

AUSHEILUNG VON EPIDERMISWUNDEN BEI
EPIPHYLLUM

DAVOR MILIČIĆ

Mit 9 Textabbildungen

(Aus dem Botanischen Institut der Naturwissenschaftlich-mathematischen Fakultät
Zagreb)

Einleitung

Miehe (1901) hat in der Epidermis von *Tradescantia virginica* eine besondere Art von Ausheilung entdeckt, bei der die kleinen Wunden in der Weise verheilten, dass die benachbarten lebenden Zellen in die toten hineindragen und diese völlig ausfüllten. Diese Art von Epidermisregeneration wurde später von Kassner (1910) bestätigt. Bis jetzt aber besteht noch Ungewissheit darüber, ob diese Erscheinung etwa isoliert oder mehr verbreitet ist (Linsbauer, 1930).

Um den Regenerationsvorgang bei *Tradescantia* verfolgen zu können, hat Miehe Epidermisstreifen vom inneren Gewebe abgezogen, und zwar auf die Art, dass diese mit einem ihrer Enden an den Stengelstücken hängen blieben. Solche Epidermishäutchen hielt er sodann einige Tage im luftfeuchten Raum, währenddessen gewisse Zellen zugrundegingen. Das Absterben der Zellen trat in den Streifen deshalb auf, weil gelegentlich des Abziehens traumatische Kernwanderungen entstanden und die Zellkerne demzufolge aus ihren Zellen in die anderen übertraten. Auf diese Weise erschienen mehrkernige und kernlose Zellen, die bald abstarben, wobei die Epidermis zahlreiche, unregelmässig zerstreute tote Zellen enthielt, die oft völlig von lebenden Elementen umgeben worden waren. Für die abgestorbenen Zellen war es charakteristisch, dass ihre Membranen unversehrt blieben, und somit die Wunden nach aussen hin nicht offen waren.

Nach gewisser Zeit begann der Ausheilungsprozess. Rundliche Stellen in jenen Membranen, die lebende von toten Zellen trennten, erhielten die Wachstumsfähigkeit und bildeten zuerst flache Ausbuchtungen, die

allmählich grösser wurden und die Plasmareste der toten Zellen vor sich drängten. Sobald ein solcher Zellschlauch mit einer anderen Membrane, die ebenfalls mit einer toten Zelle grenzte in Berührung kam, begann auch diese Membrane zu wachsen. Dadurch konnte ein Zellschlauch durch mehrere tote Zellen auswachsen. Da hierbei in die toten Bereiche von verschiedenen Seiten mehrere Epidermiszellen hineinwuchsen, so fielen die Schläuche endlich zusammen, wodurch die Wunden verheilten. Die lebenden Zellen, die am Regenerationsvorgang teilnahmen, gewannen bedeutend an Umfang. Trotzdem konnte M i e h e niemals in älteren Teilen von *Tradescantia* Zellteilungen beobachten, bei *Allium nutans* dagegen nahm er einige dieser wahr.

Nachdem uns während einer Untersuchung an *Epiphyllum Bridgesii* anomale Membranen aufgefallen waren, die jenen von M i e h e sehr ähnelten, neigten wir zu der Annahme, dass diese von Ausheilungsprozessen bedingt worden sind. Um dies feststellen zu können, riefen wir durch leichte Reibung der Kladodienoberfläche mit feinem Karborundumstaub das Absterben einzelner Epidermiszellen hervor. Die toten Zellen zeichneten sich nunmehr dadurch aus, dass ihre Membranen in vielen Fällen keine Zeichen einer Schädigung aufwiesen; die Bedingungen vor der Ausheilung somit jenen von M i e h e fast gleich kamen. Welch anomale Formen die Membrane von *Epiphyllum* während und nach der Regeneration bekam, wird versucht in dieser Mitteilung vorzuführen.

