

Vakuolenkontraktion in *Iris*-Blüten

Von

Günter PARDATSCHER

(Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität Wien)

Mit einer Abbildung

Eingelangt am 29. Jänner 1953

Vakuolenkontraktion läßt sich an Zellen vieler Pflanzen beobachten. Neben den Paradeobjekten *Allium Cepa* (erstmalig beschrieben von KÜSTER 1926) und *Elodea* (WEBER 1929) bieten uns die Blütenblätter der verschiedensten Pflanzen ein geradezu unerschöpfliches Material zur Beobachtung und Klärung des Phänomens. Zuerst beschrieben GICKLHORN und WEBER 1926 die Vakuolenkontraktion in den Blütenblättern vieler Boraginaceen, ebenso erschienen von WEBER 1934 und HOFMEISTER 1940 Arbeiten über die Vakuolenkontraktion bei Pflanzen dieser Familie. WEBER 1930 fand aber auch in den Blüten anderer Familien Vakuolenkontraktion und weiterhin erschien eine große Zahl von Arbeiten darüber: HENNER 1933, SCHARINGER 1936, KÜSTER 1938, 1940, 1942, BANCHER 1938, 1941 und CHOLNOKY 1950.

Da sich viele Blütenblätter durch große Zellen und dunkelgefärbten Zellsaft auszeichnen, stellen sie ein günstiges Forschungsobjekt dar, sowohl zur Beobachtung des Plasmas als auch der Vakuole. Wie sich aus meinen Versuchen mit den verschiedensten Blütenblättern ergab, zeigen besonders dunkel gefärbte Blütenzellen häufig Vakuolenkontraktion (siehe auch PARDATSCHER 1951) und nicht zuletzt aus diesem Grunde griff ich zu den dunkelvioletten Blüten der *Iris germanica*.

BANCHER 1938 beschrieb ein deutliches Absinken der osmotischen Werte der Zellen der *Iris*-Blüten mit zunehmendem Alter der Blüten. In der Annahme, daß dieses Verhalten der *Iris*-Zellen sich auch auf die Kontraktion der Vakuolen auswirken könnte, führte ich im Frühjahr 1950 mehrere Versuchsreihen mit Blütenepidermen von *Iris germanica* durch; die bisherigen Ergebnisse seien im folgenden beschrieben.

Die Blüten von *Iris germanica* sind im allgemeinen drei Tage lebensfähig. Ich unterscheide Aufblühtag, ersten, zweiten und dritten Blühtag. Der dritte Blühtag ist zugleich Abblühtag, die Blumen verwelken im Laufe des Nachmittags (vgl. BANCHER 1938). Vergleichende Versuche mit verschiedenen alten Blüten zeigten, daß die Häufigkeit der Vakuolenkontraktionen in den Epidermiszellen keinen großen Schwankungen unterliegt. An Knospenzellen findet man allerdings selten Vakuolenkontraktionen, höchstens am Wundrand. Der 1. und 2. Blühtag ist für die Beobachtung der Vakuolenkontraktion am günstigsten. Am 3. Blühtag werden die Blüten bald hinfällig, sie zerfließen und lassen den Farbstoff austreten. Es gehen daher auch die nach Infiltration mit

