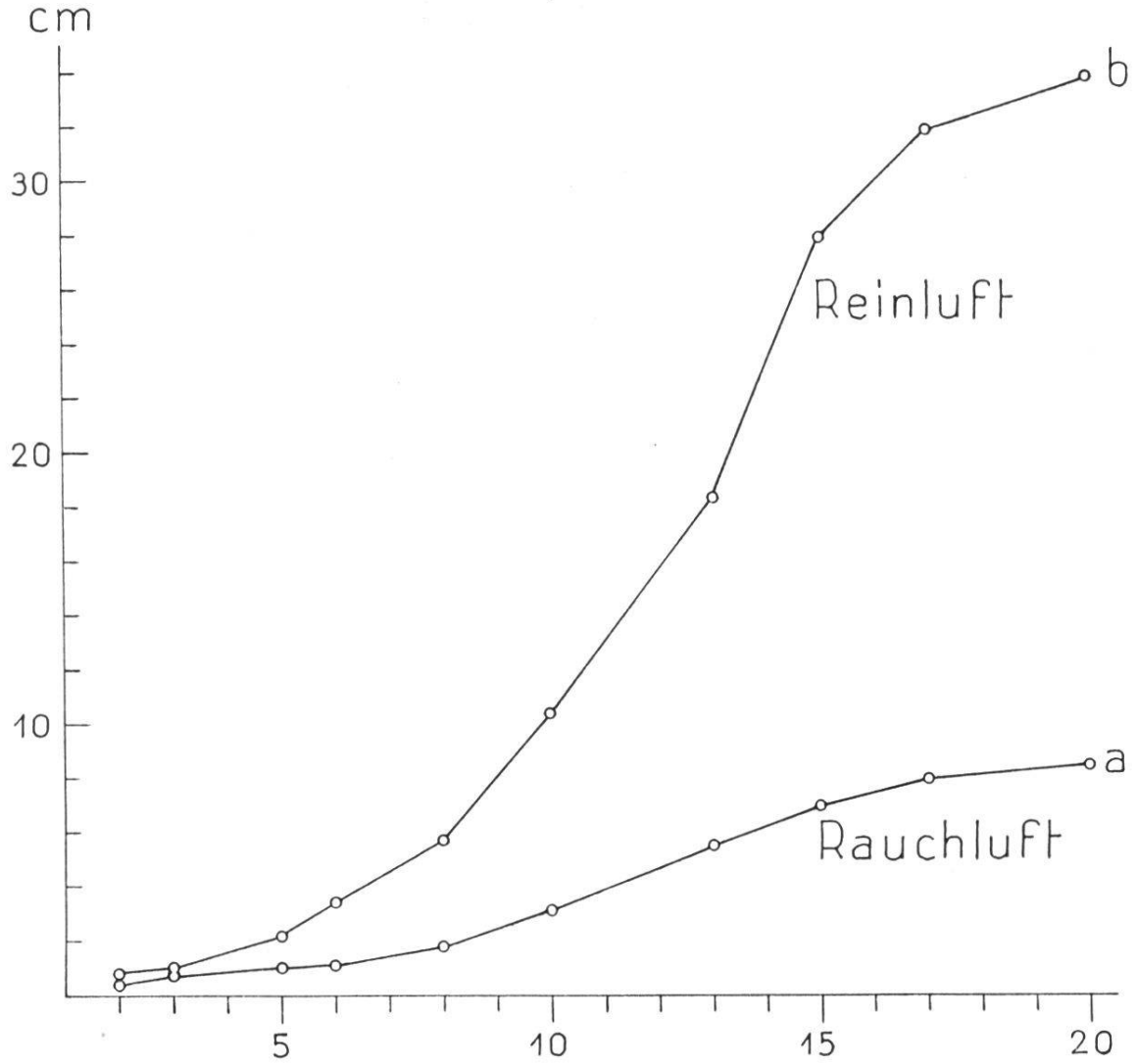

Fig. 3. Längenzuwachs des Stengels von Pisum sativum in Rauch- und Reinluft. Abszissen wie in Fig. 1. Zeit der Untersuchung: 23. Mai bis 5. Juni.

