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: B: Physiologische Beobachtungen

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: 09.07.2025

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

B. Physiologische Beobachtungen

a) Messung des O_g- und Sz_g-Wertes

Obschon heute die Messung des osmotischen Wertes bei Grenzplasmolyse und die Bestimmung der Saugkraft der Zelle bei Grenzplasmolyse (URSPRUNG 1938) nicht mehr von so großer Wichtigkeit ist wie früher, so kann man ihnen eine gewisse Bedeutung doch nicht absprechen. Früher glaubte man, wie einleitend bemerkt wurde, mit dem Grenzplasmolysewert den Turgordruck oder die Saugkraft der Zelle im normalen Zustand zu messen. Heute weiß man, daß dies nicht zutrifft, aber die Kenntnis des osmotischen Wertes und der Saugkraft der Zelle im abnormalen Zustand der Grenzplasmolyse vermag uns Aufschluß zu geben über die Zu- und Abnahme der osmotisch wirksamen Stoffe einer Zelle. Die Bestimmung von O_g und Sz_g kann daher zur Untersuchung der Osmoregulationen und zur Analyse der Si_n und Sz_n-Werte benutzt werden. Sie leistet auch einen Beitrag zum Studium der Permeabilität. Nach URSPRUNG (1938) « ist die O_g-Änderung allerdings nur dann ein Maß für die Änderung der osmotisch wirksamen Substanz, wenn Änderungen der Permeabilität des Protoplasmas und der Elastizität der Wand nicht störend eingreifen. »

Zur Anwendung kam die seit Jahren bewährte Grenzplasmolyse-Methodik, wie sie von URSPRUNG (1938) beschrieben wurde. Als Plasmolytikum benutzte ich vor allem Rohrzucker, von dem man weiß, daß er äußerst schwer permeïert und nicht schädigend auf die Zelle wirkt. Nebst Rohrzucker fand auch KNO_3 als Plasmolytikum Verwendung, um meine Resultate mit denen früherer Autoren vergleichen zu können, die ebenfalls KNO_3 benützten.

Aus einer volummolaren Stammlösung wurden die erforderlichen Konzentrationen in Abstufungen von 0.05 Mol zubereitet. Die entsprechend verdünnten Lösungen von 10 cm^3 kamen in weithalsige, 30 cm^3 fassende Fläschchen mit eingeschliffenem Glasstopfen. Nach drei- bis viermaligem Gebrauch wurden die Lösungen erneuert, da die Konzentration der Lösung einesteils durch die eingelegten Schnitte leicht verändert wird und andernteils sich darin gerne Pilze entwickeln, besonders in den Rohrzuckerlösungen.

Um Verwechslungen zwischen Rauchluft- und Reinluftmessungen vorzubeugen, stellte ich zwei Serien von gleichen Konzentrations-

abstufungen her. So brauchten die Schnitte von Rauchluft- und Reinluftkeimlingen nicht in die gleiche Lösung gelegt zu werden. Wenn ich zwei Gewebe oder zwei Plasmolytika miteinander vergleichen wollte, gebrauchte ich vorsichtigerweise vier Serien von gleichen Konzentrationen.

In die so zubereiteten Lösungen legte ich meine Schnitte ein. Zuerst stellte ich Schnitte aus den Reinluftpflanzen her, um eine Vermischung des Tabakrauches mit der Reinluftatmosphäre zu verhindern. Erst wenn die Reinluftkeimlinge unter dem schützenden Stülpglas vor Verunreinigungen gesichert waren, wurden die Rauchlufterbsen abgedeckt und die nötigen Exemplare herausgenommen. Über die verbleibenden Keimlinge kam wieder das Stülpglas. Um den abgegangenen Rauch zu ersetzen, blies ich ca. 10 Züge Zigarettenrauch hinein. Beim Abheben des Stülpglases von den Rauchluftpflanzen und bei Zugabe von Tabakrauch kam es unvermeidlich zu einer, wenn auch geringen Verunreinigung der Luft im Laboratoriumsraum. Da der Laboratoriumsraum sehr groß ist und regelmäßig gut durchlüftet wurde, blieb die Luft praktisch rein.

Untersucht wurden die Epidermis und das Rindenparenchym des Stengels von *Pisum sativum*. Um Schnitte aus dem Rindenparenchym herzustellen, halbierte ich den Stengel, worauf tangentiale Schnitte hergestellt wurden. Die Epidermis maß ich an Flächenschnitten. Selbstverständlich kamen nur lebende Zellen zur Untersuchung.

Der O_g-Wert des Zellverbandes entspricht jener Konzentration des Plasmolytikums, in der mindestens 50 % der untersuchten Zellen Grenzplasmolyse zeigen. Eine wichtige Rolle spielt dabei die Grenzplasmolysezeit, d. h. die Zeit zwischen dem Einlegen des Schnittes ins Plasmolytikum bis zum Eintritt der Grenzplasmolyse. Bei meinen Untersuchungen betrug die Meßzeit in Rohrzucker 45 Minuten bis 1 Stunde.

Zu Vergleichungszwecken wurde auch KNO_3 als Plasmolytikum verwendet. Hier ist die Bestimmung der Plasmolysezeit wegen der oft leicht eintretenden Endosmose besonders wichtig (Beck, Tab. 10-13, und Alphons Müller). Grenzplasmolyse trat schon nach 30 Minuten ein. Bei längerem Verbleiben als einer Stunde im Plasmolytikum erfolgte Deplasmolyse durch Endosmose. Wenn durch zu langes Verweilen der Schnitte im Kaliumnitrat-Plasmolytikum Fehler durch Endosmose und Osmoregulationen entstehen konnten und ferner auf

Schädigungen durch Anaerobiose zu achten war, so bestand die gleiche Gefahr auch für Rohrzucker, jedoch nicht in solchem Grade, da sich bei meinen Objekten nach mehreren Stunden kein Rückgang der Plasmolyse beobachten ließ.

Jede Plasmolyse bedingt eine Loslösung des Protoplasmas von der Zellwand. Die Adhäsion des Protoplasten muß überwunden werden. Wenn diese beträchtlich ist, so kann ein zu hoher O_g-Wert vorgetäuscht werden. BUHMANN (1935) hat auf die Möglichkeit dieser Fehlerquelle hingewiesen und durch entsprechende Messungen an *Pinus Laricio* im Februar eine größte Differenz von 27 Atm aufgedeckt. MERKT (1938) führte am Assimilationsparenchym der Nadeln von *Taxus, Pinus* und *Picea* die gleichen Versuche durch, fand aber, wie schon BÄRLUND (1929) an *Rhoeo discolor,* keine oder nur geringe Unterschiede. Es wurden zu hohe Werte vorgetäuscht, wenn er die Zellen zu kurze Zeit in den Lösungen ließ. Im gleichen Sinne führte ebenfalls GASSER (1942) Messungen aus. Er bestimmte in einer großen Anzahl Krautpflanzen noch einen 2. Plasmolysewert, indem er nach Messung des ersten O_g-Wertes jeden Schnitt eine Konzentrationsstufe (0.05 Mol) tiefer einlegte und O_g nach Ablauf der vorher benötigten Grenzplasmolysezeit von neuem maß. Er fand nur sehr geringe Unterschiede.

Welche Bedeutung hat nun die Adhäsion für die O_g-Werte in den Stengeln von *Pisum sativum,* insbesondere in denjenigen von Rauchluftpflanzen ? Der Versuch zeigte, daß in den Epidermiszellen der Reinluftpflanzen nur sehr geringe oder keine Unterschiede bestehen zwischen O_g I- und O_g II-Werten (Tabelle 3). Auch bei den Rauchluftpflanzen sind mit Ausnahme eines einzigen Falles die Unterschiede Null oder so gering, daß ich mich bei meinen Untersuchungen mit dem Plasmolysewert I begnügen konnte. In der Tabelle 3 sind weiter angegeben das Alter der Keimlinge und die Stengeldimensionen. Das Alter der Keimlinge rechnete ich vom Einlegen der Samen in Sägemehl an. Bei den Rauchkeimlingen maß ich die maximale Dicke, bei den Reinluftkeimlingen erfolgte die Messung der Dicke etwas oberhalb des Wurzelhalses, wo der Stengel am dicksten war, da er sich nach oben gleichmäßig verjüngte. Die angegebenen Dimensionen beziehen sich immer auf den oder auf die Versuchskeimlinge, aus welchen die Schnitte hergestellt wurden. Jedesmal wurden neue Exemplare zur Messung verwendet, da gebrauchte Pflanzen nicht mehr weiter

verwendet werden konnten. Es kam oft vor, daß zur Herstellung einer genügend großen Zahl von Schnitten zwei bis drei Exemplare notwendig waren. In diesem Fall wurde bei Angabe der Dimensionen ein Mittelwert gewählt.

Tab. 3. Die O_g- und Sz_g-Werte (Mol Rz und Atm) in der Stengelepidermis von Pisum sativum zeigen keine merkliche Abhängigkeit von der Adhäsion des Protoplasmas

Messungsdatum	2.2.	3.2.	5.2.	7.2.	9.2.	14.2.	17.2.
Alter des Keimlings, Tg.	7	8	10	12	14	19	22
Rauchluft :							
Raucheinfluß, Tage	3	4	6	8	10	15	18
Stengellänge, cm	0.6	0.9	1.8	2.5	3.8	6.0	12.0
Max. Stengeldicke, mm	3.0	3.0	4.0	4.0	4.5	4.0	4.0
Plasmolyse I :							
O_g in Mol Rz	0.70	0.61	0.46	0.45	0.44	0.43	0.38
Sz_g in Atm	21.8	18.4	13.1	12.8	12.5	12.2	10.6
Plasmolyse II :							
O_g in Mol Rz	0.66	0.62	0.46	0.43	0.43	0.42	0.38
Sz_g in Atm	20.2	18.7	13.1	12.2	12.2	11.8	10.6
Reinluft :							
Stengellänge, cm	1.6	2.0	4.0	6.1	11.2	22.0	34.5
Max. Stengeldicke, mm	2.3	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Plasmolyse I :							
O_g in Mol Rz	0.47	0.35	0.33	0.36	0.33	0.40	0.38
Sz_g in Atm	13.5	9.7	9.1	10.1	9.1	11.2	10.6
Plasmolyse II :							
O_g in Mol Rz	0.47	0.35	0.32	0.35	0.32	0.39	0.38
Sz_g in Atm	13.5	9.7	8.8	9.7	8.8	10.9	10.6

1. Messungen am Rindenparenchym

Zu den Messungen des Rindenparenchyms benutzte ich die größeren, etwa in der Mitte liegenden Zellen des 10-12 Rindenschichten dicken Parenchyms. Die Untersuchungen begannen in jungen Kulturen, deren einzelne Pflänzchen in Reinluftkulturen 1-4 cm, in gleich alten Rauchluftkulturen etwa 1 cm hoch waren. Sie wurden in den wachsenden Kulturen fortgesetzt, bis die Blätter der Rauchluftpflanzen geschädigt waren, was nach etwa 16-28 Tagen sichtbar wurde. Die

O_g- und Sz_g-Werte der aufeinanderfolgenden Messungen sind unter sich nicht vergleichbar, weil sie von verschiedenen Pflanzen und in ungleichem Abstand vom Vegetationspunkt stammen. Hingegen sind unter sich vergleichbar die zur gleichen Zeit untersuchten Pflänzchen in Rauch- und Reinluft. Eine Auswahl der Messungen findet sich in Tab. 4 und 5, wobei in Tab. 4 Messungen in KNO_3 und Rohrzucker, in Tab. 5 gleichzeitig durchgeführte Messungen in den erwähnten Plasmolytika angeführt sind.

Am 20. September wurden Erbsensamen, Sorte « Maikönigin », während mehrerer Stunden in Leitungswasser aufgeweicht und in Sägemehl gelegt. Am 24. September waren sie soweit gekeimt, daß sie auf das Netz versetzt werden konnten. Wie üblich kamen die Kulturen unter Stülpgläser, wovon eines mit 10 Zügen Zigarettenrauch beschickt wurde, während das andere zur Kontrolle gewöhnliche Luft enthielt. Die herangezogenen Keimlinge dienten als Untersuchungsmaterial für O_g-Messungen in KNO_3. In gleicher Weise wurde etwas später eine Kultur herangezogen, die zu O_g-Messungen in Rohrzuckerlösungen Verwendung fand (siehe Tab. 4).