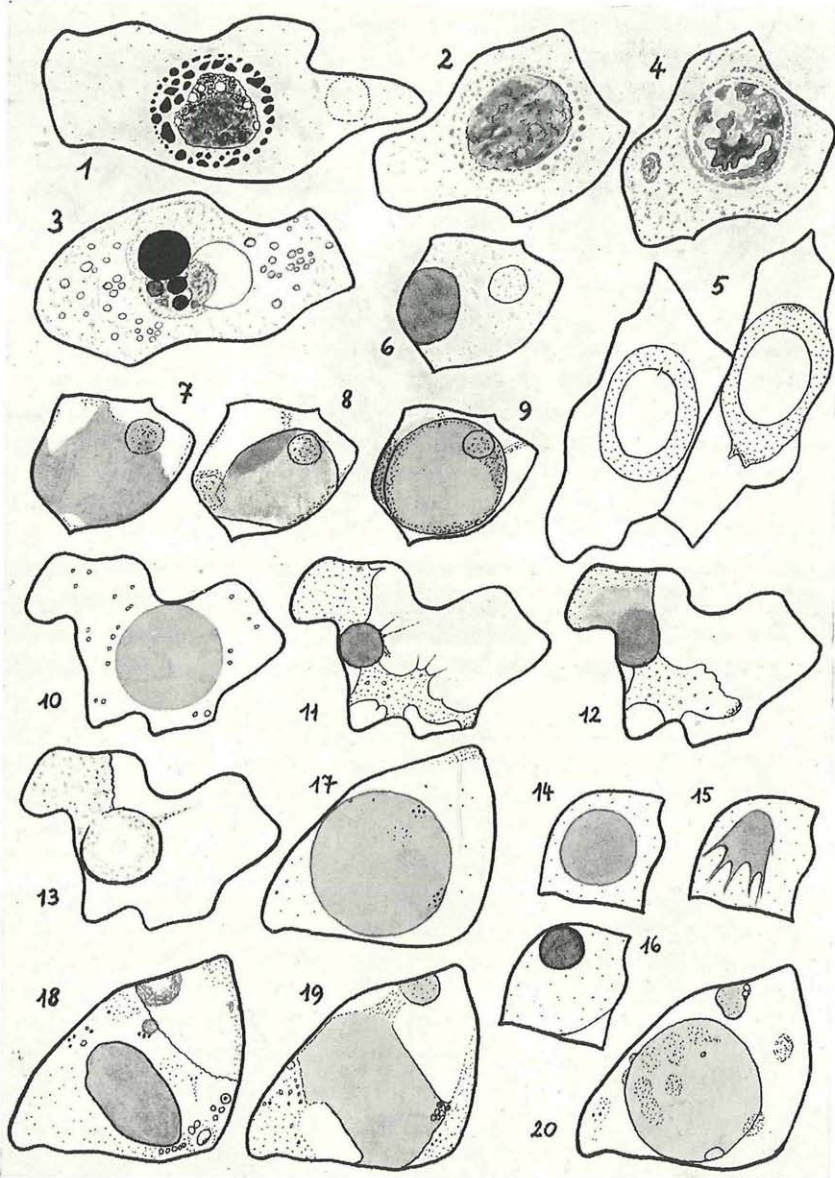


Abb. 1, Fig. 1—20: Zellen aus der Blütenepidermis von *Iris germanica*. Beschreibung im Text.

Wasser eingetretenen Vakuolenkontraktionen schnell zugrunde. Alterskontraktion, wie sie WEBER 1930 für *Thea japonica* beschrieb und wie ich sie auch in Blütenzellen von *Dahlia variabilis* fand (PARDATSCHER 1951), war in meinen Versuchen mit *Iris germanica* niemals zu beobachten.

An Knospenzellen treten, wie gesagt, höchstens am Wundrand der Schnitte einige Vakuolenkontraktionen auf, es sind dies aber immer starke Kontraktionen, während am 1. Blühtag häufig schwach kontrahierte Vakuolen in Zellen zu sehen sind, die in kleinen oder größeren Gruppen beisammen liegen.

Vakuolenkontraktionen aller Stärkegrade dehnen sich oft von selbst wieder aus, und zwar in ziemlich kurzer Zeit. So waren in meinen Versuchen stark kontrahierte Vakuolen oft schon nach 10 Minuten, schwach kontrahierte Vakuolen nach 8—20 Minuten völlig dilatiert. Wenn sich stark kontrahierte Vakuolen wieder ausdehnen, dann geht das meist rasch vor sich. Bei schwacher Kontraktion kann es auch mehrere Stunden dauern.

Zellen mit schwach kontrahierter Vakuole zeigen oft lebhaftere Rotationsströmung des Cytoplasmas, die auch bei Dilatation der Vakuole anhält. Oft bewegen sich zwei Plasmaströme in einer Zelle und sind dann meist gegenläufig. An Blütenzellen anderer Pflanzen konnte ich nur selten Plasmaströmung beobachten, die Strömung bei *Iris* ist daher besonders auffällig.

