

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

**Herausgeber:** Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles

**Band:** 44 (1954)

**Artikel:** Über den Einfluss des Tabakrauches auf die osmotischen Zustandsgrössen und das Wachstum von Erbsenkeimlingen

**Autor:** Roggo, Hans

**Kapitel:** D: Die osmotischen Zustandsgrössen und das Längenwachstum des Stengels

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-308321>

#### 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:** 29.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://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 Epideriszellen einen schockartigen Einfluß ausübe, der zu einer gesteigerten, aber kurzfristigen Osmoregulation führt, welcher eine langsame Anpassung an die atmosphärisch fremd-artige 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 Reinaluft- 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 Reinaluftpflanzen, beziehungsweise von je 3-4 vergleichbaren Rauchluftkeimlingen dar. Die Kurven geben am 3. Versuchstage eine Rauchluftlänge von 0.6 cm und eine Reinaluftlänge von 1.0 cm an.

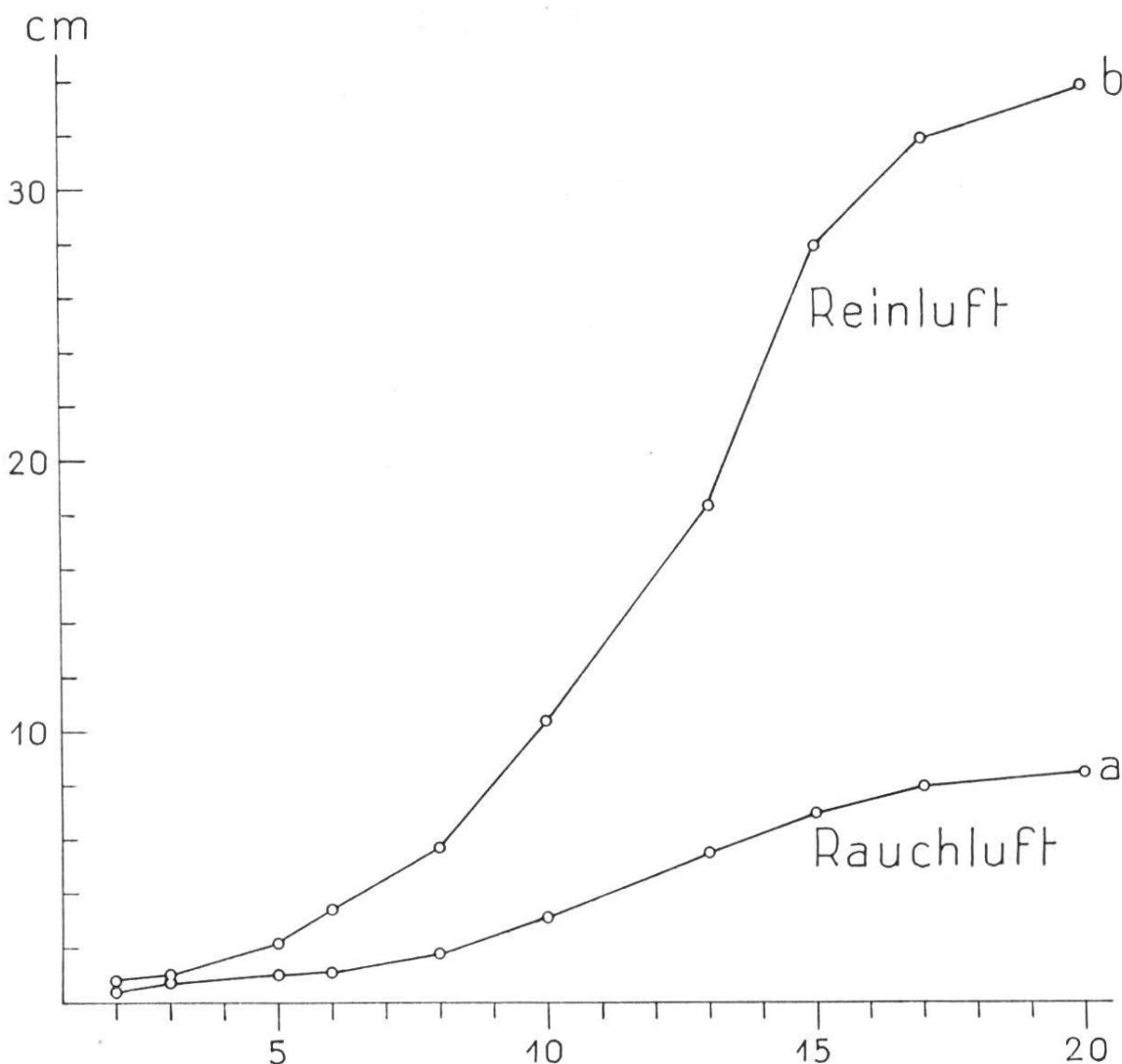


Fig. 3. Längenzuwachs des Stengels von *Pisum sativum* in Rauch- und Reinaluft. Abszissen wie in Fig. 1. Zeit der Untersuchung : 23. Mai bis 5. Juni.