Die Hemmung betrug bei Annahme von übereinstimmenden Wachstumsbedingungen bei gleicher Wachstumsdisposition in den Pflanzen in 3 Tagen 0.4 cm, was einer Wachstumsverminderung von 40 % entspricht bezogen auf das Wachstum der Reinluftpflanzen (= 100 %). Die prozentuale Hemmung ist am Anfang des Versuches geringer als im späteren Verlauf, denn am 5. Versuchstag betrug die Hemmung 54 % und am 10. 69 %. Am 15. Tag der Versuchsdauer konnte ich eine Hemmung von 75 % feststellen. Allgemein ergaben die Versuche eine regelmäßige Zunahme der Stengellänge und damit auch ein stetiges Längenwachstum der Reinluftpflanzen, während bei den Rauchluftpflanzen die Stengellänge zwar auch eine fortwährende Zunahme erfuhr, diese aber im Ausmaß wesentlich geringer war und deutlich gehemmt erschien.

Auf Grund der zahlreichen Messungen des Längenwachstums der Stengel, von denen in der Folge einige im Zusammenhang mit den

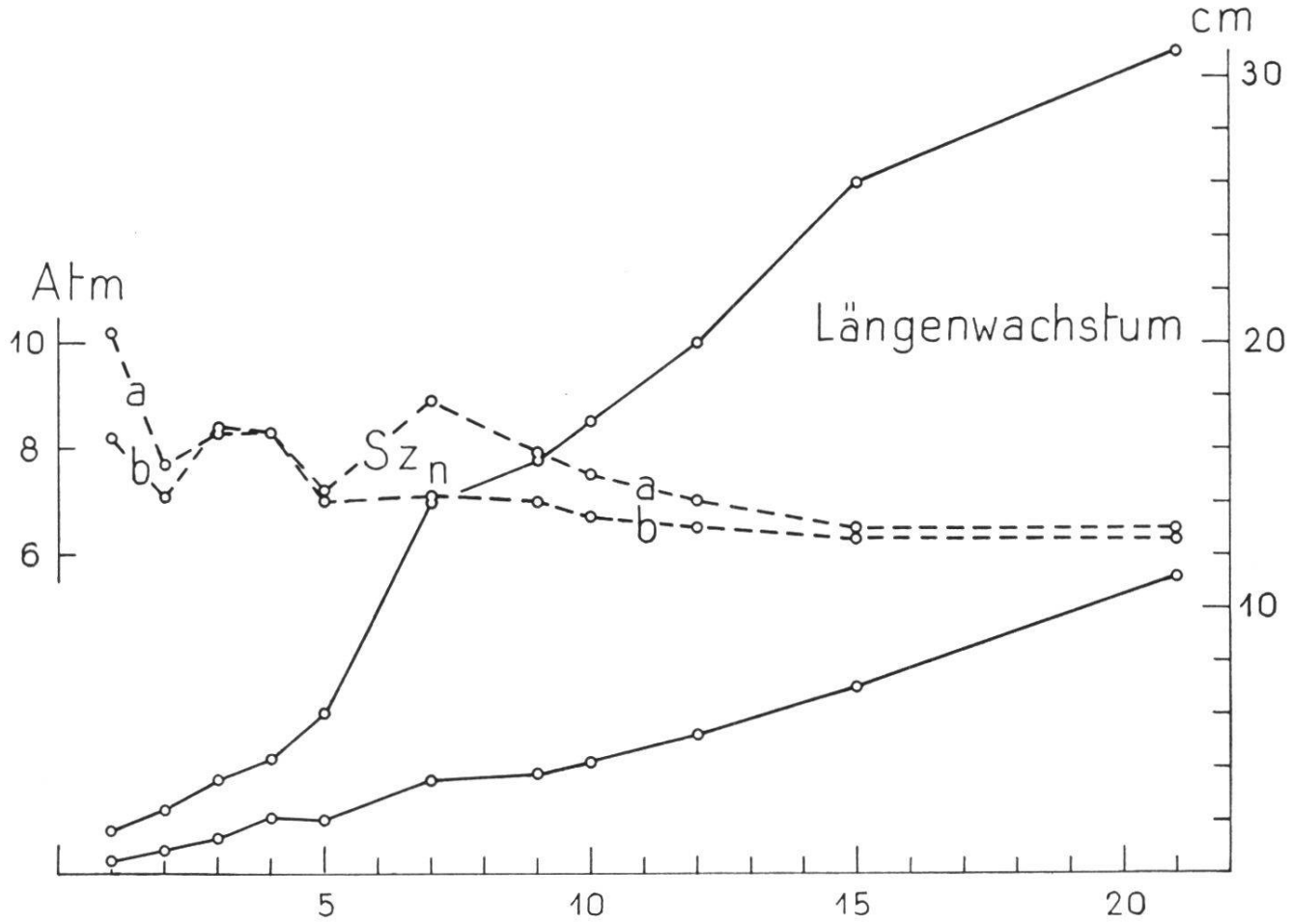

Fig. 4. Sz_n im untersten Internodium und Längenwachstum (b-Kurve oben) des Stengels von Pisum sativum. Abszissen wie in Fig. 1. Für die Saugkraft (Atm) und den Längenzuwachs (cm) wurden hier und in den weiteren Figuren verschiedene Ordinatenachsen gewählt. Beobachtungszeit: 5. Juli bis 25. Juli.

osmotischen Zustandsgrößen noch besprochen werden, geht deutlich hervor, daß die Wachstumsgeschwindigkeit der Reinluftkeimlinge größer ist als diejenige der rauchgeschädigten Keimlinge.

Obschon ich in meinen Versuchen die Wachstumsbestimmungen nur sehr grob durchführen konnte, schien es mir doch nicht überflüssig, die Ergebnisse der osmotischen Messungen mit dem Längenwachstum zu vergleichen. In Fig. 4 sind die Resultate der Sz_n-Messungen und das Gesamtlängenwachstum des Stengels einer Versuchsreihe angeführt. Die Sz_n-Werte stammen aus dem untersten Internodium des Stengels; die