In stark kontrahierten Vakuolen kommt es sehr oft zu einer tropfigen Ausfällung des Anthocyans (vgl. BANCHER 1941 und Fig. 1). Im Innern der Vakuole gliedert sich ein heller gefärbter Teil ab und nimmt langsam den Großteil der tiefdunkelblauen Anthocyantröpfchen in sich auf. Der ursprüngliche Rand der Vakuole bleibt noch eine Zeit lang durch winzige Anthocyankügelchen angedeutet (Fig. 2). Allmählich verfällt die Vakuole immer mehr, die Farbtropfen ballen sich zu großen Kugeln zusammen oder zerfallen und deformieren sich. Im Plasma treten schon anfangs sichtbar gewesene, helle Kügelchen deutlich hervor, der Zellkern quillt stark und erscheint optisch völlig leer (Fig. 3). In der Folge wird der Zellkern körnig und zerfällt langsam. Es brechen anscheinend Stücke von ihm ab, man möchte glauben, die Kernsubstanz verfestigt sich allmählich, wird spröde und zerfällt (Fig. 4).

Kontrahierte Vakuolen, in denen keine Anthocyanausfällung eintritt und die sich nicht von selbst wieder ausdehnen, platzen meist nach 40—50 Minuten, ohne sich vorher zu deformieren. Der Zellsaft ergießt sich dann in den gesamten Zellraum und färbt ihn gleichmäßig blau. Der Zellkern wird körnig und bekommt eine dunkle, dicke „Membran“.

Gegenüber Plasmolytici verhalten sich die *Iris*-Zellen ähnlich denen von *Dahlia* (siehe PARDATSCHER 1951). Doch während bei *Dahlia* eine

gewisse Regelmäßigkeit des Verhaltens kontrahierter Vakuolen zu beobachten war, insofern sich stark kontrahierte Vakuolen bei Plasmolyse meist verkleinern, schwach kontrahierte Vakuolen hingegen sich meist ausdehnen, konnte ich bei *Iris* kaum eine unterschiedliche Reaktion der Vakuolen feststellen. Hingegen scheint das Alter der Blütenzellen eine Rolle zu spielen für das Verhalten bei Plasmolyse. Einige Beispiele mögen dies erläutern:

Am Wundrand eines Blütenschnittes aus einer Knospe, die knapp vor dem Aufblühen stand, traten beim Entlüften zahlreiche starke Vakuolenkontraktionen ein. (Es dürfte sich hierbei um eine Aufquellung des Plasmas handeln, wodurch der Vakuole Wasser entzogen wird.) Bei Zufuhr einer 1,0-molaren Traubenzuckerlösung begannen alle kontrahierten Vakuolen sich auszudehnen (siehe HENNER 1933!), und zwar mit verschiedener Geschwindigkeit. Ging die Ausdehnung sehr rasch vor sich, so war dies stets ein Zeichen für den baldigen Tod der Zelle. Die Vakuole platzte dann in der Regel sehr bald, der Zellsaft vermengte sich mit dem Plasma und verlor seine Farbe. Nahm hingegen die Dilatation längere Zeit in Anspruch, so bedeutete dies einen geringeren Schädigungszustand der Zelle. Hier kam es auch manchmal zur plasmolytischen Eindellung des Protoplasten. Nach dem Tode traten im Plasma oft eigenartige Figuren auf, Ringe, Schleifen — vielleicht zerfallene Leukoplasten.

In einem anderen Versuch beobachtete ich stark kontrahierte Vakuolen in einem Blütenschnitt vom ersten Blühtag. Bei Plasmolyse mit 1,0 mol Traubenzucker hoben sich sofort die Protoplasten unter Konvexkrümmung von der Zellwand ab. Die Vakuolen verkleinerten sich etwas (Fig. 5). Ebenso verhielten sich schwach vakuolenkontrahierte Zellen des gleichen Schnittes. Das gequollene Plasma um die stark kontrahierten Vakuolen zeigte hierbei deutliche dunkle Körnung, das Plasma um die schwach kontrahierten Vakuolen blieb hyalin. Man mag hierin einen Beweis der stärkeren Schädigung der stark vakuolenkontrahierten Zellen sehen. Die Deplasmolyseform bestätigte dies jedoch nicht, da sich alle Protoplasten und Vakuolen langsam und gleichmäßig ausdehnten, bis der Zustand wie vor der Plasmolyse erreicht war. Es lag also nach vollendeter Deplasmolyse genau dieselbe Vakuolenkontraktion vor wie vor Beginn der Plasmolyse.