Es sei gleich betont, dass das Absterben der Epidermiszellen — mit dem die vor Anfang der Verletzungsversuche beobachteten Membrananomalien in Zusammenhang standen — von verschiedenen inneren und äusseren Ursachen hervorgerufen werden konnte. So. z. B. können Insektenstiche das Absterben einzelner Zellen bedingen. Ausserdem können Epidermiszellen auch infolge des kranken Zustandes der Pflanze zugrunde gehen. In neuester Zeit wurde bekannt, dass die Eiweisspindelführenden Kakteen von einer Virose leiden (Weber, Kenda und Thaler, 1952; Miličić und Plavšić, 1956). Dass einzelne Epidermiszellen in spindelhaltigen Kakteen der Virusinfektion wegen absterben können, vermochten wir uns durch Beobachtungen an verschiedenen Arten mehrmals zu überzeugen. Eine höchst wahrscheinlich durch solche Nekrosen hervorgerufene Membrananomalie haben Weber und Kenda (1952, Abb. 14) bereits abgebildet.

Die Ausheilung der Epidermis bei jenen Kladodien von *Epiphyllum*, die experimentell verletzt worden waren, konnte man leicht verfolgen und immer wieder reproduzieren. Der Versuch verlief derart, dass von der Mutterpflanze isolierte Kladodien mittels eines Glasstabes und Karborundums verwundet und sodann in Glasschalen gehalten wurden, deren Innenseite mit feuchtem Fliesspapier verkleidet war.

Verlauf des Vorganges. Ausheilung ohne Zellteilung

Miehe hat die Ausheilung bei *Tradescantia* mit Thyllenbildung verglichen, denn die Zellen gewannen während des Vorganges bloss an Umfang. Eine solche Ausheilungsart konnten wir oftmals bei *Epiphyllum* beobachten. Auf der Abb. 1 ist ein Teil seiner Epidermis dargestellt, in der sich von acht Zellen, die eine abgestorbene Zelle umgaben, sieben ihrer thylloid vergrössert hatten, um die Wunde zu verheilen. Die achte Zelle nahm an dem Vorgange nicht teil. Gleichwie in diesem Fall, konnten wir auch in manchen anderen wahrnehmen, dass zum Unterschied von Miehe's Beobachtungen, im Regenerationsprozesse sich alle benachbarten Zellen nicht beteiligten.

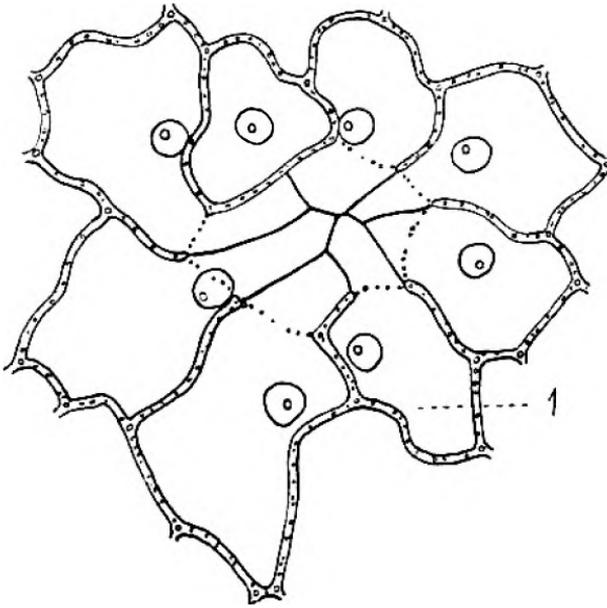


Abb. 1. *Epiphyllum Bridgesii*. Epidermis des Kladodiums. Ausheilung der Epidermis durch thylloide Vergrößerung der umgebenden Zellen. Kreise bzw. Punkte innerhalb der mit doppelten Linien bezeichneten Membranen stellen Kutikularkörnchen dar.

Der Raum, der vor der Ausheilung von den durch Verletzung abgestorbenen Zellen besetzt worden war, bleibt oft bei unserer Pflanze auch nach erfolgter Regeneration für gewisse Zeit gut erkennbar. Das geht daraus hervor, weil sich bei *Epiphyllum* häufig oberhalb der Seitenwände infolge der ungleichmässigen Dicke der Kutikularschichten die Kutikularkörnchen befinden (Abb. 1 u. 2). Wenn nämlich eine Seitenwand am Anfang des Vorganges zu wachsen beginnt, werden die Kutikularkörn-

chen in diesen Prozess nicht eingezogen, so dass sie ihre ursprüngliche Lage und Form auch weiterhin beibehalten. Die Anwesenheit der Körnchen zeigt uns demzufolge, dass an dieser Stelle vor der Ausheilung eine Seitenwand vorhanden war.