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

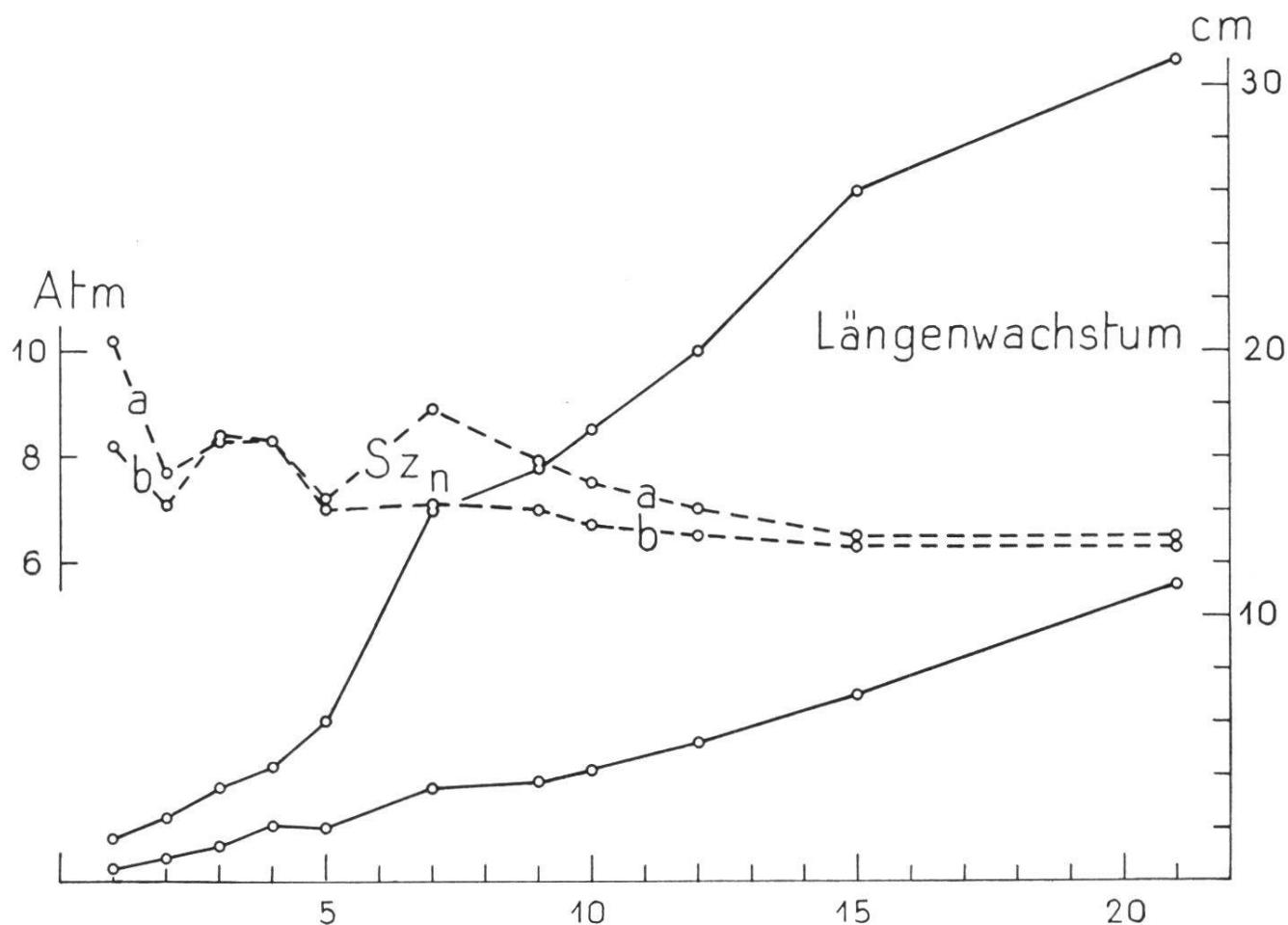


Fig. 4. Sz<sub>n</sub> im untersten Internodium und Längenwachstum (b-Kurve oben) des Stengels von *Pisum sativum*. Abszissen wie in Fig. 1. Für die Saugkraft (Atm) und den Längenzuwachs (cm) wurden hier und in den weiteren Figuren verschiedene Ordinatenachsen gewählt. Beobachtungszeit: 5. Juli bis 25.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