angegebenen Längenmaße aber beziehen sich auf den ganzen Stengel. Der Vergleich der Saugkraft (Sz_n), sowohl in Rauch- wie in den Reinluftpflanzen, mit dem dazu gehörenden Längenwachstum zeigt, daß die Saugkraft mit zunehmender Länge des Keimlings und der dadurch bedingten größeren Entfernung des untersten Internodiums vom Vegetationspunkt abnimmt, wobei Sz_n in den Rauchluftpflanzen fast immer höher ist als in den Reinluftpflanzen. Die am Anfang der Versuchsreihe in den Reinluftpflanzen gefundenen größeren Saugkraftwerte sind vor allem darauf zurückzuführen, daß sie in der Zone intensiven Wachstums lagen. Da bei dem verlangsamten Längenwachstum der Rauchluftpflanzen auch in der Streckungszone die Saugkraftmessungen trotzdem höhere Werte ergaben, darf geschlossen werden, daß die Differenzen der Saugkraft nicht nur eine Folge des Wachstums, sondern tatsächlich eine solche der Einwirkung des Tabakrauches sind. Dies wurde im späteren Verlauf nur bestätigt, da die Differenzen auch mit zunehmender Entfernung vom Vegetationspunkt bestehen bleiben.

Ursprung und Blum (1924) zeigten durch ihre Untersuchungen an der Wurzel von *Vicia Faba*, daß in der Region des stärksten Längenwachstums, sowohl bei der geraden als auch bei der geotropisch sich krümmenden Wurzel, die größte Saugkraft (Sz_n) vorherrscht, dagegen der schwächste Turgordruck. Es darf angenommen werden, daß die Verhältnisse im normalen Stengel die nämlichen sind.

Eine weitere Sz_n-Messungsreihe wurde an je einem der obern Internodien ausgeführt, wobei das Gesamtlängenwachstum der untersuchten Stengel bestimmt wurde. Die Ergebnisse sind in Fig. 5 festgehalten. Diese zeigt, daß Sz_n am Anfang der Untersuchung die höchsten Werte aufweist. Im Verlaufe des Versuches fällt Sz_n, offenbar deshalb, weil der Abstand vom Vegetationspunkt wie oben zunimmt.