Wie aus Tab. 4 ersichtlich ist, wurden an den ersten Untersuchungstagen junge Keimlinge verwendet, deren Stengel nur geringe Längen aufwiesen. Die Schnitte stammten bei Rauchkeimlingen aus der Region unmittelbar unter dem Vegetationspunkt. Später wählte ich am Stengel die Stelle der maximalen Dicke, die sich meistens in halber Höhe des Stengels vorfand, bei älteren, längeren Exemplaren in den oberen Partien des Stengels. Um die Schnitte aus den Reinluftkeimlingen zu gewinnen, wählte ich die den Rauchluftkeimlingen entsprechenden Stellen.

Gleich bei der ersten Messung mit KNO_3 konnte ein Sz_g-Unterschied von 8.2 Atm festgestellt werden. Der gemessene Rauchkeimling hatte eine maximale Dicke von 3 mm ; Sz_g betrug 21.2 Atm, diejenige der Reinluftpflanze 13.0 Atm. Der am folgenden Tag untersuchte Stengel des Rauchkeimlings maß an der dicksten Stelle 4.0 mm ; die Sz_g-Bestimmung ergab 16.8 Atm. Der entsprechende Sz_g-Wert in der Reinluftpflanze betrug 12.6 Atm, die sich ergebende Differenz 4.2 Atm. Alle Sz_g-Werte der Rauchluftpflanzen waren höher als diejenigen der Reinluftpflanzen, doch nahm die Differenz im Verlaufe des Versuches ab. Die letzte Messung ergab gleichhohe Werte.

Das auffallendste Resultat ist die beständige Abnahme der Sz_g-

Differenz mit zunehmendem Alter, die von 8.2 Atm am 1. Tag schließlich auf Null herunterfällt. In allen weiteren Untersuchungen, die ich in Rohrzuckerlösungen und auch in KNO_3 durchgeführt habe, war kein so regelmäßiges Verhalten mehr bemerkbar und vor allem auch nicht die fast gleichmäßige Abnahme der Differenz bis zum Werte Null. Unsere KNO_3-Messungen dieser Tabelle deuten vielmehr darauf hin, daß hier die Permeabilität des KNO_3 eine Rolle, besonders in Rauchluft, gespielt haben könnte, so daß die Werte in jungen Zellen und damit auch die Differenz zu hoch ausfallen mußten.

Tab. 4. Vergleichende Sz_g-Messungen am Rindenparenchym von Pisum sativum mit den Plasmolytika Kaliumnitrat und Rohrzucker

			Rauchluft			Reinluft			Unterschied		
	Alter d. Keiml. Tg.	Rauch-einfluß Tg.	Länge cm	Dicke max. mm	Sz_g Atm	Länge cm	Dicke max. mm	Sz_g Atm	Länge cm	Dicke mm	Sz_g Atm
Kaliumnitrat:											
27.9.	7	3	1.0	3.0	21.2	4.0	2.5	13.0	3.0	0.5	8.2
28.9.	8	4	1.4	4.0	16.8	5.3	2.5	12.6	3.9	1.5	4.2
29.9.	9	5	1.6	4.0	14.2	8.5	2.5	10.3	6.9	1.5	3.9
30.9.	10	6	2.3	4.0	11.5	14.0	2.5	9.5	11.7	1.5	2.0
2.10.	12	8	2.7	5.0	11.1	16.5	2.5	9.1	13.8	2.5	2.0
4.10.	14	10	4.2	4.5	12.6	20.0	2.5	9.9	15.8	2.0	2.7
6.10.	16	12	5.0	4.0	9.5	21.5	2.0	9.5	16.5	2.0	0.0
Rohrzucker:											
24.11.	6	2	0.9	3.0	14.5	1.3	2.0	11.8	0.4	1.0	2.7
25.11.	7	3	1.0	3.0	14.1	2.8	2.5	11.2	1.8	0.5	2.9
27.11.	9	5	1.7	3.0	18.7	3.0	2.5	12.8	1.3	0.5	5.9
29.11.	11	7	2.0	4.0	21.4	9.7	2.0	10.9	7.7	2.0	10.5
1.12.	13	9	4.5	3.5	16.9	13.0	2.5	9.4	8.5	1.0	7.5
6.12.	18	14	6.0	4.5	9.7	27.0	2.1	7.9	21.0	2.4	1.8
9.12.	21	17	11.0	4.0	11.8	33.0	2.3	7.3	22.0	1.7	4.5
13.12.	25	21	13.0	3.5	10.3	29.0	2.3	6.7	16.0	1.2	3.6

Ein Vergleich der Messungen mit Rohrzuckerlösungen zeigt in erster Linie auch, daß die Sz_g-Werte in den Rauchluftpflanzen stets höher sind als diejenigen in den entsprechenden Stellen der Reinluftpflanzen. Die Differenzen können ganz beträchtlich sein. In einem Stengel der Rauchluftkeimlinge konnte eine 10.5 Atm höhere Saugkraft bei Grenzplasmolyse (Sz_g) gemessen werden als in der gleichen Region eines Stengels der in reiner Luft gewachsenen Pflanzen.

Ein Blick auf die Sz_g-Differenzen läßt feststellen, daß diese zunächst ansteigen, um dann wieder zu fallen. Die größte Differenz von 10.5 Atm wurde bei der 4. Messung erhalten, nachdem sich der Stengel

der Rauchluftpflanzen von 3 auf 4 mm verdickt hatte. Hingegen findet sich im abfallenden Teil der Reihe eine Sz_g-Differenz von nur 1.8 Atm, der Stengel aber weist eine maximale Dicke von 4.5 mm auf.

Die folgende Tabelle 5 zeigt vergleichende Messungen in Rohrzucker und KNO_3, die selbstverständlich gleichzeitig durchgeführt wurden. Die Behandlung der Keimlinge und die Ausführung der Messungen waren dieselben wie in Tab. 4.

Tab. 5. Vergleichende Sz_g-Messungen am Rindenparenchym des Stengels von Pisum sativum mit den Plasmolytika Rohrzucker (Rz) und Kaliumnitrat (Kn)

Datum	29.7.	30.7.	31.7.	1.8.	2.8.	3.8.	4.8.	8.8.	13.8.
Alter des Keiml., Tg.	5	6	7	8	9	10	11	15	20
Rauchluft:									
Raucheinfluß, Tg.	1	2	3	4	5	6	7	11	16
Länge, cm	0.6	0.8	1.0	2.0	2.0	2.5	3.0	5.4	7.0
Dicke, mm	3.0	3.5	3.5	4.0	4.0	4.5	4.0	4.0	4.0
Sz_g, Rz Atm	14.1	21.4	17.2	15.5	14.8	14.5	15.5	12.2	10.3
Sz_g, Kn Atm	15.7	22.0	17.1	17.1	15.0	15.0	15.7	12.3	10.7
Unterschied, Atm	1.6	0.6	0.1	1.6	0.2	0.5	0.2	0.1	0.4
Reinluft:									
Länge, cm	2.0	2.5	3.0	4.3	7.0	9.5	11.4	21.5	29.0
Dicke, mm	2.0	2.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.5	2.5	2.5
Sz_g, Rz Atm	12.8	14.5	13.1	12.8	9.4	7.6	10.3	10.3	10.9
Sz_g, Kn Atm	13.8	15.2	13.8	13.4	10.3	7.9	11.5	10.7	11.1
Unterschied, Atm	1.0	0.7	0.7	0.6	0.9	0.3	1.2	0.4	0.2
Unterschied Rauchluft/Reinluft:									
Sz_g, Rz Atm	1.3	6.9	4.1	2.7	5.4	6.9	5.2	1.9	+0.6
Sz_g, Kn Atm	1.9	6.8	3.3	3.7	4.7	7.1	4.2	1.6	+0.4
Länge, cm	1.4	1.7	2.0	2.3	5.0	7.0	8.4	16.1	22.0
Dicke, mm	1.0	1.0	1.0	1.5	2.0	2.5	1.5	1.5	1.5

Zunächst stellen wir fest, daß die Sz_g-Werte für die Rauchluftpflanzen in KNO_3 etwas höher sind als die Sz_g-Werte für die gleichen Pflanzen in Rohrzucker, z. B. am 1. Tag um 1.6 Atm. Die übrigen Differenzen blieben unter 1.6 Atm. Ferner ergibt sich, daß die Sz_g-Werte der Reinluftpflanzen in KNO_3 ebenfalls leicht über den Sz_g-Werten der nämlichen Pflanzen in Rohrzucker liegen. Es liefert demnach KNO_3 etwas höhere Werte als Rohrzucker. Nach URSPRUNG (1938) findet die Erscheinung die einfachste und natürlichste Erklärung im relativ leichten Eindringen des Kalisalpeters. Auf solche möglichen Differenzen weist ebenfalls ALPHONS MÜLLER hin.

Ein Vergleich der Werte mit zunehmendem Alter zeigt folgendes. Nachdem die Keimlinge einen Tag in Tabakrauchluft waren, ergab eine erste Messung einen Sz_g-Wert von 14.1 Atm — ich beziehe mich ausschließlich auf die Rohrzuckerwerte —, in den Reinluftpflanzen wurde ein Sz_g-Wert von 12.8 Atm festgestellt. Die Differenz betrug somit 1.3 Atm. Nach einem weiteren Tag Einwirkung des Tabakrauches stieg Sz_g auf 21.4 Atm, in den Reinluftpflanzen ergab die Messung einen Sz_g-Wert von 14.5 Atm. Die Differenz betrug in diesem Falle 6.9 Atm. Die Dicke der Rauchluftpflanzen hatte in dieser Zeit um ca. ½ mm zugenommen. Vor der nächsten Dickenzunahme stellte ich einen Unterschied von 4.1 Atm fest. Am 3. August maß ich an einem Rauchkeimling mit einer maximalen Dicke von 4.5 mm einen Sz_g-Wert von 14.5 Atm, in dem entsprechenden Reinluftkeimling einen solchen von 7.6 Atm und konnte also eine Differenz von 6.9 Atm notieren. Gegen Ende der Versuchszeit nahmen die Unterschiede ab. Bei der letzten Messung fand ich in dem Reinluftkeimling einen um 0.6 Atm höheren Sz_g-Wert als in dem Rauchluftkeimling. Wir finden also auch hier, wie schon früher, von einer Ausnahme abgesehen, die höheren Werte in Rauchluft. Was die absoluten Werte anbetrifft, sind sie in Rauchluft- wie in Reinluftpflanzen in den ersten Meßtagen, also bei jungen Pflanzen, am höchsten, während sie mit zunehmendem Alter der Keimlinge abnehmen, und zwar in beiden Plasmolytika.

2. Messungen an der Stengelepidermis

Mit besonderem Interesse untersuchte ich Sz_g in der Epidermis der Erbsenstengel. Schon an früherer Stelle verwies ich auf die Tatsache, daß die Epidermiszellen unter dem Einfluß des Tabakrauches eigenartige Formen annehmen, und die unmittelbare Berührung des Tabakrauches mit der Epidermis ließ auch ein besonderes Verhalten derselben vermuten. Die Messungen wurden an Flächenschnitten vorgenommen ; als Plasmolytika dienten wiederum in zwei Parallelmessungen KNO_3 und Rohrzucker. Von den vielen Versuchen, die meistens bis zum Schluß, manchmal aber auch nur teilweise durchgeführt werden konnten, seien diejenigen in Tabelle 6 angeführt.

Die Versuchsanordnung war die bisherige. Am 26. Januar wurden Erbsen zum Keimen gebracht und am 30. Januar aufs Netz versetzt.