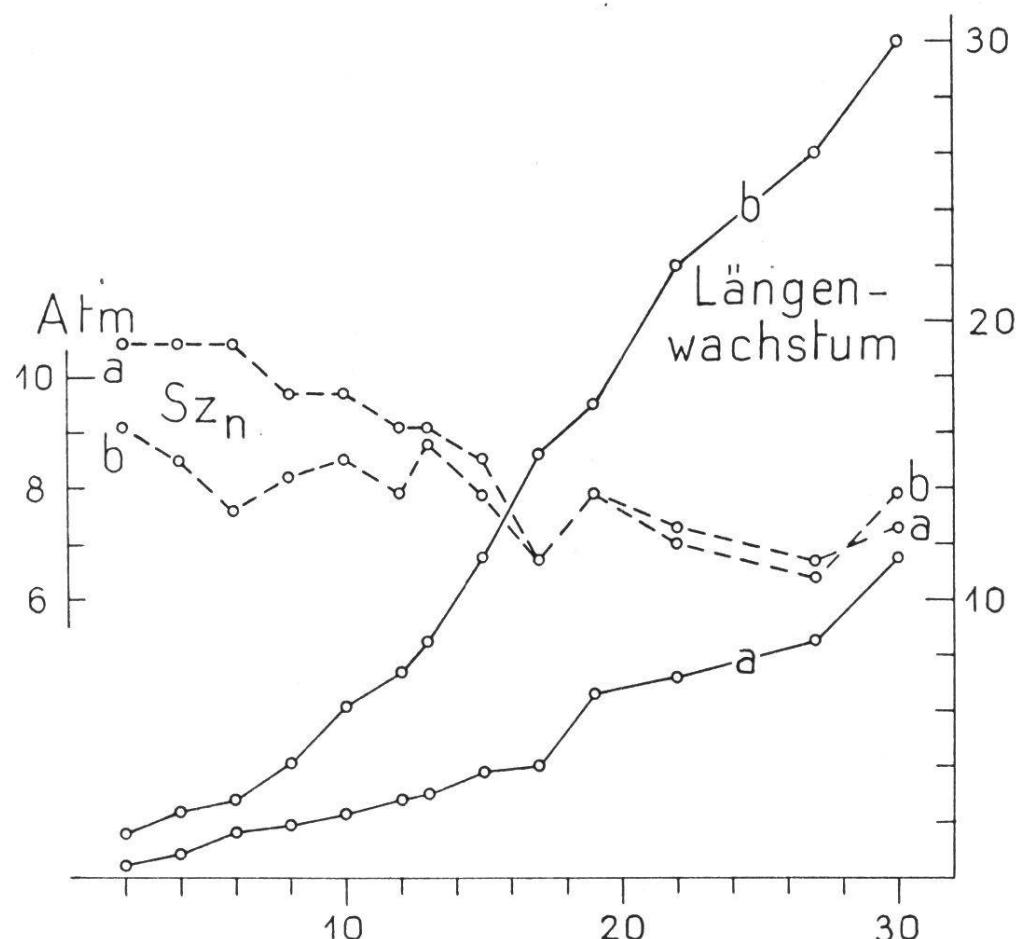


Fig. 5.  $Sz_n$  des obern Internodiums und Längenwachstums des Stengels. Vgl. Fig. 4.  
Zeit der Messungen : 13. Dezember bis 10. Januar.