Es wurden viele Versuche dieser Art durchgeführt: Kontrahierte Vakuolen in Knospenzellen dehnen sich im allgemeinen mit 1,0 mol Traubenzucker aus, in Blütenzellen verkleinern sie sich. Doch es kommen so viele Ausnahmen vor, daß man dieses Verhalten keineswegs zur Regel erklären kann. So war auch mit 1,0 mol KNO_3 an älteren Blüten teilen Ausdehnung kontrahierter Vakuolen zu erreichen. Einigemal konnte ich auch beobachten — und zwar an Blüten am Aufblühtag —

wie sich die stark kontrahierte Vakuole bei Zufuhr von 1,0 mol Traubenzucker etwas ausdehnte, während sich das gequollene Plasma stark verkleinerte! Die Zellen gingen bald zugrunde.

Eine Ausdehnung kontrahierter Vakuolen durch ein osmotisch wirkendes Außenmedium hat erstmalig HENNER 1933 beschrieben. Er konnte in reinem Wasser eingetretene Vakuolenkontraktionen in Blütenzellen gewisser *Boraginaceae*, wie *Alkanna tinctoria* und *Anchusa officinalis* durch Zusatz einer Traubenzuckerlösung wieder rückgängig machen. Es war hierbei belanglos, ob eine hypertonische oder eine hypotonische Traubenzuckerlösung verwendet wurde. HENNER nannte diese Wiederausdehnung kontrahierter Vakuolen durch ein Plasmolyticum „künstliche Diastole“.

Zweifellos liegt auch in meinen Versuchen mit *Iris*-Blüten solch eine künstliche Diastole vor. Es wird jedoch noch zu klären sein, weshalb dieses Verhalten der Vakuole hauptsächlich in Knospenzellen zu beobachten ist und nur selten in den Zellen erblühter Blumen.

An Blütenzellen verschiedener *Iris*-Arten konnte BANCHER 1938, 1941 zeigen, daß die osmotischen Werte von der Knospe bis zum Abwelken der Blüte deutlich abnehmen. „Schon in der Knospe beginnt ungefähr 12 Stunden vor dem Aufbrechen der osmotische Wert abzunehmen und im Augenblick des Aufblühens ist dieser schon deutlich kleiner als er in der Knospe war. Während der ersten beiden Tage nach dem Erblühen nehmen die osmotischen Werte sehr rasch ab und erst am dritten Tag wird die Abnahme etwas geringer.“ Diese Beobachtung BANCHERS konnte ich in meinen Versuchen mit *Iris germanica* bestätigen. Ob und inwieweit ein Zusammenhang besteht zwischen dieser Abnahme der osmotischen Werte mit zunehmendem Alter der Zellen und dem von mir beobachteten Verhalten verschieden alter Zellen gegenüber Traubenzucker, nämlich der Ausdehnung oder weiteren Verkleinerung kontrahierter Vakuolen, läßt sich noch nicht feststellen.

Einen interessanten Fall von Neubildung eines Plasmalemmas (vgl. KÜSTER 1910) konnte ich ebenfalls öfter beobachten: Bei Zufuhr von 1,0 mol Traubenzucker dehnt sich die stark kontrahierte Vakuole schnell aus, der Tonoplast zerfällt, Plasma und Zellsaft „mischen“ sich, der Zellkern färbt sich blau an. Allmählich rundet sich der Zellinhalt wieder ab, es bildet sich eine neue Grenzschicht, ein sekundäres Plasmalemma! Bei vorsichtiger Deplasmolyse mit gestuften Traubenzuckerlösungen läßt sich sogar manchmal eine Ausdehnung der Zellinhaltskugel erzielen! (Fig. 6—9).

Ein ähnlicher Fall sei genauer beschrieben: Blüte am 1. Blühtag, innere Blumenkrone in Wasser evakuiert, dann 70 Minuten im Wasser belassen. In der Oberepidermis liegen am Schnitttrand einige Zellen mit stark kontrahierter Vakuole (Fig. 10). Beim Durchsaugen von 1,0 mol

Traubenzucker unterm Deckglas deformiert sich die Vakuole einer Zelle anfangs stark und schrumpft schließlich zu einer kleinen, dunklen Kugel zusammen. Das gequollene Plasma hebt sich unregelmäßig und konkav von der Wand ab, zerteilt sich und bleibt an mehreren Stellen mittels Fäden mit der Zellmembran verbunden (Fig. 11). Auf Ersatz der Zuckerlösung durch eine 0,5-molare reagiert die Zelle nicht. Erst bei Wasserzusatz dehnt sich die Vakuole etwas aus, reißt dann oben auf und erfüllt den oberen Plasmateil mit Farbstoff, während sie unten noch ihre Rundung beibehält (Fig. 12). Gleich darauf zerfällt der Tonoplast und die Zelle entfärbt sich rasch. Der untere, scheinbar stark degenerierte Plasmateil bildet eine Kugel mit einer deutlich sichtbaren Grenzschicht, dehnt sich noch etwas aus und verhartet dann in dieser Lage (Fig. 13). Auf neuerliche Plasmolyse reagiert diese Plasmakugel nicht mehr, das Plasma ist wohl restlos abgestorben.