Tab. 6. Vergleichende Sz_g-Messungen an der Stengelepidermis von Pisum sativum mit den Plasmolytika Rohrzucker (Rz) und Kaliumnitrat (Kn)

Datum	2.2.	3.2.	5.2.	7.2.	9.2.	14.2.	17.2.
Alter des Keiml., Tg.	7	8	10	12	14	19	22
Rauchluft :							
Raucheinfluß, Tg.	3	4	6	8	10	15	18
Länge, cm	0.6	0.9	1.8	2.5	3.8	6.0	12.0
Dicke, mm	3.0	3.0	4.0	4.0	4.5	4.0	4.0
Sz_g, Rz Atm	20.2	18.7	13.1	12.2	12.2	11.8	10.6
Sz_g, Kn Atm	20.5	19.1	15.0	13.8	15.7	11.5	11.1
Unterschied, Atm	0.3	0.4	1.9	1.6	3.5	0.3	0.5
Reinluft :							
Länge, cm	1.6	2.0	4.0	6.1	11.2	22.0	34.5
Dicke, mm	2.3	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Sz_g, Rz Atm	13.5	9.7	8.8	9.7	8.8	10.9	10.6
Sz_g, Kn Atm	13.8	11.2	9.5	11.1	9.5	10.3	10.7
Unterschied, Atm	0.3	1.5	0.7	1.4	0.7	0.6	0.1
Unterschied Rauchluft/Reinluft :							
Sz_g, Rz Atm	6.7	9.0	4.3	2.5	3.4	0.9	0.0
Sz_g, Kn Atm	6.7	7.9	5.5	2.7	6.2	1.2	0.4
Länge, cm	1.0	1.1	2.2	3.6	7.4	16.0	22.5
Dicke, mm	0.7	0.5	1.5	1.5	2.0	1.5	1.5

Der Tabelle können wir entnehmen, daß die Sz_g-Werte in der Epidermis der Rauchluftkeimlinge wiederum höher liegen als diejenigen der Epidermis der Reinluftkeimlinge. Schon bei der ersten Messung ergab sich eine Differenz von 6.7 Atm — ich beziehe mich auf die Rohrzuckerwerte —, bei der zweiten betrug die Differenz 9.0 Atm, nachdem die Pflanzen einen Tag länger in der Tabakrauchluft waren. Dann nahmen die Differenzen ab. Am 9. Februar stellte sich wieder eine Zunahme der Differenz auf 3.4 Atm ein. Die Dickenmaße zeigten nichts außergewöhnliches ; die Rauchkeimlinge hatten eine Dicke von 3-4 mm, bei einem einzigen maß ich eine größte Dicke von 4.5 mm.

Des weiteren traten nach der Tab. 6, sei es bei den Rauchpflanzen, sei es bei den Reinluftpflanzen, zwischen KNO_3- und Rohrzuckerwerten immer wieder geringe Differenzen auf von 0.1-3.5 Atm. Der größte Unterschied zwischen mit KNO_3 bestimmten Sz_g-Werten und den mit Rohrzucker gefundenen Sz_g-Werten ergab sich bei den Rauchpflanzen und betrug 3.5 Atm.

Die meistens etwas höheren KNO_3-Werte stammen wahrscheinlich von Schnitten, die etwas zu lange in der Lösung waren und beruhen möglicherweise auf dem Eindringen von KNO_3.

Wie Tabelle 6 zeigt, fallen mit der Ausdehnung der Versuchsdauer die Sz_g-Werte der Rauchluftpflanzen zuerst stärker, nachher langsamer, um sich den Sz_g-Werten der Reinluftpflanzen zu nähern; offenbar ist der Einfluß des Tabakrauches mit zunehmendem Alter geringer, was übrigens auch die Untersuchungen der Stengelrinde zeigten.

3. Das Verhalten von Sz_g in Epidermis und Rindenparenchym des Stengels

In der üblichen Weise wurden am 26. März Erbsensamen, Sorte « Maikönigin », zum Keimen gebracht und der Wirkung der Tabakrauchluft ausgesetzt. Die Tabelle 7 enthält eine Zusammenstellung der Resultate der Untersuchungen. Diese Messungen sind unter sich vergleichbar, da sie sowohl in Rauch- wie in Frischluft mit KNO_3 durchgeführt wurden. Die ersten Messungen erfolgten am 31. März. Sie zeigten in der Epidermis der Rauchluftkeimlinge einen Sz_g-Wert von 18.7 Atm und in den Reinluftkeimlingen einen solchen von 13.1 Atm. Der Unterschied betrug 5.6 Atm. Gleichzeitig maß ich im Rindenparenchym der Rauchpflanzen einen Sz_g-Wert von 18.3 Atm, und im Rindenparenchym der Reinluftpflanzen stellte ich einen Sz_g-Wert von 14.2 Atm fest, was einen Unterschied von 4.1 Atm ergab. Die Messungen an der Epidermis zeigten ein Abflauen der Differenzen, am 5. und 15. April war sie Null; das gleiche wurde bei dem Rindenparenchym beobachtet, in keinem Falle jedoch war die Differenz Null; die Differenzen nehmen, wie früher, mit zunehmendem Alter ab.

Wenn wir die Sz_g-Werte in der Epidermis der Rauchluftpflanzen mit denjenigen im Rindenparenchym derselben Pflanzen vergleichen, so stellen wir im Rindenparenchym allgemein etwas höhere Sz_g-Werte fest. Es liegen Differenzen von 1.9, 1.6 und weniger Atmosphären vor. Am 31. März war der Sz_g-Wert im Rindenparenchym der Rauchluft um 0.4 Atm unter dem Sz_g-Wert in der Epidermis der Rauchluftpflanzen. In den Reinluftpflanzen war das Verhältnis der Sz_g-Werte in Epidermis und Rindenparenchym ähnlich. Die Differenzen waren

eher geringer als in den Rauchluftpflanzen; sie betrugen nur 1.1, 0.4, 0.8 und weniger Atmosphären. Am 3. und 5. April konnte überhaupt keine Sz_g-Differenz zwischen Epidermis und Rindenparenchym beobachtet werden.

Tab. 7. Sz_g in Epidermis und Rindenparenchym des Stengels von Pisum sativum in Rauch- und Reinluft

Plasmolytikum Kaliumnitrat							
Datum	31.3.	3.4.	5.4.	7.4.	9.4.	11.4.	15.4.
Alter des Keiml., Tg.	5	8	10	12	14	16	20
Rauchluft:							
Raucheinfluß, Tg.	2	5	7	9	11	13	17
Länge, cm	0.4	2.0	2.9	3.5	4.6	5.5	8.1
Dicke, mm	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Sz_g-Epid.	18.7	11.5	9.5	9.9	9.5	9.5	9.1
Sz_g-Rind.	18.3	13.4	11.1	11.5	11.1	10.3	9.9
Unterschied beider	0.4	1.9	1.6	1.6	1.6	0.8	0.8
Reinluft:							
Länge, cm	1.4	3.9	6.2	9.8	15.3	21.2	31.6
Dicke, mm	2.1	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Sz_g-Epid.	13.1	10.3	9.5	9.5	8.7	9.1	9.1
Sz_g-Rind.	14.2	10.3	9.5	9.9	9.5	9.5	9.5
Unterschied beider	1.1	0.0	0.0	0.4	0.8	0.4	0.4
Unterschied Rauchluft/Reinluft:							
Sz_g-Epid.	5.6	1.2	0.0	0.4	0.8	0.4	0.0
Sz_g-Rind.	4.1	3.1	1.6	1.6	1.6	0.8	0.4
Länge, cm	1.0	1.9	3.3	6.3	10.7	15.7	23.5
Dicke, mm	0.9	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

b) Bestimmung des Sz_n-Wertes

Die Saugkraftformel lautet allgemein:

$$Sz = Si - W$$

Aus dieser Gleichung ergibt sich für die Saugkraft der Zelle im normalen Zustand und beim Fehlen äußerer Zug- oder Druckkräfte:

$$Sz_n = Si_n - W_n$$

Die Saugkraft Sz_n läßt sich nach mehreren erprobten Methoden messen. Für meine Untersuchungen kamen vor allem zwei Methoden

in Betracht: die vereinfachte Methode oder die Streifenmethode (URSPRUNG 1923) und die Hebelmethode (URSPRUNG und BLUM 1930). Mit Hilfe der Streifenmethode findet man aus der Längenänderung die mittlere Saugkraft von Gewebestreifen; die Hebelmethode vermittelt die Saugkraft aus der Dickenänderung. Zunächst versuchte ich es mit der vereinfachten Methode. Der etwas knorrige Wuchs der Rauchpflanzen verhinderte aber die Herstellung geeigneter Streifen. Ich entschloß mich deshalb nach einigen Vorversuchen, Sz_n nach der Hebelmethode zu messen. Diese beruht auf der Annahme, daß die Dickenänderung eines Gewebestreifens im gleichen Sinne erfolgt wie die Volumänderung seiner Zellen, was nach den bisherigen Erfahrungen (URSPRUNG und BLUM 1930) in der weitaus überwiegenden Mehrzahl der Fälle zutrifft. Eine Ausnahme bilden Zugwurzeln, bei denen eine Längendimension abnehmen und das Volumen trotzdem zunehmen kann. In solchen Fällen empfiehlt es sich, die Dimensionsänderungen des Gewebes in verschiedenen, am besten in drei zueinander senkrechten Richtungen zu messen.

Der Hebelapparat ist von URSPRUNG und BLUM eingehend beschrieben worden (URSPRUNG und BLUM 1930 und URSPRUNG 1938). In einem eigens eingerichteten, zitterfreien Raum stand mir zur Messung eine genügende Anzahl Horizontalmikroskope zur Verfügung.

1. Zubereitung des Untersuchungsmaterials

Nach der üblichen Weise wurden Erbsenkeimlinge herangezogen und in Tabakrauch verbracht, während andere als Kontrollpflanzen in gewöhnlicher Luft aufwuchsen. Nach 2 oder 3 Tagen wurden Rauchluftkeimlinge und Kontrollpflanzen vom Netz abgehoben. Rasch schnitt ich die Stengel in Querscheiben von ca. 2 mm Dicke und verbrachte sie in Paraffinöl. Diese Arbeit benötigte nur kurze Zeit, so daß der Transpirationsfehler äußerst gering war. Hierauf kam das so zubereitete Untersuchungsmaterial in den Raum der Hebelapparate. Ein Stengelstück nach dem andern wurde mit Filtrierpapier gereinigt, aufrecht, in der Richtung der Längsachse auf das Glastischchen gestellt und in Rohrzuckerlösungen der gewünschten Abstufungen gebracht. Ich achtete genau darauf, daß bei älteren und deshalb längeren Keimlingen diejenigen Partien zur Untersuchung kamen, an denen früher die Saugkraft bei Grenzplasmolyse gemessen worden war,

durchschnittlich ca. 1 cm unter dem Vegetationspunkt. Gemessen wurden Querstücke des Stengels.