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-

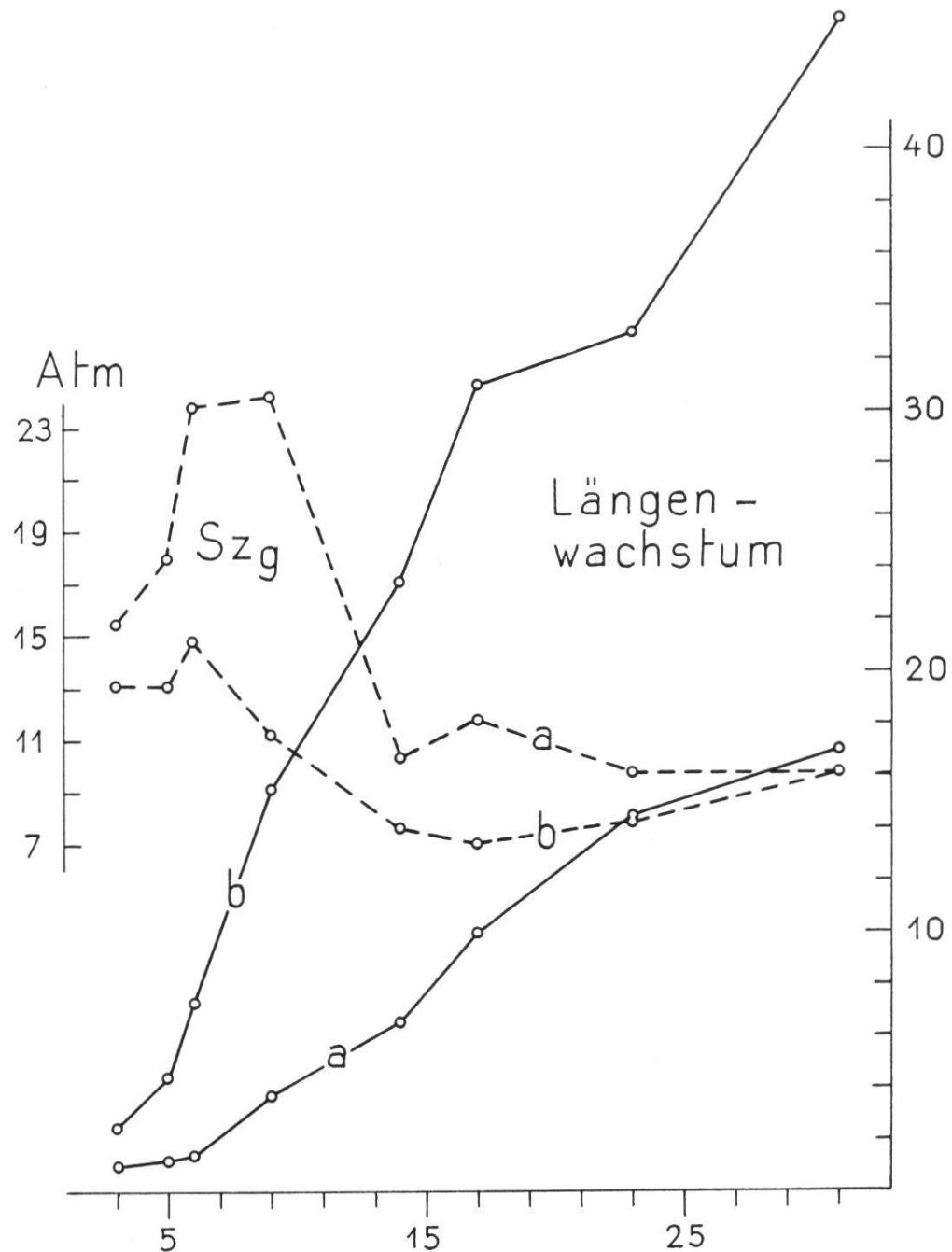


Fig. 6.  $Sz_g$  im Rindenparenchym und Längenwachstum des Stengels. Vgl. Fig. 4.  
Beobachtungsdaten : 28. Oktober bis 25. November.

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 niederrere  $Sz_g$ -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  $Sz_g = \frac{V_n}{V_g} \cdot Si_n$ . 