Die Sz_n-Messungen wurden nämlich bei den Rauchluftpflanzen an der Stelle der größten Dicke, die sich meistens in der Mitte oder oberhalb davon befand, und an entsprechenden Stellen der Reinluftstengel vorgenommen. Am Anfang lag die Saugkraft (Sz_n) in den Rauchluftpflanzen merklich höher als in den Reinluftpflanzen. Mit fortschreitendem Versuch klangen die Differenzen ab. Es machte sich hier das gleiche Phänomen geltend wie im vorgehend beschriebenen Versuch. Doch ist hinzuzufügen, daß bei den Untersuchungen am obern Internodium die Saugkraft sowohl in der Rauchluft als auch in den Reinluftpflanzen, von einer einzigen Ausnahme abgesehen, höher liegt als die Saugkraft im untersten Internodium. Es macht sich wiederum der Abstand vom Vegetationspunkt geltend.

Es sei an dieser Stelle nochmals auf Tab. 12 hingewiesen, die gleichzeitige Sz_n-Messungen der vier unteren Internodien der nämlichen Pflanze enthält und zeigt, daß die jeweiligen Messungen in der Nähe des Vegetationspunktes die höchsten Sz_n-Werte ergaben.

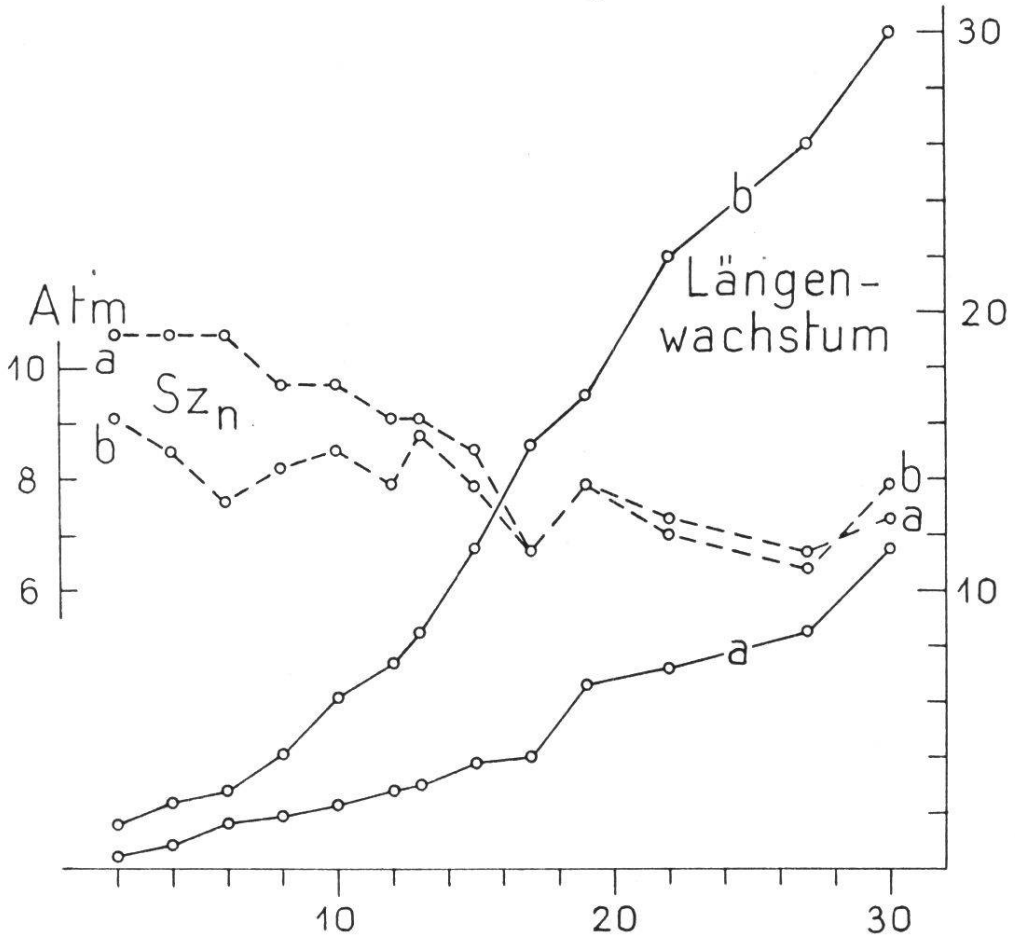

Fig. 5. Sz_n des obern Internodiums und Längenwachstums des Stengels. Vgl. Fig. 4. Zeit der Messungen : 13. Dezember bis 10. Januar.