Tab. 8. Saugkraft-Messungen (Sz_n) an Erbsenstengeln, die in Rauch- und Reinluft gezogen waren

Datum	Alter Tg.	R'einfluß Tg.	Rauchluft Länge cm	Rauchluft Dicke mm	Rauchluft Sz_n Atm	Reinluft Länge cm	Reinluft Dicke mm	Reinluft Sz_n Atm	Diff. Sz_n Atm
13.12.	6	2	0.5	2.2	10.6	1.6	2.0	9.1	1.5
15.12.	8	4	0.9	2.5	10.6	2.4	2.5	8.5	2.1
17.12.	10	6	1.7	3.2	10.6	2.8	2.7	7.6	3.0
19.12.	12	8	1.9	3.9	9.7	4.1	2.1	8.2	1.5
21.12.	14	10	2.3	3.8	9.7	6.2	2.0	8.5	1.2
23.12.	16	12	2.8	3.9	9.1	7.4	2.5	7.9	1.2
24.12.	17	13	3.0	4.2	9.1	8.5	2.0	8.8	0.3
26.12.	19	15	3.8	4.0	8.5	11.5	2.0	7.9	0.6
28.12.	21	17	4.0	4.0	6.7	15.2	2.0	6.7	0.0
30.12.	23	19	6.6	4.0	7.9	17.0	2.5	7.9	0.0
2.1.	26	22	7.2	3.8	7.3	22.0	2.4	7.0	0.3
7.1.	31	27	8.5	3.8	6.7	26.0	2.0	6.4	0.3
10.1.	34	30	11.0	3.5	7.3	30.0	2.1	7.9	— 0.6

Die Tabelle 8 enthält die Ergebnisse einer ersten Versuchsreihe. Aus ihr ersieht man, daß auch die Sz_n-Werte der Rauchluftkeimlinge höher liegen als die Sz_n-Werte der Reinluftkeimlinge. So maß ich am 13. Dezember im Stengel einer Rauchluftpflanze eine Saugkraft von 10.6 Atm, im Stengel der Reinluftpflanze aber eine solche von 9.1 Atm. Die Differenz betrug somit 1.5 Atm. Am 15. Dezember konnte ich in einem Rauchluftkeimling wieder einen Sz_n-Wert von 10.6 Atm feststellen, während ich in der Reinluftpflanze Sz_n 8.5 Atm maß, was einen Unterschied von 2.1 Atm ergab. In der Messung vom 17. Dezember ergab sich zum dritten Mal eine Saugkraft von 10.6 Atm in der Rauchluftpflanze, in der Reinluftpflanze eine solche von 7.6 Atm. Die Differenz stieg auf 3 Atm. Im Verlaufe der Versuchsreihe nahmen die Differenzen nach und nach ab bis 0.3 und 0.0 Atm. Am 10. Januar konnte ich in einem Rauchluftkeimling eine Saugkraft von 7.3 Atm messen, in einer Reinluftpflanze einen entsprechenden Wert von 7.9 Atm. An diesem Tage fand ich also in dem Reinluftkeimling eine um 0.6 Atm höhere Saugkraft als in der Rauchluftpflanze. Sz_n verhält sich demnach ähnlich wie Sz_g : erst eine Steigerung der Differenzen, dann ein Fallen bis Null, was wahrscheinlich mit

der erst nach und nach eintretenden Wirkung des Rauches in Beziehung steht. Später findet offenbar eine Anpassung an den Rauch statt.

In den vorgehend beschriebenen Untersuchungen kontrollierte ich die Dimensionsänderungen des Stengelstückes in der Richtung der Längsachse. Um die bereits gefundenen Saugkraftwerte zu erhärten, wurde in weiteren Messungen außerdem die Dickenänderung senkrecht zu den bisher untersuchten Dimensionsänderungen geprüft.

Wie für die bisherigen Saugkraftmessungen wurde der Stengel in Querscheiben von ca. 2 mm Dicke geschnitten, die in Paraffinöl kamen. Im Hebelraum präparierte ich nun Querscheibe um Querscheibe zur Untersuchung. Ich halbierte eine jede parallel zur Längsachse des Stengels, worauf ich auf der intakt gebliebenen Gegenseite die Epidermis entfernte. Dies war notwendig, um den leicht auftretenden Störungen durch Krümmungen des Objektes vorzubeugen. Diese können fälschlicherweise eine Dickenänderung anzeigen, die in Wirklichkeit nicht besteht. So glaubte ich eine der unangenehmsten Fehlerquellen auszuschalten, die bei der Saugkraftmessung mit der Hebelmethode auftreten kann. Mit vorrückendem Alter wurden die zunächst zylinderförmigen Stengel mehr und mehr vierkantig. Es zeigte sich, daß die Kanten über die Seitenflächen vorstanden, diese also leicht konkav waren. Dadurch, daß ich durch einen geeigneten Schnitt mit der Epidermis zugleich die vorstehenden Kanten entfernte, war für eine ebene Aufliegefläche gesorgt.

Im Verlaufe der Versuchsreihe stellte sich noch eine weitere Schwierigkeit ein. In dem Stengel der Reinluftkeimlinge traten Hohlräume auf, worauf schon früher hingewiesen wurde. Beim Halbieren des Stengelstückes ergab sich eine gekehlte Seite, die auf dem Glastischchen hohl aufliegen würde oder, wenn sie oben zu liegen käme, dem Taster eine ungeeignete Angriffsfläche bieten würde. In beiden Fällen könnten die Seitenwände unter dem, wenn auch geringen Druck des Tasters seitlich ausweichen und eine Dickenabnahme vortäuschen. Durch einen zum Halbierungsschnitt parallel geführten Schnitt entfernte ich die seitlich hochstehenden Ränder so, daß ich eine ebene Fläche erhielt. Ebenso wurden die Stengelstücke der jüngsten Keimlinge zubereitet, für die die Notwendigkeit einer solchen Behandlung eigentlich nicht bestand, die aber die Möglichkeit ergab, die ganze Versuchsreihe hindurch gleichartig zugeschnittene Stengelteilchen messen zu können.

2. Vergleichende Sz_n-Messungen am untersten Internodium des Stengels

Gemessen wurde in einer ersten Versuchsreihe ausschließlich das erste, unterste Internodium. Dicke Querscheiben des Stengels wurden nach zwei Richtungen gemessen, in der Richtung der Längsachse des Stengels und in radialer Richtung. Die Bezeichnung « wagrecht » bezieht sich auf die Sz_n-Messungen in radialer Richtung des Stengels und die Bezeichnung « senkrecht » auf die Messungen in der Längsrichtung des Stengels. Die Messungen in radialer Richtung verlangten, wie vorstehend beschrieben wurde, eine besondere Zubereitung der zu untersuchenden Querscheiben. Als Osmotikum kam Rohrzucker in Konzentrationsabstufungen von 0.02 Mol zur Verwendung.

Vergleichen wir zunächst die Ergebnisse der Messungen derselben Stengelpartie in der Längsrichtung und in radialer Richtung (Tab. 9), so ergeben sich für die Rauchpflanzen Differenzen, die sich von 0.0 Atm bis 1.0 Atm erstrecken. Am 14. Juli maß ich in radialer Richtung einen Sz_n-Wert von 8.1 Atm und in der Längsrichtung einen solchen von 9.1 Atm : Unterschied also 1.0 Atm. Die Unterschiede werden auch negativ ; Mittel 0.26. Bei den ersten Messungen am 2. Juli ergaben die beiden Richtungen die gleichen Werte

Tab. 9. Sz_n-Messungen am ersten, untersten Internodium des Stengels von Pisum sativum

Datum	2.7.	3.7.	4.7.	6.7.	8.7.	10.7.	14.7.	16.7.	18.7.	21.7.
Alter, Tg.	7	8	9	11	13	15	19	21	23	26
Rauchluft :										
R'einfluß, Tg.	3	4	5	7	9	11	15	17	19	22
Länge, cm	1.3	1.8	2.0	2.8	3.8	5.0	5.5	6.0	6.6	7.5
Dicke, mm	4.5	4.0	4.5	5.0	5.0	4.5	4.5	5.0	4.0	4.0
Sz_n wagr.	8.4	8.0	7.3	7.2	6.2	7.2	8.1	8.4	6.2	6.8
Sz_n senkr.	8.4	8.5	6.8	7.3	6.9	8.0	9.1	8.0	6.8	6.6
Unterschied	0.0	+0.5	—0.5	+0.1	+0.7	+0.8	+1.0	—0.4	+0.6	—0.2
Reinluft :										
Länge, cm	2.7	4.0	7.0	14.0	19.4	24.5	27.0	27.5	28.0	30.0
Dicke, mm	2.0	2.5	3.0	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Sz_n wagr.	7.9	7.6	7.3	7.5	6.5	5.1	6.2	7.4	6.0	6.0
Sz_n senkr.	8.0	8.1	7.5	7.4	5.8	6.4	6.5	7.1	6.4	6.2
Unterschied	+0.1	+0.5	+0.2	—0.1	—0.7	+1.3	+0.3	—0.3	+0.4	+0.2
Sz_n-Unterschied Rauchluft/Reinluft :										
Wagr. Atm	+0.5	+0.4	0.0	—0.3	—0.3	+2.1	+1.9	+1.0	+0.2	+0.8
Senkr. Atm	+0.4	+0.4	—0.7	—0.1	+1.1	+1.6	+2.6	+0.9	+0.4	+0.4

von 8.4 Atm. Ein entsprechender Vergleich bei den Reinluftpflanzen ergibt, daß zwischen den Sz_n-Werten, gemessen in der Längsrichtung und in radialer Richtung der Erbsenstengel, Differenzen bis zu 1.3 Atm auftreten. Die Differenz von 1.3 Atm muß allerdings als vereinzelter Fall betrachtet werden, denn die Unterschiede bewegen sich im allgemeinen um 0.2 und 0.3 Atm herum. In der Mehrzahl der Fälle fand ich in der Richtung der Längsachse etwas höhere Sz_n-Werte als in radialer Richtung. Es mag dies von den Leitbündeln herrühren, die in der radialen Richtung mitgemessen werden und die Saugkraft der radialen Schnitte naturgemäß etwas erniedrigen.

Was zunächst die Resultate der beiden Messungsarten, senkrecht und wagrecht, anbetrifft, so sind die Unterschiede meistens sehr gering, nämlich unter einer halben Atm ; nur in zwei Fällen betrugen sie 1.0 bzw. 1.3 Atm. Sie bewegen sich also im Rahmen von Messungsfehlern, besonders wenn man berücksichtigt, daß in der wagrechten Lage auch noch das Gefäßbündel miterfaßt wird.

Besonders auffallend ist in Tab. 9 das Verhalten der Saugkraft in Rauch- und Reinluftstengeln. Während wir bisher in unsern Sz_g-Messungen, wie auch für die Saugkraft (Tab. 8) in den Rauchluftstengeln fast durchwegs höhere Werte fanden, sehen wir hier gleiche oder gar höhere Sz_n-Werte in den Stengeln, die in Reinluft gezogen wurden. Allerdings zeigen auch hier unter 20 Messungen 15 Rauchstengel höhere Werte, aber die Differenzen gehen im Maximum bis 2.6 Atm, während sie meistens unter 1 Atm bleiben, und eine Messung gleiche, 4 Messungen aber niederere Werte ergaben. Da es sich um Messungen im untersten, also im ältesten Internodium handelt, dürfen wir wohl daraus den Schluß ziehen, daß ältere Zellen auf die Einwirkung des Rauches nicht mehr so empfindlich sind wie die Zellen jüngerer Internodien (Tab. 8), ein Ergebnis, das wir auch später (Tab. 10) beim Vergleich verschieden alter Internodien an denselben Pflanzen, allerdings in abgeschwächter Form, wieder finden werden.

Ein Vergleich der Saugkraft mit der Stengeldicke der Rauchluftpflanzen läßt vorläufig keine besonderen Beziehungen erkennen. Bei einer maximalen Dicke von 5.0 mm maß ich Werte von 7.2 Atm, 6.2 Atm, 8.4 Atm ; bei einer Dicke von 4.5 mm 8.4 Atm, 7.3 Atm, 7.2 Atm, 8.1 Atm und bei 4.0 mm Dicke konnte ich Sz_n-Werte von 8.0 Atm, 6.2 Atm, 6.8 Atm messen.

3. Vergleichende Sz_n-Messungen am 1., 2. und 3. Internodium

Am 5. August legte ich wie üblich Erbsensamen, Sorte « Maikönigin », während mehrerer Stunden zum Aufweichen in Wasser und brachte sie dann zum Keimen in irdene Töpfe mit reichlich bewässertem Sägemehl. Am 8. August waren sie so weit gekeimt, daß ich sie auf das Netz versetzen und unter ein Stülpglas bringen konnte, dessen Raum mit Tabakrauch beschickt wurde. Eine zweite Kultur kam als Kontrolle unter ein Stülpglas mit reiner Luft. Sobald die Stengel der Keimlinge genügend lang waren, begann ich mit den Saugkraftmessungen im ersten, untersten Internodium. Mit fortschreitendem Längenwachstum untersuchte ich dann auch das zweite und dritte Internodium auf die Saugkraft. Als Osmotikum dienten Rohrzuckerlösungen in 0.02 Mol Abstufungen. Gemessen wurde wiederum mit dem Hebel in Quer- und Längsrichtung des Stengels.