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 Reinaluftpflanzen 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

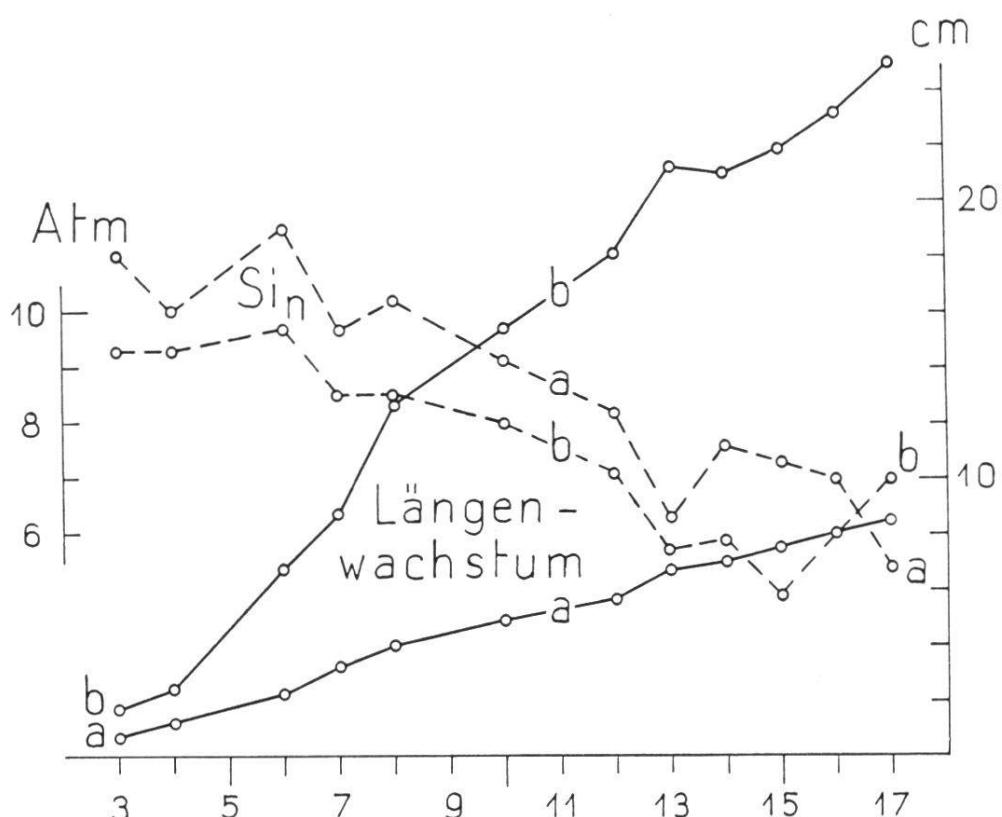


Fig. 7.  $Si_n$  und Längenwachstum des Stengels. Für die Bezeichnung vgl. Fig. 4.  
Datum der Beobachtungen : 12. bis 26. Juli.