Wie sich für Rauch- und Reinluftpflanzen die Saugkraft bei Grenzplasmolyse im Stengel zu dessen Längenwachstum verhält, wird aus Fig. 6 sofort klar ersichtlich. Die beiden Sz_g-Kurven, die die Resultate der Sz_g-Messungen im Rindenparenchym der Rauch-, bzw. der Reinluftstengel darstellen, zeigen anfänglich große, nach und nach abklingende Sz_g-Differenzen zwischen den Rauch- und Reinluftpflanzen. Die Rein- und Rauchluftpflanzen wachsen, wie die Kurven des Längenwachstums erläutern, mit ziemlich großer Regelmäßigkeit weiter. Die Rauchluftpflanzen weisen eine Hemmung im Längen-

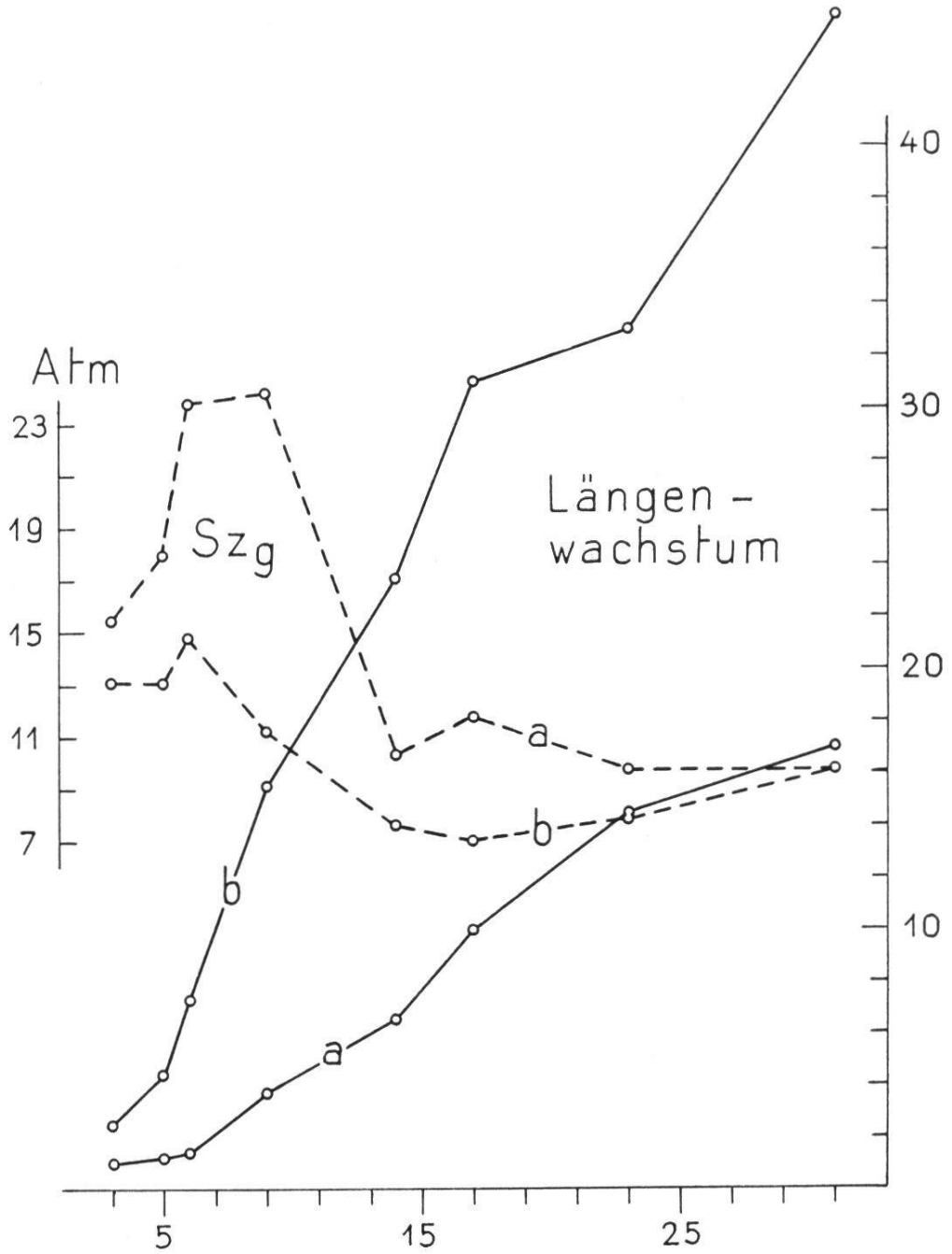

Fig. 6. Sz_g im Rindenparenchym und Längenwachstum des Stengels. Vgl. Fig. 4. Beobachtungsdaten : 28. Oktober bis 25. November.

wachstum und deutliche Förderung im Dickenwachstum auf (festgestellte maximale Dicke bei den Rauchluftkeimlingen 5 mm, bei den Reinluftkeimlingen 3 mm).

Die O_g-Schwankungen wurden vielfach mit dem Wachstum in Beziehung gebracht. Einem stärkeren Wachstum entspreche ein kleineres O_g, weil ein stärkerer Stoffverbrauch vorhanden sei. Dem stärkeren Längenwachstum der Reinluftpflanzen sind nach Fig. 6 niederere Sz_g-Werte zugeordnet, während in den im Längenwachstum gehemmten Rauchluftpflanzen höhere Sz_g-Werte vorkommen. URSPRUNG und BLUM (1924) weisen darauf hin, daß die O_g-Werte in hohem Maße auch von der elastischen Spannung der Wand abhängen. Darnach kann eine Änderung des Grenzplasmolysewertes nicht nur auf Änderung des osmotisch wirksamen Inhaltes beruhen, sondern auch auf Änderung der Wandspannung. Tatsächlich konnte ich (vgl. PURKYT 1912) an Schnitten von Stengeln rauchgeschädigter Erbsenkeimlinge feststellen, daß die Membranen der Zellen eine bedeutende Verdickung erfahren haben. Sie schien in allen Zellen gleichmäßig zu sein. Bei Behandlung der Schnitte von Erbsenstengeln der Rauchluftpflanzen mit