Die Ergebnisse dieser Versuchsreihe sind in Tabelle 10 zusammengestellt. Fragen wir uns zunächst, wie sich die Resultate der Saugkraftmessungen der beiden Positionen (wag- und senkrecht) zueinander verhalten. Zu diesem Zwecke vergleichen wir zunächst die Messungen an den Rauchluftpflanzen.

Beim ersten Internodium betrug die größte Differenz bei den Rauchluftpflänzlingen 0.4 Atm, beim zweiten 0.6 Atm und beim dritten Internodium ist dieselbe 1.1 Atm. Von dieser größten und einmaligen Abweichung abgesehen, ist der Sz_n-Unterschied unbedeutend oder gar Null. Wir finden also ein ähnliches Resultat wie in Tab. 9 : beide Meßrichtungen ergeben im ersten Internodium im ganzen gesehen ein ähnliches oder gar gleiches Resultat.

Vergleichen wir weiter die Sz_n-Werte der Reinluftpflanzen miteinander. Beim ersten Internodium ergaben die beiden Messungsverfahren gleiche oder beinahe gleiche Resultate. Die Differenzen betrugen 0.0 Atm, 0.1 Atm und 0.2 Atm ; eine Ausnahme stellte die Differenz von 1.2 Atm dar. Im zweiten Internodium und im dritten Internodium fielen die Resultate ebenfalls praktisch gleich aus.

Wie die Tabellen 9 und 10 zeigen, kann die Saugkraft mit dem Hebel sowohl in der Längs- wie in der Quer- (Radial-)richtung des Stengels untersucht werden. In der letzteren zeigt der Hebel die Durchschnittssaugkraft sämtlicher Stengelgewebe (Gefäßbündel eingeschlossen) an. Messen wir hingegen Längsstücke des Stengels, so wird

Tab. 10. Sz_n-Messungen am Stengel

Datum	Rauchluft		Reinluft		Erstes, unterstes Internodium Rauchluft		Reinluft	
	Länge cm	Dicke mm	Länge cm	Dicke mm	wag. Atm	senk. Atm	wag. Atm	senk. Atm
10.8.	1.0	3.5	1.3	2.0	9.4	9.1	7.9	7.9
11.8.	1.1	3.6	2.5	2.0	8.2	8.5	7.9	7.9
12.8.	1.2	4.0	4.0	2.5	7.6	7.6	6.4	7.6
13.8.	2.4	4.0	4.0	2.0	7.0	7.4	6.5	6.7
14.8.	3.5	4.0	7.0	2.0	7.0	7.0	6.7	6.7
16.8.	3.7	4.0	12.5	2.1	6.8	7.0	6.4	6.5
18.8.	4.2	4.0	16.0	2.0	6.6	—	6.5	—
20.8.	5.2	4.0	20.0	2.2	6.5	—	6.2	—
22.8.	6.3	4.0	27.5	2.0	6.5	—	6.4	—

offenbar in allererster Linie die Rinde erfaßt, weil diese wohl etwa $^3/_4$ des Stengelgewebes ausmacht. Man vergleicht also in beiden Richtungen verschiedene Gewebe, und daher sind in der Regel auch verschiedene Sz_n-Werte zu erwarten. Wie aber der Vergleich der in beiden Richtungen gemessenen Saugkräfte (Tab. 9 und 10) zeigt, sind die Differenzen fast durchwegs unbedeutend. Sie bewegen sich in der Größenordnung 0.0 bis 0.8 Atm. Wenn ausnahmsweise größere Unterschiede vorkommen, wie am 10. und 14. Juli (Tab. 9), so darf man nicht vergessen, daß die untersuchten Stücke wohl von denselben Internodien, aber von verschiedenen Pflanzen stammen.

Zusammenfassend darf gesagt werden, daß die Saugkraftmessungen, bei denen die Dimensionsänderung in der Längsachse des Stengels geprüft wurde, ziemlich übereinstimmende Resultate mit denjenigen aus den Saugkraftmessungen in radialer Richtung ergaben. Jedenfalls betragen die Sz_n-Differenzen Längs-Querrichtung nur einen Bruchteil der Saugkraftunterschiede Rauch-Reinluft, wie aus dem Vergleich der Sz_n-Werte der Rauchluft- mit den Reinluftpflanzen in Tabellen 9 und 10 hervorgeht. Aus diesem Grunde und weil an den oberen Internodien größerer Pflanzen aus Reinluft infolge Hohlraumbildung keine meßbaren Längsstücke zu erhalten sind, wurde in den weiteren Versuchen die Größe Sz_n zur Hauptsache in radialer Richtung gemessen.

Vergleichen wir jetzt Rauch- und Reinluftpflanzen miteinander. Da stellen wir fest, daß die Sz_n-Werte der Rauchluftpflanzen nur wenig höher liegen als diejenigen der Reinluftpflanzen. So maß ich am 10. August in einem Rauchluftkeimling eine Saugkraft von 9.4 Atm, dagegen im entsprechenden Reinluftkeimling eine solche von 7.9 Atm :

von Pisum sativum

Zweites Internodium				Drittes Internodium				Alter	Rauch-
Rauchluft		Reinluft		Rauchluft		Reinluft		des Keiml.	einfluß
wag. Atm	senk. Atm	wag. Atm	senk. Atm	wag. Atm	senk. Atm	wag. Atm	senk. Atm	Tg.	Tg.
—	—	—	—	—	—	—	—	5	2
8.5	8.8	7.0	7.0	—	—	—	—	6	3
8.2	8.8	6.8	7.0	—	—	—	—	7	4
7.3	7.9	6.7	6.7	8.4	7.3	6.7	6.8	8	5
7.0	7.0	6.7	6.7	7.3	7.3	7.3	6.9	9	6
6.9	6.9	6.3	6.5	6.9	7.1	6.8	6.8	11	8
6.5	—	6.2	—	6.7	—	6.5	—	13	10
6.7	—	6.3	—	6.5	—	6.2	—	15	12
6.4	—	6.2	—	6.5	—	6.4	—	17	14

Differenz 1.5 Atm. Am 12. August betrug die Differenz 1.2 Atm, die Saugkraft des Rauchluftkeimlings zeigte 7.6 Atm, diejenige des Reinluftkeimlings 6.4 Atm. Der nämliche Vergleich ergibt im zweiten Internodium eine größte Differenz von 1.5 Atm. Im dritten Internodium besteht in der ersten Messung ein größter Unterschied von 1.7 Atm zwischen der Saugkraft der Rauchluft- (8.4 Atm) und Reinluftpflanzen (6.7 Atm). Oft sind die Unterschiede aber so gering, daß es manchmal schwer fällt zu entscheiden, ob eine wirkliche Saugkraftdifferenz vorliegt, ob die Unterschiede innerhalb der Fehlergrenze liegen, oder ob die Differenzen durch individuelle Eigenheiten der gemessenen Stengelstücke bedingt sind. Im allgemeinen, und besonders im ersten und zweiten Internodium, finden wir, von wenigen Ausnahmen abgesehen, in den Rauchluftpflanzen höhere Sz_n-Werte als in den Reinluftpflanzen.

Vergleichen wir nun noch die einander entsprechenden Werte der übereinander liegenden Internodien, also die Messungen vom 13. bis 16. August. Erwartungsgemäß sollte Sz_n von unten nach oben zunehmen. Dies kommt bei den meisten Einzelwerten kaum, deutlicher aber in den Durchschnittswerten zum Ausdruck, wie folgende Zusammenstellung zeigt.

Tab. 11. Sz_n-Durchschnitte für die drei untersten Internodien (vgl. Tab. 10)

	1. Internodium		2. Internodium		3. Internodium	
	wag. Atm	senk. Atm	wag. Atm	senk. Atm	wag. Atm	senk. Atm
Rauchluft	6.9	7.1	7.0	7.3	7.5	7.2
Reinluft	6.5	6.6	6.6	6.6	6.9	6.8

4. Vergleichende Sz_n-Messungen am 1., 2., 3. und 4. Internodium

Eine weitere Versuchsreihe konnte an Pflanzen mit 4 Internodien durchgeführt werden. Da in den vorausgegangenen Messungen Längs- und Querschnitte der Stengel annähernd dieselben Zahlen ergaben, sind in den folgenden Messungen nur noch die Ergebnisse der Stengelquerschnitte ausgeführt.

Am 31. Juli legte ich Erbsensamen zum Keimen in Sägemehl, am 4. August wurden die Keimlinge nach der gewohnten Versuchsanordnung der Einwirkung des Tabakrauches ausgesetzt, und am 5. August erfolgte die erste Messung. Die Ergebnisse dieser Versuchsreihe sind in Tabelle 12 zusammengestellt.

Tab. 12. Sz_n-Messungen (wagrecht) am 1. bis 4. Internodium

Datum		5.8.	6.8.	7.8.	8.8.	9.8.	11.8.	13.8.	14.8.	16.8.	19.8.	25.8.
Rauchluft:												
Länge, cm		0.5	0.9	1.3	2.1	2.0	3.5	3.7	4.2	5.2	7.0	11.2
Dicke, mm		2.2	3.2	3.1	3.3	4.0	3.5	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Sz_n Internod.	1	10.2	7.7	8.3	8.3	7.2	8.9	7.9	7.5	7.0	6.5	6.5
	2	—	—	8.4	8.2	7.8	8.5	8.6	7.7	6.9	6.5	6.6
	3	—	—	—	—	—	8.5	8.6	7.6	7.0	6.7	6.7
	4	—	—	—	—	—	—	—	7.5	6.8	6.5	6.8
Reinluft:												
Länge, cm		1.6	2.4	3.5	4.3	6.0	14.0	15.5	17.0	20.0	26.0	31.0
Dicke, mm		2.0	2.2	2.0	2.0	2.2	2.3	2.0	2.1	2.2	2.2	2.2
Sz_n Internod.	1	8.2	7.1	8.4	8.3	7.0	7.1	7.0	6.7	6.5	6.3	6.3
	2	—	—	8.2	6.4	6.7	6.7	6.7	6.6	6.6	6.4	6.2
	3	—	—	—	7.0	6.6	7.6	7.1	6.5	6.5	6.3	6.3
	4	—	—	—	—	6.8	7.0	6.8	6.7	6.7	6.5	6.4

Zunächst seien die Werte der Rauch- und Reinluftpflanzen in den einzelnen Internodien miteinander verglichen. Die erste Messung am ersten Internodium einer Rauchluftpflanze ergab eine Saugkraft von 10.2 Atm, die der entsprechenden Stengelpartie der Reinluftpflanze eine solche von 8.2 Atm; in der Rauchluftpflanze war die Saugkraft somit 2.0 Atm höher als in der entsprechenden Reinluftpflanze. Eine etwas geringere Differenz konnte am sechsten Tag festgestellt werden; sie betrug 1.8 Atm, da in der Rauchluftpflanze eine Saugkraft von 8.9 Atm, in der Reinluftpflanze eine solche von 7.1 Atm gemessen wurde. Alle anderen Unterschiede blieben merklich unterhalb 1.8 Atm.

Hinzuweisen ist auf das Ergebnis der Saugkraftmessungen vom dritten Messungstag, an welchem im ersten Internodium einer Rauchluftpflanze ein Sz_n-Wert von 8.3 Atm und in der entsprechenden Reinluftpflanze ein solcher von 8.4 Atm gemessen wurde, und ebenso ist hinzuweisen auf den folgenden Tag, wo gleiche Sz_n gefunden wurde. Die übrigen Messungen wie auch der Durchschnitt ergaben wie bisher höhere Werte in den Rauchluftpflänzlingen.

Die vergleichenden Saugkraftmessungen im 2. Internodium der Rauchluft- und Reinluftpflanzen ergaben als höchste Differenzen 1.9 und 1.8 Atm. Mit zunehmendem Alter scheint ein Ausgleich stattzufinden, indem in den letzten Tagen nur noch kleine Unterschiede gemessen wurden, aber immer zeigen, wie bereits im ersten Internodium, Rauchluftpflanzen höhere Werte als Reinluftpflanzen.