Doch nicht nur ein zerstörtes Protoplasma kann ein neues Plasmalemma erzeugen, auch eine durch Plasmolyse deformierte Vakuole kann eine neue Grenzschicht erhalten, ohne sich mit dem gequollenen Plasma zu mischen. Es begegneten mir nicht selten scheinbar degenerierte Tonoplasten, die ihre Rundung verloren hatten oder sonst irgendwie deformiert waren, und die sich nach einiger Zeit ganz von selbst wieder zu einer Kugel zusammenschlossen, oft unter gleichzeitiger Kontraktion. Nachher trat oft Plasmolyse des Zelleibes ein (Fig. 14—16).

Zum Abschluß meiner Versuche mit *Iris*-Blüten sei noch eine Beobachtung an einem Blütenschnitt vom dritten Blühtag (Abblühtag) beschrieben: Blütenblätter bereits schlaff und hinfällig. In Wasser tritt etwas blauer Zellsaft aus. Viele Zellen sind bereits abgestorben. Vereinzelt sind noch stärker und schwach kontrahierte Vakuolen zu sehen. Eine Zelle mit kontrahierter Vakuole wurde bei tausendfacher Vergrößerung (Öl-Immersion) beobachtet (Fig. 17).

Bei Zufuhr einer Spur 1,0 mol Traubenzucker sackt die Vakuole sofort zusammen. Ihre unregelmäßigen Zipfel vereinigen sich bald zu einer rundlichen Zellsaftmasse, kleine Teilvakuolen im Zellraum zurücklassend. Das Plasma hebt sich von der Membran ab. Der Zellkern wird mit zerknitterter Oberfläche sichtbar (Fig. 18). Nach 50 Minuten erweitert sich die Vakuole wieder, und zwar bis zur Grenze des abgehobenen Protoplasten. Es tritt offenbar Vakuolenflüssigkeit ins angrenzende Plasma aus, da sich der Rest des Zellkernes violett anfärbt. Die anfangs undeutliche Grenze zwischen Vakuole und Plasma wird allmählich schärfer. (Ähnliche Fälle konnte ich an *Iris*-Zellen oft beobachten). In diesem Zustand bleibt der Zellsaft Raum lange Zeit (65 Minuten) erhalten (Fig. 19). Schließlich rundet sich die Zellinhaltskugel — es ist offensichtlich etwas Plasma mit eingeschlossen — unter Ausdehnung wieder ganz ab und nimmt eine gleichmäßige, violette Farbe

an. Der Kernrest entfärbt sich wieder (Fig. 20). Erst zweieinhalb Stunden nach Beginn der Vakuolenkontraktion und 30 Minuten nach der neuerlichen Abrundung deformiert sich die Zellinhaltskugel und verblaßt langsam. Mehrere kleine Vakuolenteilchen bleiben noch einige Zeit gefärbt erhalten, eines dehnt sich noch etwas aus. Die Konturen der Zellinhaltskugel sind noch durch Plasmareste angedeutet. Winzige farblose Plasmaeinschlüsse (Leukoplastenreste?) legen sich hier und da zu Ringen oder Halbkreisen zusammen oder liegen zerstreut in der Zelle. Brown'sche Molekularbewegung war in dieser Zelle nie zu sehen.

Beachtenswert ist jedenfalls, daß zu dem Zeitpunkt, an dem die beobachtete Zelle zugrunde ging, bereits 98% aller übrigen Zellen (die keine Vakuolenkontraktion aufgewiesen hatten) abgestorben waren. Es lebten nur noch einige schwach plasmolysierte oder halb degenerierte Zellen. In der Regel sterben sonst stark vakuolenkontrahierte Zellen viel früher ab als die angrenzenden normalen Zellen.