Demgegenüber sind die Kutikularschichten oberhalb der nachträglichen, d. h. nach dem Ausheilungsvorgange entstehenden Membranen nicht stärker entwickelt, so dass hier Kutikularkörnchen oder -leisten fehlen (Abb. 2). Was den Unterschied zwischen den nachträglichen und den ursprünglichen Membranen betrifft, sind diese gewöhnlich für gewisse Zeit nach der Verheilung auch durch ihre Dicke leicht voneinander unterscheidbar; deshalb sind in der Abb. 1 die ursprünglichen Membranen mit doppelten, die nachträglichen hingegen mit einfachen Linien gekennzeichnet (vgl. auch Abb. 2). Die Kreise bzw. Punkte zwischen den doppelten Linien bezeichnen Kutikularkörnchen; diese sind in unseren Abbildungen, um an Übersichtlichkeit zu gewinnen, etwas schematisch dargestellt.

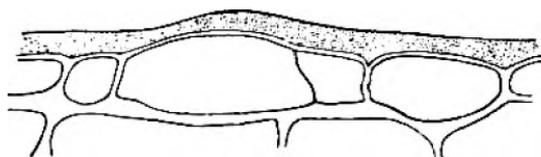


Abb. 2. *Epiphyllum Bridgesii*. Querschnitt durch die Epidermis des Kladdiums. Nachträglich entstandene Seitenwand ist mit einer einfachen Linie, andere Seitenwände sind mit doppelten Linien gekennzeichnet. Verdickte Außenwand enthält Kutikularschichten (grau).

Nachdem sich sämtliche benachbarten Epidermiszellen an der Verheilung nicht beteiligen müssen, so brauchen die in den Vorgang eintretenden Zellen auch nicht gleichmässig an ihm teilzunehmen (Abb. 1). Ebenso braucht nicht die ganze Seitenwand in die tote Zelle auszuwachsen, wie dies mit der in Abb. 1. mit 1 bezeichneter Zelle der Fall ist. Solche Fälle, wo die Seitenwand nur mit einem Teil ihrer Oberfläche an der Verheilung teilnimmt, sind überaus häufig. Die häufige Erscheinung bei *Tradescantia*, dass die wachsende Membranoberfläche nach ihrer Grösse dem Zellkern entsprach, versuchte Mieh e (1901) damit zu erklären, dass für den Anfang des nachträglichen Wachstums wenigstens ein kurzer Kontakt zwischen dem Zellkern und der Zellwand notwendig wäre.

Was den Inhalt der abgestorbenen Zellen angeht, wird dieser bei unserer Pflanze so vollkommen resorbiert, dass am Ende des Verheilungsprozesses keine Spur mehr von ihm bemerkbar ist. Nach Angaben von Mieh e ist die Resorption bei *Tradescantia* unvollständig, so dass an der Stelle, wo die verletzte Epidermis verheilt ist, eine Braunfärbung unterbleibt.

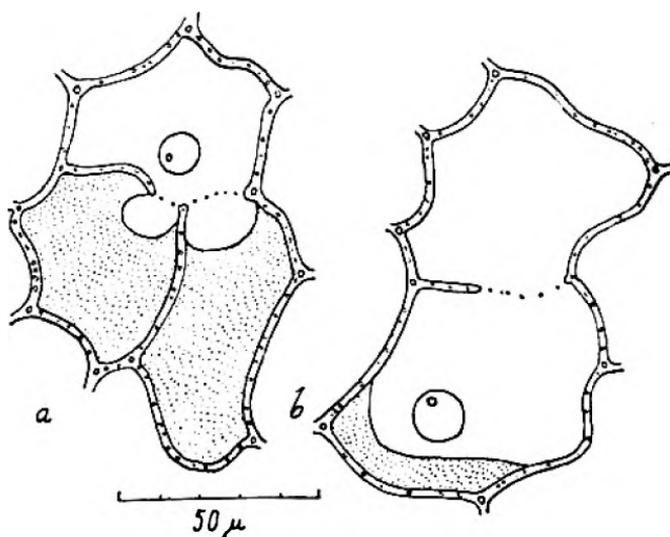


Abb. 3. Ausheilung der Epidermis mit thylloider Vergrößerung der Zellen. Jener Teil der abgestorbenen Zellen, der von ausgewachsenem Zellschlauch noch nicht eingenommen worden ist, ist mit grauem Farbton bezeichnet.