Phloroglucin und Salzsäure erfolgte eine äußerst starke Verquellung der Membran, während in den Reinluftpflanzen die Quellung sehr gering blieb. PURKYT (1912) glaubte annehmen zu müssen, daß die Zellulosemembran durch die Einwirkung des Tabakrauches eine physikalisch-chemische Veränderung erleidet, die sich eben in ihrer äußerst starken Quellungsfähigkeit äußert. Auf unsere Verhältnisse angewendet würde das bedeuten, daß mit der physikalisch-chemischen Veränderung der Membran auch ihre Elastizität anders geworden wäre. Es ist deshalb nicht ausgeschlossen, daß die hohen Sz_g-Werte in den Rauchluftpflanzen durch die Änderung der elastischen Spannung der Wand bedingt sind, daß bei gleicher Zuckerkonzentration im normalen Zustand, aber bei verschiedener Kontraktion bei Grenzplasmolyse andere O_g-Werte erhalten werden nach der Beziehung $Sz_g = \frac{Vn}{Vg} \cdot Si_n$. Ist Si_n in zwei Zellen gleich, die Volumkontraktion beider Zellen aber verschieden, so muß daraus auch ein verschiedenes Sz_g resultieren. Man kann sich aber auch vorstellen, daß der Tabakrauch die enzymatische Tätigkeit der Zellen beeinflußt, also etwa eine intensivere Stärkezersetzung bewirkt, so daß auch aus diesem Grunde Si_n und damit auch Sz_g bei gleicher Volumkontraktion steigen würden (Fig. 7).

Das Abflauen der Sz_g-Differenzen deutet PURKYT (1912) dahin, daß vermutlich eine Kondensierung von osmotisch wirksamen Stoffen zu Membransubstanz vor sich gehe. Diese Vorstellung ließe sich gut mit den beschriebenen Membranverdickungen in den Rauchluftkeimlingen vereinbaren. Zudem darf die Annahme, daß die Membranverdickung auf Kosten des Längenwachstums vor sich geht, nicht ganz von der Hand gewiesen werden. Die Beziehungen der chemischen Umwandlungen des Zellinhaltes, die vor allem für die osmotische Zustandsgröße Sz_g verantwortlich sind, zum Längenwachstum sind noch zu wenig abgeklärt.