Dasselbe fanden wir im 3. und 4. Internodium, nur mit dem Unterschied, daß die Differenzen sich in engen Grenzen halten (Null bis höchstens 1.5 Atm), was mit den in denselben Tagen gefundenen Werten im 1. und 2. Internodium übereinstimmt.

Die Tabelle 12 bestätigt die Befunde der früheren Untersuchungsreihen. Die Saugkraft in den Rauchluftpflanzen ist fast immer höher als diejenige in den Reinluftpflanzen. Die Unterschiede bewegen sich von 0.0 Atm bis 2.0 Atm. Ein Vergleich der Ergebnisse aufeinander folgender Internodien zeigt auch hier wieder leicht höhere Werte in den weiter oben liegenden Zellverbänden des Stengels.

Versuchen wir nun noch, die in den Rauchluft- und Reinluftpflanzen gefundenen Sz_n-Werte mit dem zunehmenden Alter der Internodien in Beziehung zu bringen. Die erforderlichen Zahlen sind ebenfalls aus Tab. 12 zu entnehmen.

Betrachten wir zunächst das Verhalten der Saugkraft im 1. Internodium der Rauchpflanzen. Wir stellen fest, daß sie die Tendenz hat, mit zunehmender Entfernung vom Vegetationspunkt abzunehmen. Bei 0.5 cm Stengellänge konnte ein Sz_n-Wert von 10.2 Atm, bei 1.3 cm 8.3 Atm, bei 2 cm 7.2 Atm, 5.2 cm 7.0 Atm und bei 11.2 cm noch 6.5 Atm gemessen werden ; bei 3.5 cm Stengellänge schob sich ein Saugkraftanstieg auf 8.9 Atm ein. Ähnlich verhielt sich die Saugkraft auch in den übrigen gemessenen Internodien der Rauchluftpflanzen.

Die erste Saugkraftmessung für jedes der vier untersuchten Internodien wurde in der Zone der Dickenzunahme des Stengels ausgeführt.

Hier ergaben sich dann auch öfters die höchsten Saugkraftwerte in den betreffenden Internodien wie 10.2 Atm im ersten, 8.4 Atm im zweiten, 8.5 Atm im dritten und 7.5 Atm im vierten Internodium. Bei fortschreitendem Längenwachstum des Stengels, also mit zunehmender Entfernung der betreffenden Internodien von der Stengelspitze, bei einem Dickenwachstum, das zum Stillstand gekommen zu sein schien, lagen die gemessenen Saugkraftwerte in der Mehrzahl der Fälle unter den Höchstwerten. Wenn wir die in den vier untersten Internodien der Rauchluftpflanzen gefundenen Sz_n-Werte unter einander vergleichen, so stellen wir, wie Tabelle 12 angibt, die verschiedensten Variationen fest. Am 7. August war Sz_n im ersten Internodium 8.3 Atm, im zweiten 8.4 Atm ; am 8. August ergab die Sz_n-Messung im 1. Internodium 8.3 Atm, im 2. 8.2 Atm ; am 9. August fand ich im 1. Internodium eine Saugkraft von 7.2 Atm, im 2. eine solche von 7.8 Atm. Die gefundenen Sz_n-Werte im 2. Internodium waren somit bald über, bald unter der Saugkraft des 1. Internodiums.

Am 13. August betrug die Saugkraft im 1. Internodium 7.9 Atm, im 2. 8.6 Atm, im 3. 8.6 Atm ; also war ein Anstieg vom 1. zum 2. Internodium zu verzeichnen. Zwei Tage zuvor, am 11. August, ergab die Untersuchung im 1. Internodium eine Saugkraft von 8.9 Atm, im 2. 8.5 Atm und im 3. 8.5 Atm ; also fiel die Saugkraft vom 1. zum 2. Internodium. Erwähnenswert wären auch die Messungsresultate vom 14. August. Ich fand im 1. Internodium eine Saugkraft von 7.5 Atm, im 2. eine solche von 7.7 Atm, im 3. und 4. Internodium Sz_n-Werte von 7.6 Atm bzw. 7.5 Atm ; es trat somit ein Ausgleich der Werte ein, der sich in den folgenden Tagen fortsetzte.

Was bereits für die Rauchluftpflanzen festgestellt werden konnte, trifft auch für die Reinluftpflanzen zu. Mit der Zunahme der Stengellänge tritt allgemein eine Abnahme der Saugkraft ein, was sich besonders deutlich im 1. und 2. Internodium zeigt, während im obersten Internodium die Abnahme nur wenig ausgeprägt ist. Es ist nicht überflüssig noch beizufügen, daß an der Stengelspitze, also unmittelbar unter der Teilungszone, die höchsten Saugkräfte gefunden wurden ; sie sind in unserer Tabelle nicht notiert.

Zusammenfassend zeigen unsere Messungen in verschieden alten Internodien, daß, trotz einiger Abweichungen, Sz_n mit zunehmendem Alter abnimmt.

c) Bestimmung des Si_n-Wertes

Bis jetzt haben wir die Saugkraft des Zellinhaltes Sz_g in Epidermis- und Rindenzellen, sowie die Durchschnittssaugkraft der Zelle — als Sz_n bezeichnet — in den Internodien des Erbsenstengels untersucht. Von Interesse wäre jetzt auch noch die Kenntnis der Saugkraft des Zellinhaltes im normalen Zustand der Zelle, gewöhnlich als Si_n bezeichnet.

Wir gehen aus von der bekannten Saugkraftgleichung

$$Sz = Si - W,$$

die besteht, falls äußere Zug- und Druckkräfte fehlen. Daraus ergibt sich für einen Zellverband im normalen Zustand, immer unter Voraussetzung, daß keine Außenkräfte in Erscheinung treten, die Gleichung

$$Sz_n = Si_n - W_n$$

Zur physiologischen Bedeutung von Si_n als osmotische Zustandsgröße äußert sich URSPRUNG (1938) wie folgt: « Die Saugkraft des Zellinhaltes im normalen Zustand (Si_n) ist einmal deshalb von Interesse, weil sie eine Komponente der Saugkraft der Zelle darstellt, ferner deshalb, weil sich bei Gleichgewicht die Saugkraft des Zellsaftes decken muß mit der Saugkraft des Protoplasmas, und weil daher in diesem Falle die Saugkraft des Zellsaftes ein Maß ist für die Saugkraft des Protoplasmas, der Lebenssubstanz. » Da die Saugkraft des Protoplasmas für die Lebensfunktionen verschiedener Pflanzen bestimmend ist, schien es mir wünschenswert, das Verhalten von Si_n an den in Tabakrauch aufgewachsenen Erbsenpflanzen zu untersuchen und mit Si_n in Reinlufterbsen zu vergleichen. Ferner erlauben die beiden Größen Sz_n und Si_n den Wanddruck, der beim Fehlen von Außenkräften gleich dem Turgordruck ist, experimentell festzustellen.

Zur Bestimmung der Saugkraft des Zellinhaltes wurden im Verlaufe der Zeit verschiedene Methoden ausgedacht und ausgebaut. Von diesen schien mir für meine Zwecke die Kapillarenmethode von URSPRUNG und BLUM (1930) die geeignetste zu sein. Mit dieser kann man einen Mittelwert von Si_n aller Zellen eines Gewebes oder eines Organs bestimmen, sofern dieser Wert nicht durch Gefäßwasser verfälscht wird und sofern es gelingt, durch Auspressen einen Saft zu erhalten, der mit jenem des Zellsaftraumes identisch ist.

1. Gewinnung des Preßsaftes

Wie zu den bisherigen Untersuchungen wurden Erbsensamen, Sorte « Maikönigin », zum Keimen gebracht und davon nach der üblichen Versuchsanordnung unter ein Stülpglas mit Tabakrauch verbracht. Zum Vergleich kamen die übrigen Erbsenkeimlinge unter ein ebensolches Glas mit gewöhnlicher Luft. Nachdem die Keimlinge 2 bis 3 Tage unter der Einwirkung des Tabakrauches gestanden waren, wurde die zu einer Untersuchung erforderliche Anzahl von Exemplaren vom Tüllnetz gehoben, die Wurzeln entfernt und sofort in eine mit Watte ausgekleidete Schachtel zwischen Staniolpapier gelegt, um einen eventuellen Transpirationsverlust auf ein Mindestmaß herabzusetzen.

Wenn der semipermeable Plasmaschlauch der Zelle intakt ist, so kann man aus dieser nur Wasser pressen. Man würde bei Messung dieses Preßsaftes von dem tatsächlichen osmotischen Wert des Zellsaftes ein ganz falsches Bild erhalten. Es handelt sich also darum, in den Zellen das Protoplasma zu töten, damit sämtlicher Zellsaft mit den darin gelösten Stoffen möglichst unverändert austreten kann. So ist es beispielsweise möglich, durch eine weitgehende Zerkleinerung der Gewebe die Großzahl der Zellen zu öffnen, wie die Versuche von Gassner und Goeze (1932) mit der Weizensorte « Kraffts Dickkopf » bewiesen (Ursprung 1938). Sie fanden, daß die Konzentration des Preßsaftes mit dem Verkleinerungsgrad zunimmt. Das Zerkleinern und Zerreiben nimmt eine gewisse Zeit in Anspruch. Es besteht die Gefahr, daß eine Konzentrationserhöhung durch Verdunstung während des Präparierens eintreten kann. Mit dieser Möglichkeit muß bei derartiger Arbeitsweise gerechnet werden.

Schon de Vries (1884) hatte gefunden, daß ein Gewebe viel ausgiebiger Saft liefert, wenn es vor dem Pressen durch Erhitzen auf ca. 100° C abgetötet wird. Die Ausbeute fiel oft eineinhalb- bis zweimal größer aus als beim bloßen Pressen des lebenden Gewebes. Auch nahm er an, daß durch Erhitzen auf ca. 100° C sämtliche Zellen abgetötet werden. Auf diese Weise lassen sich nun die Säfte sämtlicher Zellen gewinnen, während beim Pressen lebender Gewebe eine große Zahl Zellen geschlossen bleibt. « Weicht deren Inhalt von dem der übrigen Zellen ab, so entspricht der gewonnene Saft nur nach vorherigem Töten dem wirklichen Mittelwert. Zumal bei vergleichenden

Versuchen ist dieses zu berücksichtigen. Doch lehrten mich einige Vorversuche, daß weder der Salpeterwert, noch auch die quantitativ-chemische Zusammensetzung von Säften, welche nach beiden Methoden aus dem Pflanzenteil gewonnen waren, wesentliche Verschiedenheiten zeigten » (DE VRIES 1884). Neuere Versuche von THREN (1934) zeigten, daß das Resultat ganz vom Versuchsmaterial und, wie GASSNER und GOEZE (1932) nachwiesen, vom Grade der Verkleinerung abhängt. Sie erhielten durch Erhitzen der Weizenblätter deutlich höhere Refraktometerwerte, als wenn die 5 cm langen, in 40 Teile zerschnittenen Blattstücke nicht durch Kochen abgetötet wurden. Die Mehrzahl der bisherigen Versuche zeigte, daß die Pressung der lebenden Gewebe meist tiefere, jedenfalls nie höhere Saugkräfte ergab.

Durch die Abtötung sollte der osmotische Wert des Zellsaftes nicht oder möglichst wenig verändert werden. Ob sich eine Abtötungsart finden läßt, die diese Forderung restlos erfüllt, dürfte bezweifelt werden. So erfolgen mit zunehmender Erwärmung der Zellen, die noch lebend sind, Osmoregulationen, die weitgehend von der Dauer der Wärmeeinwirkung abhängig sind. Vielfach konnte anfänglich ein Fallen des Grenzplasmolysewertes beobachtet werden, dem oft ein prämortales Steigen folgte. Bei weiterer Temperaturzunahme stirbt das Plasma ab, wodurch die Semipermeabilität verschwindet. Verschiedene, vorher getrennte Substanzen können sich nun unbehindert vermischen und zu wenig bekannten chemischen Umsetzungen führen. Diese können von Zelle zu Zelle verschieden sein und sich durch Verfärbung äußern oder eine anderweitige Veränderung des Gewebes veranlassen. Ebenso wäre es möglich, daß auch die Enzyme, die vielfach bei ca. 50° ihr Optimum besitzen, in die chemischen Prozesse eingreifen. Nach EULER (1920) werden bei 70° die meisten Enzyme sehr schnell zerstört, nachdem sie vorerst eine intensive Wirksamkeit entwickelten. Andere sind imstande, für kurze Dauer selbst Siedetemparaturen zu überstehen.