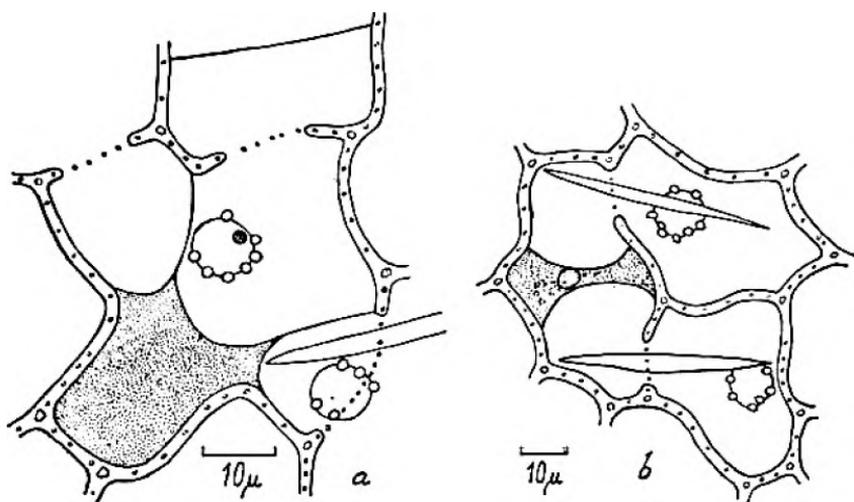


Abb. 4. Ausheilungsstadien in der verwundeten Epidermis. Lebende Zellen, die in abgestorbene Zellen hineindringen, enthalten Proteinspindeln. Teile der ursprünglichen Zellwände, die Wachstumsfähigkeit wieder gewonnen haben, sind leicht infolge der Anwesenheit von Kutikularkörnchen zu erkennen.

Dass der Prozess tatsächlich so verläuft, wie wir ihn, auf Grund der Abb. 1, zu erklären versuchten, vermögen die folgenden Beobachtungen zu beweisen. Die Abb. 3 zeigt uns, wie die lebenden Zellen in Form eines Bläschens in die toten Zellen hineindringen. Aus derselben Abbildung ist ersichtlich, dass in jede tote Zelle nur je eine lebende benachbarte Zelle einwächst, und zwar oft nur mit einer verhältnismässig kleinen Seitenwand-Oberfläche.

Aus der Abb. 4 ist zu sehen, dass sich bei der Ausheilung einer Zelle zwei oder mehrere Zellen beteiligen können. Einige von den dargestellten Zellen enthalten Proteinspindeln, die zusammen mit den auswachsenden Protoplasten in den Lebensraum der abgestorbenen Zellen teilweise eingedrungen sind.