Aus den Versuchen mit Blütenzellen am dritten Blühtag läßt sich folgendes schließen:

Die Blütenzellen von *Iris germanica* werden am dritten Blühtag, meist schon am Morgen, ziemlich hinfällig. Ein Teil stirbt bald an der Pflanze ab, wobei sich die Zellwände offenbar auflösen, da der Zellsaft austritt, ein Teil der Zellen geht beim Schneiden und Evakuieren zugrunde. Zellen, deren Vakuolen sich kontrahiert haben, sind noch viel hinfälliger als die normalen. Die kontrahierten Vakuolen platzen meist sehr rasch. Wenn sie doch noch längere Zeit erhalten bleiben, zeigen sie eine überaus große Empfindlichkeit gegenüber Traubenzucker. Wenn das Deckglas mit wenig Wasser einige Zeit auf dem Präparat liegt, saugt sich ein an den Rand zugefügter Tropfen einer Traubenzuckerlösung nur sehr langsam unter das Deckglas, wobei sich die Zuckerlösung mit dem hier vorhandenen Wasser mischt. In dem Augenblick, wo die erste Spur des Zuckers an die vakuolenkontrahierte Zelle gelangt, sackt die Vakuole ruckartig zusammen. Saugt man dann sofort den Rest des zugefügten Zuckertropfens weg, platzt die Vakuole nicht und läßt sich meist noch eine Zeit lang beobachten. Auffällig ist, daß die anfangs stark deformierte, oft sternförmig und unregelmäßig veränderte Vakuole sich alsbald wieder abrundet und eine, jetzt weiter stark verkleinerte und tief dunkelviolettfärbte Zellsaftblase darstellt, die kugel- oder tropfenförmige Gestalt hat. Schließlich reißt dann die Vakuolenhaut an irgendeiner Stelle oder sie wird auf andere Weise für ihren Inhalt durchlässig und der Zellsaft ergießt sich ins umgebende Plasma. Jetzt kann der Zellsaft entweder völlig aus der Zelle austreten — das stark geschädigte, oft schon tote Plasma setzt ihm keinen Widerstand mehr entgegen — oder es bildet sich um die gesamte Zellsaft-Plasma-Masse eine neue Grenzschicht, so daß jetzt wieder eine mehr

oder weniger kugelförmige Blase in der Zelle liegt, in der man sowohl den gefärbten Zellsaft als auch das meist schon ziemlich nekrotische Plasma erkennen kann. Der Zellkern, der nach solchen Vorgängen zu- meist schon abgestorben, jedenfalls aber schwer geschädigt ist, kann in diese Zellinhaltskugel mit aufgenommen werden, oder er bleibt an der Zellmembran hängen, meist mit ein wenig Plasma zusammen, wie ja auch Plasmateile außerhalb der Inhaltskugel an der Membran ver- bleiben können.

Mit der Vakuolenkontraktion geht oft eine osmotische Wertsenkung einher, die HENNER 1933 aus der Exosmose von Zellsaftstoffen erklärt. Plasmolyse ruft in vakuolenkontrahierten Zellen fast immer schnell Ver- änderungen hervor, jedenfalls viel schneller als in den angrenzenden normalen Zellen. Entweder der Zelleib plasmolysiert, wobei die Vakuolen unverändert bleiben, kleiner werden oder sich deformieren und auch bald platzen können — oder es tritt keine Plasmolyse mehr ein, was meist eine Degeneration oder Platzen der Vakuole und somit ein baldiges Ab- sterben der Zelle zur Folge hat.

Wenn in einer Zelle, mit oder ohne Vakuolenkontraktion, vor oder nach Plasmolyse, die Vakuole platzt, kann das Cytoplasma doch noch in gewissem Grade „vital“ sein. Denn es kommt ab und zu vor, daß sich das zerrissene Plasma wieder sammelt und zu einer Kugel zu- sammenballt, die eine anscheinend gut ausgebildete Grenzschrift auf- weist (sekundäres Plasmalemma). War die Zelle plasmolysiert (mit Traubenzucker), kann sich diese Plasmakugel bei Deplasmolyse wieder ausdehnen (!), ohne ihre Rundung zu verlieren. Sie degeneriert oft erst nach Stunden! Der Zellkern kann hiebei wohl keinen Einfluß auf das Zellgeschehen ausüben, weil er meist schon tot ist und außerhalb der Plasmakugel liegt.