Unsere Kenntnisse über den Grad der O_n-Änderung durch die Hitze und über die dafür verantwortlichen chemischen Umsetzungen sind noch sehr gering ; « denn um die Änderung feststellen zu können, sollte zuerst der osmotische Wert und die chemische Zusammensetzung des unveränderten Zellsaftes mit Sicherheit bekannt sein. Immerhin liegen einige Vergleiche vor, aus denen gewisse Schlüsse gezogen werden können. Es handelt sich um den Vergleich der Saug-

kraft des Preßsaftes bei verschieden langem Erhitzen, bei Abtötung durch Hitze und Kälte, sowie um den Vergleich des Preßsaftes mit der lebenden Zelle bei Grenzplasmolyse und — das Wichtigste — mit der lebenden Zelle im normalen Zustand. Die beobachteten Veränderungen bestehen bald in einer Erhöhung, bald in einer Senkung des osmotischen Wertes, was an einigen Beispielen zu zeigen ist » (URSPRUNG 1938). Die meisten Autoren fanden ein Überwiegen des Hitzewertes über den Kältewert, d. h. der osmotische Wert des Preßsaftes, der nach Abtötung mittels Hitze gewonnen wurde, lag höher als derjenige des Preßsaftes, den man nach Abtötung durch Kälte erhielt. « Zusammenfassend ist zu sagen, daß sich keine allgemeine Regel aufstellen läßt und daß von Fall zu Fall zu untersuchen ist, ob, in welchem Sinne und wie stark das Abtöten durch Hitze den Zellsaft verändert. Soweit bekannt, scheinen die Änderungen gewöhnlich nicht groß zu sein. »

Diese Angaben bewogen mich, den Preßsaft nach Abtötung durch Hitze zu gewinnen. Ich nahm 4 bis 5 Erbsenkeimlinge, legte sie parallel nebeneinander und zerschnitt sie in Stücke von ½ cm Länge. Da bei den ersten Messungen einer Versuchsreihe die Keimlinge noch klein waren, lieferten sie verhältnismäßig wenig Preßmaterial, weshalb ich die erwähnte Operation mehrmals wiederholen mußte, bis ein gewöhnliches Reagenzglas zu drei Viertel Höhe gefüllt werden konnte. Auf diese Weise füllte ich zwei Reagenzgläser, das eine mit Pflanzenmaterial aus der Rauchluft und das andere mit solchem aus gewöhnlicher Luft. Beide wurden dann mit einem Kork gut verschlossen. Die beiden Reagenzgläser kamen nun in eine gewöhnliche, zylindrische Blechbüchse mit Wasser, und zwar so tief, daß das Material unter Wasser stand. Nun wurde mit dem Erhitzen begonnen und das Wasser zum Sieden gebracht. Es trat bald eine Verfärbung ein. Das Grün wechselte in ein blasses Gelb über. Die Reagenzgläser mit den Proben blieben jedesmal 10 bis 15 Minuten im siedenden Wasser. Versuche ergaben, daß ein Verbleiben von 15 Minuten im siedenden Wasser das nämliche Resultat ergab, wie eine Eintauchzeit bis zu einer Stunde. Daher wurde bei meinem Objekt nie länger als 15 Minuten erhitzt. Dann kühlte ich die Reagenzgläser mit dem Versuchsmaterial auf Zimmertemperatur ab. Zur rascheren Abkühlung tauchte ich die selbstverständlich stets gut verschlossenen Reagenzgläser in Wasser von Zimmertemperatur. Sobald diese Temperatur

erreicht war, wurde das Preßmaterial in ein feingewobenes, aber starkes Tüchlein gewickelt und in den Preßapparat gelegt, der aus einem hohlzylindrischen, dickwandigen Gefäß von Stahl bestand und eine Öffnung von ca. 1 cm Durchmesser hatte. In den Hohlraum wurde, ebenfalls aus Stahl geschliffen, ein Stöpsel, der seitlich mit einer kleinen Rinne versehen war, eingeführt. Der Behälter hatte oben eine Abflußrinne, in welche die Rinne des Stöpsels einmündete. Zum Ausdrücken stand eine kräftige Schraubenpresse zur Verfügung. Der Saft quoll durch die Rinne nach außen und durch den Schnabel in ein bereitgestelltes Gefäß. Der Saft war klar und von fahlgelber Farbe. Der Rückstand fühlte sich trocken an.

2. Si_n-Messungen

Zur Aufnahme des zu untersuchenden Preßsaftes benutzte ich vierseitige Glasklötze mit Aushöhlung und aufgeschliffener, planparalleler Glasplatte aus farblosem Glas. Auf die Innenseite der Glasplatte wurden die Kapillaren mit Hilfe eines Plastilinstreifens befestigt. Die Kapillaren waren nach Angaben von Ursprung und Blum (1930) aus leicht schmelzbaren « Jenaer Geräteglas 20 » oder « Fischer Prima » hergestellt worden, Glassorten, die von beiden Autoren besonders empfohlen werden. Die vorausgehende gründliche Reinigung der verwendeten Glasröhren erfolgte nach ihren Anweisungen mit einer Lösung von Kaliumbichromat, darauf mit Äther, Alkohol und heißem Wasser.

Die Kapillaren erhielten eine Länge von 8 bis 10 mm, ein für meine Zwecke recht günstiges Maß. Bei der Längenmessung leistete der Plastilinstreifen als gut sichtbare Marke vortreffliche Dienste. Die Ablesung erfolgte unter drei Malen, zuerst vom Meniskus zum benachbarten Rand des Plastilinstreifens, dann über die Breite des Plastilinstreifens und hierauf wieder vom Plastilinrand zum anderen Meniskus. Die Prüfung ergab, daß mögliche Ablesungsfehler sich gegenseitig annullierten. Dieses Vorgehen erlaubte mit einer stärkeren Vergrößerung abzulesen und schon geringe Verschiebungen der Menisken festzustellen.

Das Einfüllen der Kapillaren ging folgendermaßen vor sich. Ich hielt mit der Pinzette die Kapillare senkrecht über die Zuckerlösung und berührte diese leicht mit dem Kapillarenende, worauf die Flüssigkeit in der Kapillare aufstieg. Mit feinem Filtrierpapier tupfte ich die

beiden Enden ab, regulierte die Distanz der Menisken vom Glasende, um den nötigen Spielraum für eine eventuelle Zunahme der Rohrzuckersäule zu schaffen. Die mit Osmotikum beschickten Kapillaren wurden nun in der Reihe aufsteigender Konzentration quer in den am Deckel angebrachten Plastilinstreifen eingedrückt. Zwischen dem Kapillarsystem und dem Deckel war jeweils ein kleiner Abstand mit einer isolierenden Luftschicht. Außerdem wurde dafür gesorgt, daß der tote Raum zwischen dem zu messenden Substrat und den Kapillaren möglichst klein blieb, damit der Austausch zwischen Lösung und Kapillareninhalt möglichst rasch vor sich gehe. Als Osmotikum verwandte ich ausschließlich Rohrzuckerlösungen in Abstufungen von 0.05 Mol, die für meine Zwecke völlig ausreichend waren.

Alle Dampfdruckmethoden ergeben nur bei möglichst konstanter Temperatur verwendbare Resultate; vor allem dürfen keine Temparaturdifferenzen zwischen dem zu untersuchenden Preßsaft und den Kapillaren bestehen. Wie sich solche Differenzen auswirken können, erläutern URSPRUNG und BLUM (1930) und URSPRUNG (1938). Ein anfängliches Gleichgewicht wird durch Temparaturdifferenzen gestört.

Zu meinen Untersuchungen stand mir ein gut abgedichteter und isolierter Raum zur Verfügung, der beinahe absolute Temperaturkonstanz gewährleistete. Eine elektro-mechanische, durch ein Thermometer regulierte, automatisch funktionierende Heizeinrichtung erlaubte es, die geringsten Schwankungen auszugleichen. Da der Raum sich im Kellergeschoß befindet und eher kühle Temperatur aufwies, war mit der vorhandenen Heizvorrichtung leicht eine Korrektur nach oben anzubringen. Zu meinen Versuchen hielt ich das Zimmer bei 20.0° C.

Um die Saugkraft (Si_n) des gewonnenen Preßsaftes zu messen, wurden 8-12 Kapillaren mit je einer Konzentrationsstufe eingesetzt, die Exsikkatoren mit der Glasplatte, an der die Kapillaren mit Plastilin befestigt waren, zugedeckt und außerdem mit Vaselin abgedichtet. Nach dem Einstellen des Versuches wurde die Länge der Kapillarensäulchen festgestellt. Daraufhin wurde die Schale bis zur zweiten Ablesung in eine kleine mit Watte gut ausgepolsterte Kartonschachtel mit Deckel verbracht. Statt dieser Kartonschachteln verwendete ich später auch eine gegen äußere Temperatureinflüsse gut abgeschirmte Holzkiste. Diese scheinbar überflüssigen Vorsichtsmaß-

nahmen — befinden wir uns doch in einem Raum mit Temperaturkonstanz — wurden getroffen, um jegliche Temperaturschwankungen auszuschalten.

Über die Ausdehnung der Versuchsdauer lehrten mich einige Vorversuche, daß ein Minimum von Zeit erforderlich ist, um verwendbare Resultate zu erhalten. Nachfolgende Angaben mögen dies erläutern. In einem der zahlreichen Versuche stellte ich um 14.45 Uhr die Längen der Rohrzuckersäulchen fest und schritt dann um 17.15 Uhr zur zweiten Ablesung und nach 22 Std. 45 Min. zur dritten. Die Resultate dieser Ablesungen sind in folgender Zusammenstellung festgehalten.

Mol Rohrzucker	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
Differenz in Teilstrichen									
nach 2 $^1/_2$ Std.	0	0	+ 2	+ 2	— 1	— 1	— 4	— 2	— 1
nach 22 $^3/_4$ Std.	+ 12	+ 11	+ 7	+ 2	— 4	— 6	— 18	— 15	— 20

Daraus geht hervor, daß nach 2 ½ Stunden der Austausch nicht bis zum Gleichgewicht fortgeschritten war, hingegen nach 22 Std. 45 Min. die Grenze zwischen Zunahme und Abnahme der Rohrzuckersäulchen klar in Erscheinung trat. Mit Deutlichkeit zeigt sich, daß Si_n zwischen 0.35 und 0.30 Mol Rohrzucher liegen muß. Den Wert der Saugkraft berechnete ich durch Interpolation. Die Ausdehnung der Versuchsdauer über das erforderliche Minimum hinaus bei Temperaturkonstanz ergab natürlich größere Ausschläge und erlaubte ein mehrfaches Ablesen, was die Zuverlässigkeit der Resultate erhöhte. So wartete ich in der Regel zwischen der ersten und zweiten Ablesung 48 Stunden.

Um Fehler aufzudecken und die notwendigen Korrekturen anbringen zu können, bediente ich mich der Vergleichskapillare. Diese enthielt anstatt einer Rohrzuckerlösung Preßsaft. Ihre Bedeutung soll an einem Beispiel erläutert werden (vgl. S. 162 oben).

Daraus geht hervor, daß sich die Preßsaftsäule in der Vergleichskapillare nach 48 Stunden um 8 Teilstriche verkürzt hat. Ohne Vergleichskapillare ergäbe die Messung einen Si_n-Wert, der zwischen 0.45 und 0.40 Mol Rohrzucker liegt. Nach angebrachter Korrektur ergibt sich ein Si_n-Wert zwischen 0.40 und 0.35 Mol. Die weitern Messungen am 16. und 18. Mai erhärteten nur das nach 48 Stunden gefundene Resultat.