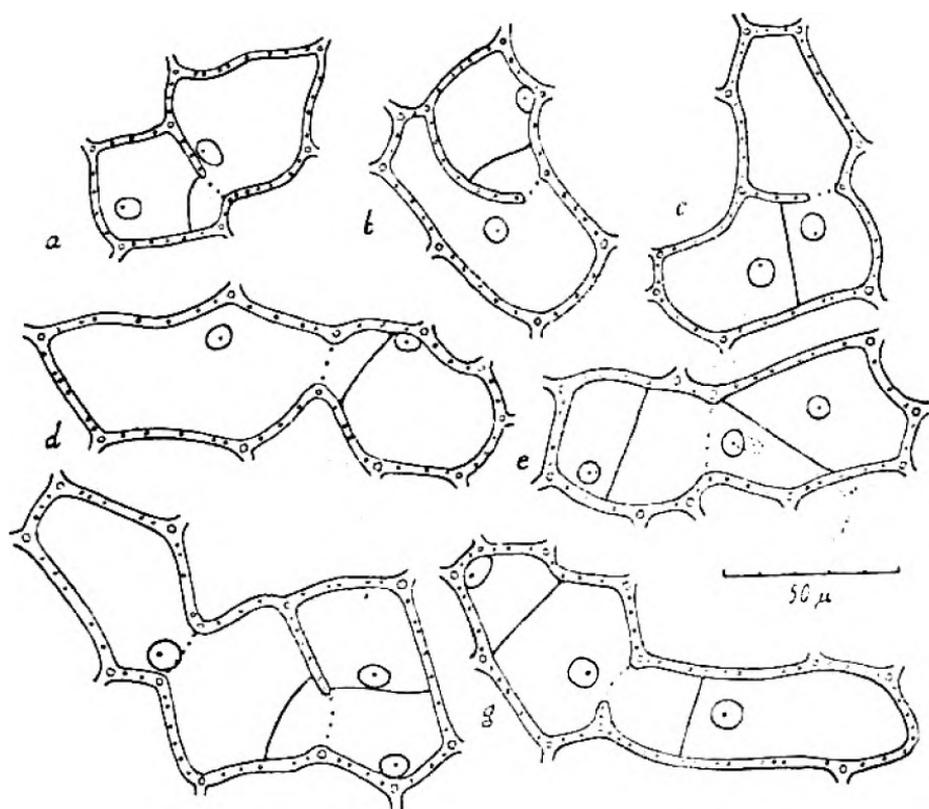


Abb. 5. Epidermis des Kladodiums. Während des Ausheilungsvorganges sind auch Zellteilungen entstanden. Weitere Erklärungen im Text.

Ausheilung mit Zellteilung

Da die nachträglich entstehenden Zellwände eine gewisse Zeit nach der Verheilung durch ihre Zartheit von den ursprünglichen Membranen leicht zu unterscheiden sind, so konnten wir auch mit Hilfe dieser Eigenschaft den Vorgangsverlauf rekonstruieren, und zwar auch in komplizierteren Fällen, wo die Zellen sich nicht nur thylloid vergrösserten, sondern auch teilten. So z. B. obwohl die Zellteilungen nicht direkt wahrgenommen worden sind, konnten die in der Abb. 5 dargestellten Verhältnisse nur so erläutert werden, dass sich während des Regenerationsprozesses die Zellen ebenfalls geteilt haben. Um die Notwendigkeit der Teilungen zu beweisen, wollen wir in der Folge die Abb. 5a analysieren.

In dieser Abbildung sind zwei Zellen dargestellt, getrennt durch eine Zellwand, die nur teilweise aus der ursprünglichen, teilweise aber aus der nachträglichen Membrane zusammengesetzt ist. Die erste Zellwand ist viel dicker und in unterem Teil unterbrochen; von dieser Stelle an beginnt die dünne nachträgliche Membrane, die sich weiter nach unten fortsetzt. In Verlängerung der ursprünglichen Zellwand nach unten rechts sind die Kutikularkörnchen sichtbar, deren Anwesenheit zeigt, dass sich dort ehemals die ursprüngliche Membrane befand. Unseres Erachtens ist der Vorgang, bei dem diese Zellen entstanden sind, in folgender Weise verlaufen: Am Anfang befanden sich hier auch zwei Zellen, von denen eine während der Behandlung mit Karborundum abgestorben ist. Welche von diesen Zellen zu Grunde ging, ist jetzt nicht mehr möglich zu ermitteln. Nach dem Absterben ist die benachbarte lebende Zelle in die tote hineingedrungen und hat diese ausgefüllt. Möglicherweise konnte diese Zelle eine solche Vergrösserung nicht vertragen, so dass sie sich dabei auch noch geteilt hat. So haben sich denn im Raum, der früher von zwei Zellen eingenommen war, wiederum zwei Zellen gefunden. Es sei hier auch bemerkt, dass sich die dünne nachträgliche Membrane aus der Abb. 5a von den dünnen nachträglichen Zellwänden aus der Abb. 1 im Wesentlichen unterscheidet. Während nämlich die erstere Zellwand in der Tat eine neue Membrane ist, die sich nach einer nachträglichen Zellteilung gebildet hat, sind die letzteren Zellwände aus ursprünglichen Membranen entstanden, die später wieder die Fähigkeit für Flächenwachstum aufgenommen haben.

In den Zellen aus den Abb. 5b und c musste der Vorgang ähnlich verlaufen sein, doch ist es bei diesen auffallend, dass der zu den neuen Zellen gehörende Raum ungleichmässig geteilt ist.