Es sei auch die Saugkraft des Zellinhaltes Si_n der Rauch- und Reinluftpflanzen mit dem Längenwachstum des zugeordneten Stengels in Beziehung gebracht. Fig. 7 zeigt die Ergebnisse der Si_n-Messungen einer Versuchsreihe und die entsprechenden Angaben über das Längenwachstum. Zur Messung des Si_n-Wertes wurde der ganze Stengel verwendet. Wir stellen fest, daß sich Si_n gleichsinnig verhält wie Sz_n (vgl. Fig. 5 mit Fig. 7), ein Verhalten, das sich aus der Saugkraftgleichung ergibt. Das Längenwachstum der Stengel aus Rauch- und

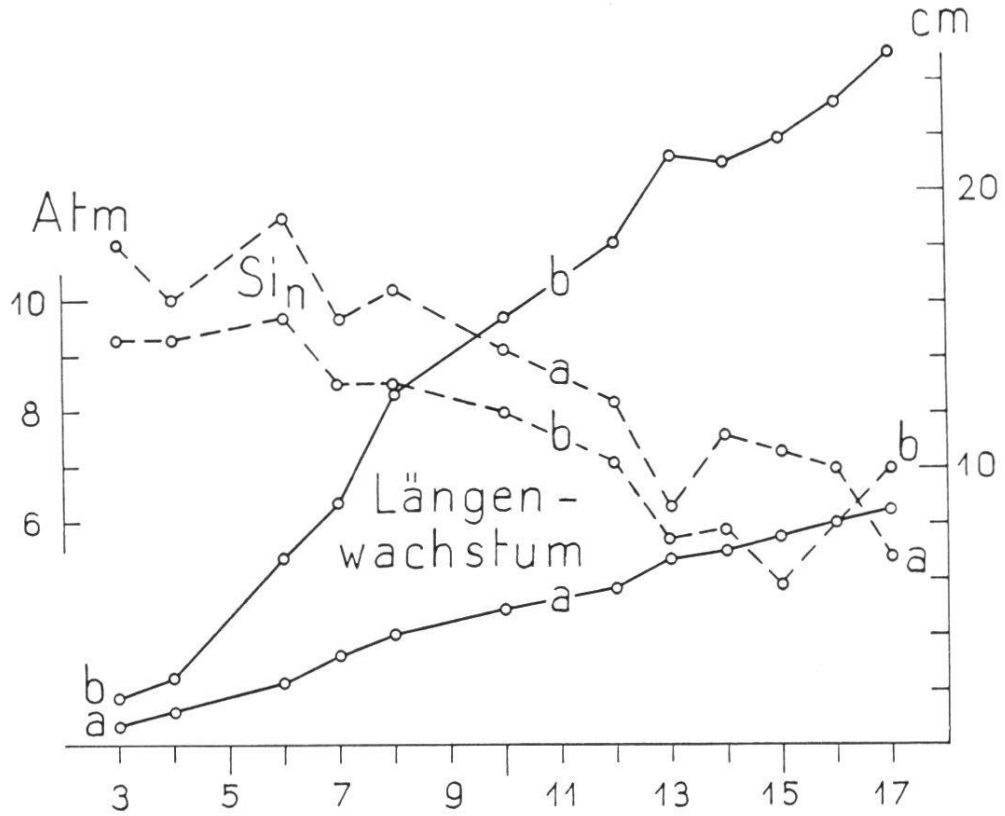

Fig. 7. Si_n und Längenwachstum des Stengels. Für die Bezeichnung vgl. Fig. 4. Datum der Beobachtungen: 12. bis 26. Juli.

Reinluft weist die nämlichen Merkmale auf, wie wir sie bisher feststellen konnten : mit dem Längerwerden der Stengel nimmt Si_n sowohl in den Rauch- als auch in den Reinluftpflanzen ab.