Inhalt der Kapillaren Mol Rohrzucker	Abstand der Menisken 12.5.	14.5.	Diff.	16.5.	Diff.	18.5.	Diff.
0.50	278	287	+ 17	321	+ 53	350	+ 70
0.45	285	292	+ 15	306	+ 31	316	+ 29
0.40	225	221	+ 4	224	+ 9	229	+ 2
0.35	270	261	— 1	259	— 1	260	— 12
0.30	187	177	— 2	169	— 8	168	— 21
0.25	236	223	— 5	213	— 13	203	— 35
0.20	280	247	— 25	226	— 44	219	— 63
0.15	250	216	— 26	177	— 63	188	— 64
Vergleichskapillare mit Preßsaft	306	298	— 8	296	— 10	308	+ 2

Nach diesen Erläuterungen seien nun aus der Folge der Versuchsreihen die Ergebnisse von zweien zusammengestellt. Die Versuchsanordnung erfolgte wie bei früheren Untersuchungen. Wie bisher wurde das Alter des Keimlings von dem Tage an gerechnet, an dem die Samen zum Keimen in das Sägemehl gelegt wurden. Das Messen der Länge und Dicke des Stengels erfolgte nach der bisherigen Art und Weise (S. 130 und 136). Die Beobachtung der Wurzel zeigte, daß das Längenwachstum derselben in Rauchluft nicht in dem Maße gehemmt ist wie dasjenige des Stengels, ihr Dickenwachstum durch Rauchluft aber auch nicht dermaßen gefördert wird wie dasjenige des Stengels. Hingegen erfolgt in der Rauchluft zahlenmäßig eine viel üppigere Entwicklung der Seitenwurzeln. Ähnliche Beobachtungen konnten auch schon in früheren Versuchsreihen gemacht werden.

Tab. 13. Si_n-Messungen in Erbsenstengeln von Rauchluft- und Reinluftpflanzen

Datum	12.7.	13.7.	15.7.	16.7.	17.7.	19.7.	21.7.	22.7.	23.7.	24.7.	25.7.	26.7.
Alter d. Keiml.	8	9	11	12	13	15	17	18	19	20	21	22
Rauchluft:												
R'einfluß, Tg.	3	4	6	7	8	10	12	13	14	15	16	17
Länge, cm	0.7	1.2	2.2	3.2	4.0	4.9	5.7	6.7	7.0	7.5	8.1	8.5
Dicke, mm	3.5	4.0	3.9	4.1	4.0	4.0	4.5	4.0	4.0	4.0	4.0	4.5
Si_n, Atm	11.0	10.0	11.5	9.7	10.2	9.1	8.2	6.3	7.6	7.3	7.0	5.4
Reinluft:												
Länge, cm	1.7	2.4	6.7	8.7	12.7	15.4	18.1	21.2	21.0	21.9	23.2	25.0
Dicke, mm	3.0	3.0	3.0	3.2	3.1	3.0	2.6	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Si_n, Atm	9.3	9.3	9.7	8.5	8.5	8.0	7.1	5.7	5.9	4.9	6.0	7.0
Unterschied der Si_n Atm	1.7	0.7	1.8	1.2	1.7	1.1	1.1	0.6	1.7	2.4	1.0	— 1.6

Wir stellen an Hand unserer in Tabelle 13 zusammengestellten Resultate fest, daß die gemessene Saugkraft des Zellinhaltes aus den Stengeln der Rauchlufterbsen mit einer Ausnahme höher ist als die Si_n-Werte der Reinluftpflanzen. Die Differenzen gehen von 0.6 bis 2.4 Atm. Der durchschnittliche Unterschied beträgt 1.36 Atm.

Eine weitere gleichangelegte Versuchsreihe wurde graphisch dargestellt (Fig. 1). Daraus geht ebenfalls hervor, daß Si_n in den Rauchluftpflanzen höher ist als in Reinluft. Die Unterschiede bewegen sich zwischen 0.2 und 2.6 Atm. Die mittlere Differenz beträgt 1.05 Atm.

Weitere Versuchsreihen, deren Resultate hier nicht angeführt werden, vermittelten die nämliche Erkenntnis, daß die Saugkraft des Zellinhaltes aus Rauchluftpflanzen höher liegt als diejenige in den Reinluftpflanzen. Ab und zu wurden aber auch Abweichungen festgestellt, indem die Si_n-Messungen in den Rauchluftpflanzen tiefere Werte ergaben als die in den Reinluftpflanzen. Jedoch konnte man in den Versuchsreihen mit solchen Abweichungen feststellen, daß es sich um Ausnahmen handelt.

In den Versuchsreihen, deren Ergebnisse in der Tabelle 13 und in den Kurven der Fig. 1 zusammengestellt sind, konnte mehrfach beobachtet werden, wie vereinzelte Rauchluftpflanzen, hauptsächlich am

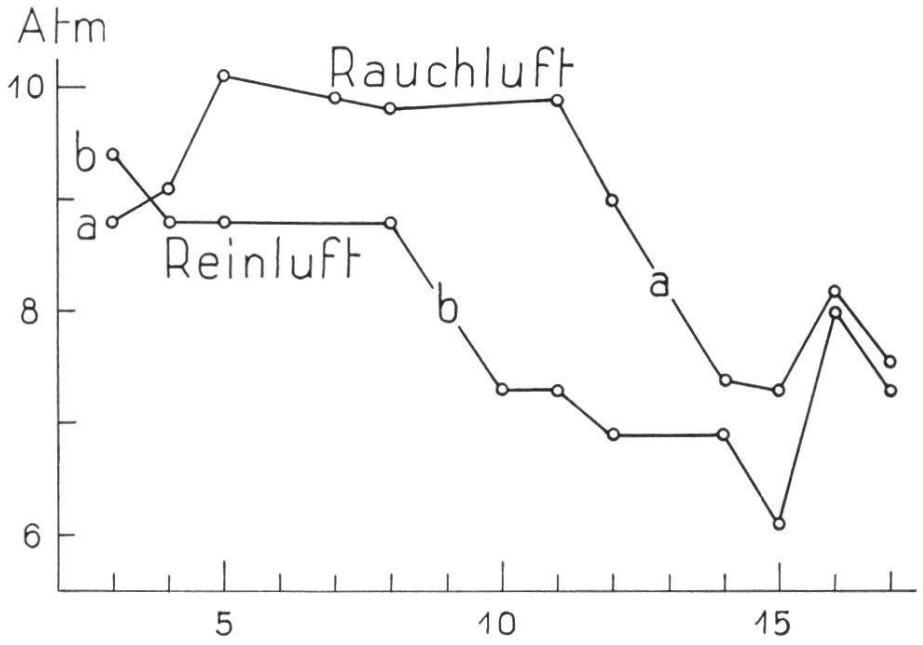

Fig. 1. Vergleich der Si_n-Werte in Erbsenstengeln von Rauchluft- und Reinluftpflanzen. Die Abszissen bezeichnen die Anzahl der Tage, während welcher ein Teil der Pflanzen der Rauchluft ausgesetzt war, und damit indirekt die Versuchsdaten : 22. Juli bis 5. August.

Stengel, einen Längsriß aufwiesen. In einem Fall maß der Riß ca. 7 mm und befand sich ungefähr 1 ½ cm unterhalb des Vegetationspunktes, etwas schief zur Längsachse des Stengels.

Andere wiesen etwa 1 cm unterhalb der Stengelspitze einen Riß von ca. ½ cm Länge auf. Der Riß konnte eine Weite bis zu 1 mm besitzen. Auch einige Wurzeln zeigten Längsrisse.

Da O. RICHTER (1908) und andere Autoren die Ursache solcher Rißbildungen in Narkotika und verunreinigter Luft, wie Laboratoriumsluft, einem gesteigerten Turgordruck zuschrieben, dem die Gewebe nicht mehr Stand hielten, glaubte ich, in den Erbsenpflanzen mit Stengelrissen einen besonders hohen Si_n-Wert zu finden. Selbstverständlich war ich mir bewußt, daß in der Zone der Risse eine Entspannung stattgefunden hat, vermutete aber in der nächsten Umgebung der Rißstellen Zellverbände mit hoher Saugkraft des Zellinhaltes.

So gewann ich denn am 21. Juli (vgl. Tab. 13) den zu messenden Preßsaft zu einem großen Teil aus Rauchluftpflanzen mit solchen Längsrissen und einer maximalen Dicke von 4 und 4.5 mm und fand eine Saugkraft von 8.2 Atm, also keinen besonders hohen Wert im Vergleich zu den andern gemessenen Si_n-Werten. Hierbei darf aber nicht vergessen werden, daß die Si_n-Werte Mittelwerte darstellen, daß also nicht ohne weiteres auf den Si_n-Wert an einer besonderen Stelle des Stengels geschlossen werden darf. Ferner ist Si_n nur eine der Komponenten, die bei der Regulierung des Turgors mithelfen. Um den Turgor berechnen zu können, müßte auch die Saugkraft der Zelle im normalen Zustand der Zelle bekannt sein.

Zusammengefaßt kann gesagt werden, daß die Saugkraft des Zellinhaltes in den Erbsenpflänzlingen, die unter dem Einfluß des Tabakrauches standen, in der Regel höher ist als diejenige in den Erbsenpflänzchen, die in gewöhnlicher Luft heranwuchsen.

d) Bestimmung des Turgordruckes

Anhangsweise soll auch noch über den Versuch einer Turgormessung berichtet werden. Aus der Formel $Sz = Si - W$ kann der Turgordruck einer einzelnen Zelle gemessen werden. $W = T$ unter der Voraussetzung, daß Zug und Druck von außen fehlen. Die Formel gilt also nicht für Zellverbände, wie sie für meine Messungen vorliegen.

Trotzdem soll hier versucht werden, aus den Komponenten einen mittleren Turgordruck zu berechnen, obwohl es sich nicht um gleichartige Zellen handelt. In einem solchen Fall ist der Turgordruck nur dann mit einiger Genauigkeit zu ermitteln, wenn in allen Zellen die beiden erwähnten Größen (Sz_n und Si_n) gleich sind, was offenbar in unserem Fall nicht zutrifft. Der Turgordruck, dessen Größe wir für unsere Zellen in unseren Organstücken ermitteln, kann deshalb nichts anderes sein als eine Orientierung über dessen mögliche Größe. Um trotzdem zu einem einigermaßen befriedigenden Resultat zu gelangen, führten wir an Exemplaren von *Pisum sativum*, die in Rein- bzw. Rauchluft gezogen waren, besondere Messungen durch. Auf diese Weise erhielten wir Zahlen, die wenigstens näherungsweise eine ungefähre Vorstellung geben von der Größenordnung des Turgordruckes. Die Versuche wurden im bisherigen Rahmen durchgeführt und die Ergebnisse in Tabelle 14 zusammengestellt.

Aus dieser ist vorerst zu entnehmen, daß der Turgordruck relativ klein ist — im Durchschnitt ein Sechstel von Si_n —, trotzdem es sich um Wasserkulturen handelte, deren Blätter sich allerdings ganz in Luft befanden. Die Zellen waren somit noch sehr weit vom Wassersättigungsgrad entfernt, obgleich die Wurzeln in Leitungswasser tauchten. Als ein weiteres Ergebnis der Messungen wollen wir festhalten, daß der Turgordruck in den Rauchluftpflänzlingen im Mittel größer war als in den Reinluftpflanzen. Der mittlere Turgordruck zeigt tatsächlich nach Tab. 14 in den Rindenzellen der Rauchluftpflanze deutlich höhere Werte als in Reinluftpflanzen. Ich vermute aber, daß das nur die indirekte Folge der Erhöhung von Si_n sei, da Si_n stärker wächst als Sz_n ; somit muß nach der Gleichung

$$T = Si_n - Sz_n$$

T größer werden.

Tab. 14. Der mittlere Turgordruck in Erbsenstengeln aus Rauch- und Reinluft

	Rauchluft			Reinluft		
	Sz_n	Si_n	T_n	Sz_n	Si_n	T_n
Schwankungen, Atm	6.2.-8.2.	7.6.-9.5.	0.9.-3.3.	5.3.-7.4.	5.7.-8.5.	0.5.-1.3.
Mittelwerte, Atm	7.0	8.6	1.6	6.1	7.0	0.9