Reinluft weist die nämlichen Merkmale auf, wie wir sie bisher feststellen konnten: mit dem Längerwerden der Stengel nimmt  $Sz_n$  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  $T_n$  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

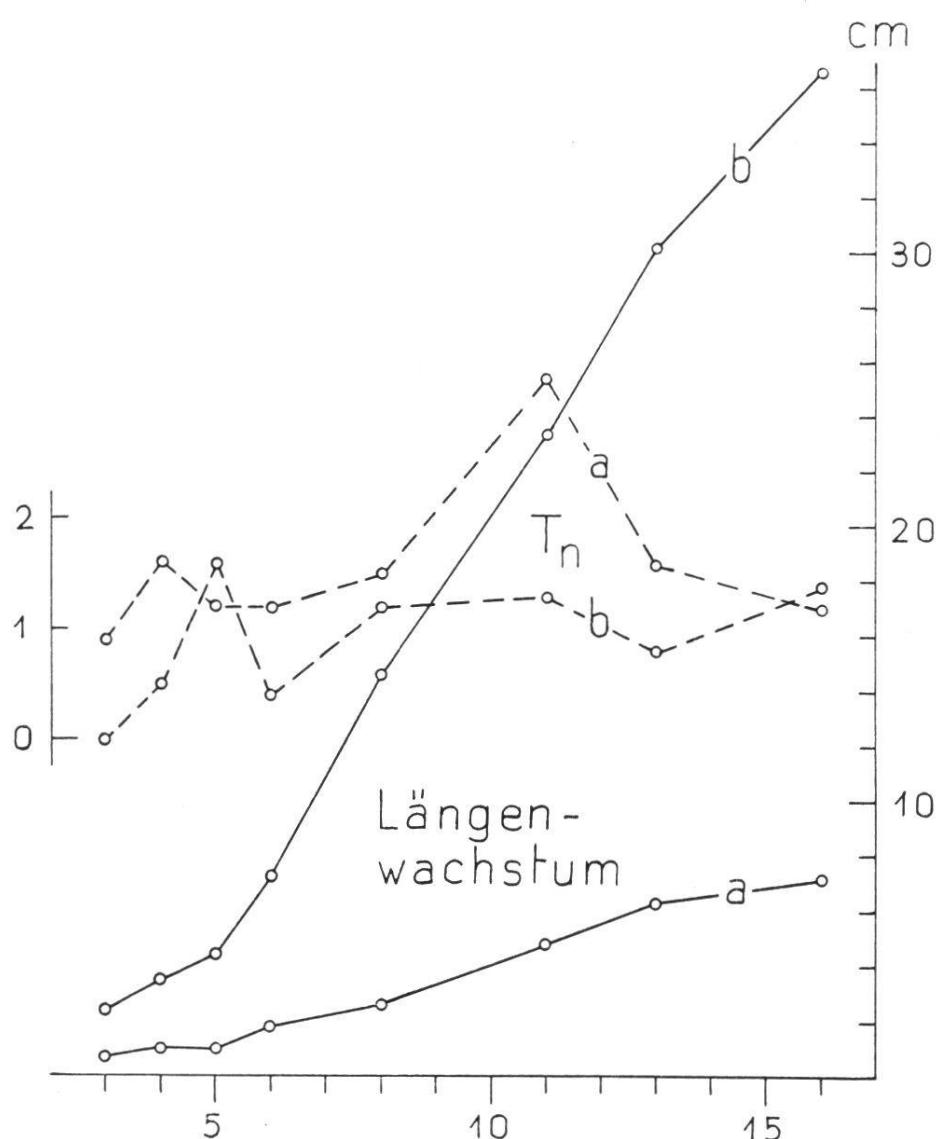


Fig. 8.  $T_n$  im ganzen Stengel und Längenwachstum. Wegen der Abszissen und Ordinaten vgl. Fig. 4. Beobachtungszeit: 8. bis 21. Juli.