E. Beziehungen des stärksten Wachstums zu Sz_n und T_n

In einer Versuchsreihe maß ich in den Stengeln der Rauch- und Reinluftpflanzen von *Pisum sativum* durch Bestimmung der Größen Sz_n und Si_n experimentell in erster Annäherung den Turgordruck. Die Ergebnisse finden sich in Fig. 8 mit den Angaben über das Längenwachstum des Stengels zusammengestellt. Daraus geht hervor, daß der Turgordruck in den Rauchluftkeimlingen mit zunehmendem Alter

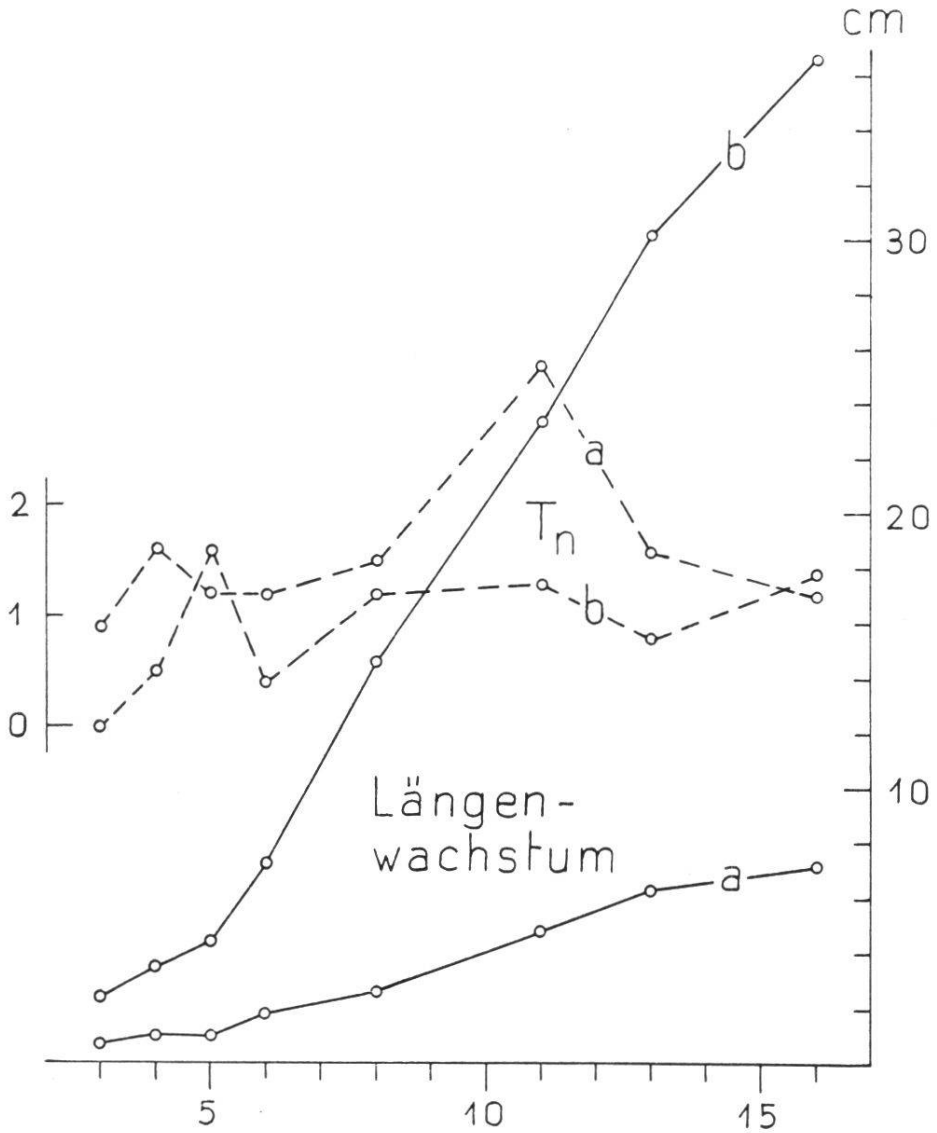

Fig. 8. T_n im ganzen Stengel und Längenwachstum. Wegen der Abszissen und Ordinaten vgl. Fig. 4. Beobachtungszeit : 8. bis 21. Juli.