Manchmal treten in Zellen mit kontrahierter Vakuole einige Zeit nach dem Entlüften (zirka 1 Stunde) lipoide(?) Entmischungen im Plasma auf. Das Cytoplasma erscheint dann ganz erfüllt von kleinen, lichtbrechenden Kugeln. Genauerer läßt sich über diese Erscheinung noch nicht aussagen, da sie an *Iris*-Blütenzellen nur selten auftritt und aus diesem Grunde nicht eingehend studiert werden konnte.

Z u s a m m e n f a s s u n g

In Zellen der Blütenknospen von *Iris germanica* treten nach Infil- tration mit Wasser nur vereinzelt am Schnitttrand starke Vakuolen- kontraktionen ein, in Zellen von erblühten Blumen sind auch vom Schnitttrand entfernt sowohl starke als auch schwache Kontraktionen zu beobachten.

Vakuolen in allen Stärkegraden der Kontraktion können sich von selbst wieder ausdehnen. Stark kontrahierte Vakuolen dilatieren meist schneller.

Zellen mit schwach kontrahierter Vakuole zeigen oft schöne Plasmaströmung.

In stark kontrahierten Vakuolen kommt es oft zu einer tropfigen Ausfällung des Anthocyans, wobei die Vakuole und schließlich die ganze Zelle zugrunde geht.

Kontrahierte Vakuolen in Knospenzellen dehnen sich bei Zufuhr einer 1,0-molaren Traubenzuckerlösung aus, in Blütenzellen verkleinern sie sich.

Eine Neubildung des Plasmalemmas in stark geschädigten Zellen konnte öfters beobachtet werden, ebenso eine Regeneration des Tonoplasten.

Am dritten Blühtag werden die Blütenzellen bald hinfällig, die kontrahierten Vakuolen platzen rasch und sind überaus empfindlich gegenüber Traubenzucker.

Literatur

- BANCHER E. 1938. Zellphysiologische Untersuchungen über den Abblühvorgang bei *Iris* und *Gladiolus*. Österr. bot. Z. 87: 221.
- 1941. Zellphysiologische Beobachtungen an *Iris Reichenbachii* während des Abblühens. Österr. bot. Z. 90: 97.
- CHOLNOKY B. 1950. Protoplasmatische Untersuchungen durch Lebendfärbung an den Epidermiszellen der *Senecio cruentus*-Blumenblätter. Österr. bot. Z. 97: 380.
- GICKLHORN J. & WEBER S. 1926. Über Vakuolenkontraktion und Plasmolyseform. Protoplasma 1: 427.
- HENNER J. 1933. Untersuchungen über Spontankontraktion der Vakuole. Protoplasma 21: 81.
- HOFMEISTER L. 1940. Mikrurgische Studien an Borraginoideen-Zellen. Protoplasma 35: 65.
- KÜSTER E. 1910. Über Veränderungen der Plasmaoberfläche bei Plasmolyse. Z. Bot. 2: 689.
- 1926. Beiträge zur Kenntnis der Plasmolyse. Protoplasma 1: 73.
- 1938. Über *Hyazinthus*, ein neues, zur Untersuchung der Vakuolenkontraktion geeignetes Objekt. Z. wiss. Mikroskopie 55: 26.
- 1940. Neue Objekte für die Untersuchung der Vakuolenkontraktion. Ber. deutsch. bot. Ges. 58: 413.
- 1942. Vitalfärbung und Vakuolenkontraktion. Z. wiss. Mikroskopie 58: 245.
- PARDATSCHER G. 1951. Protoplasmatische Studien an Blütenzellen von *Dahlia*. Portugaliae Acta biolog. Sér. A, 3 (2): 171.
- SCHARINGER W. 1935. Cytologische Beobachtungen an Ranunculaceen-Blüten. Protoplasma 25: 404.
- WEBER F. 1929. Vakuolenkontraktion vitalgefärbter *Elodea*-Zellen. Protoplasma 9: 106.
- 1930. Vakuolenkontraktion und Protoplasmaentmischung in Blütenblattzellen. Protoplasma 10: 598.
- 1934. Vakuolenkontraktion der Borraginaceen-Blütenzellen als Synärese. Protoplasma 22: 4.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Phyton, Annales Rei Botanicae, Horn](#)

Jahr/Year: 1953

Band/Volume: [5_1_2](#)

Autor(en)/Author(s): Pardatscher Günter

Artikel/Article: [Vakuolenkontraktion in Iris-Blüten. 26-33](#)