Doch können manchmal an jener Stelle, wo vor der Verletzung zwei Zellen waren, nach der Ausheilung sich drei Zellen befinden (Abb. 5e und g). Allerdings mussten sich in diesem Falle die Zellen zweimal nacheinander teilen. Ob der Verheilungsprozess in den drei aus der Abb. 5f dargestellten Zellen auf dieselbe Weise verlief, muss dahingestellt bleiben.

Nach der Verheilung kann man den Regenerationsvorgang annähernd auch dann rekonstruieren, wenn eine grössere Anzahl von Zellen an

ihm teilgenommen hat. Eine solche schon vernarbte Zellgruppe zeigt uns die Abb. 6. Im Lebensraum dieser Gruppe waren einmal sechs Zellen vorhanden, wie man dies aus den ursprünglichen Membranen und den Kutikularkörnchen oder -leisten schliessen kann. Nach der Regeneration haben diesen Raum fünf Zellen eingenommen, was aus der Anzahl der Zellkerne festzustellen ist. Wir meinen, dass die Ausheilung hieselbst auf nachfolgende Weise verlaufen war: Von sechs am Anfang befindlichen Zellen sind zwei während des Verletzungsversuches abgestorben, und zwar die Zellen, die mit 5 und 6 bezeichnet sind (Abb. 6). Die Zellen 1, 2 und 3 haben sich thylloid vergrößert und sind in einem Teil des Raumes, der von toten Zellen besetzt wurde, ausgewachsen. Dabei haben die Zellen 1 und 2 ungefähr eine Hälfte der abgestorbenen Zelle 6 eingenommen; und zwar ist die Zelle 2 in die tote Zelle von zwei Seiten eingedrungen, so dass ihre Schläuche zusammentrafen und eine gemeinsame Membrane bildeten, die sich von rechts an den Rest der ursprünglichen Zellwand anschloss. Die Zelle 3, die ebenfalls thylloid ausgewachsen ist, hat den kleineren Teil der Zelle 5 eingenommen. Es

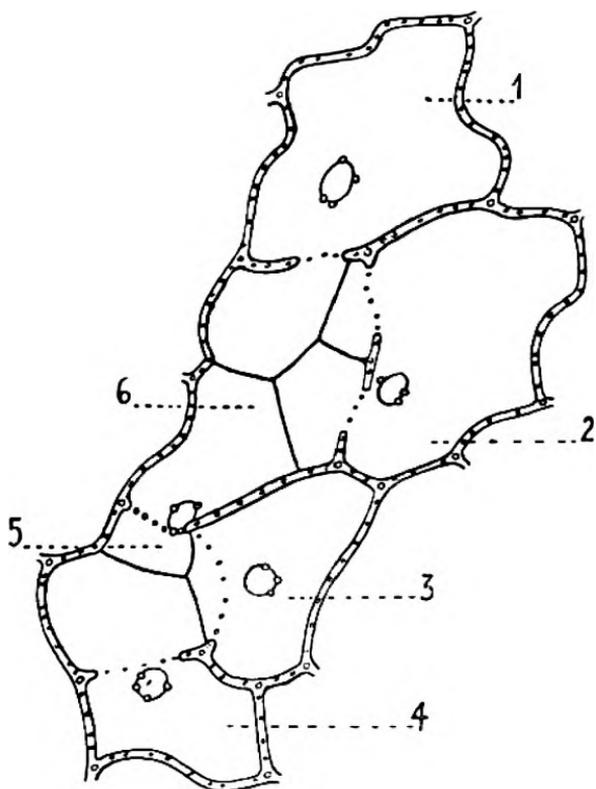


Abb. 6. Eine Gruppe von Epidermiszellen nach erfolgter Ausheilung.

dürfte offenbar feststehen, dass sich die Zelle 4 im stärksten Mass an der Ausheilung beteiligte; sie ist durch ihre obere Zellwand in die Zelle 5 eingedrungen und von dort weiter in die Zelle 6 ausgewachsen. Deren Wachstum gelang erst dann zum Stillstand, als sie mit den thylloid vergrösserten Zellen 1 und 2 in Berührung kam.

Demzufolge konnte in diesem Falle der Zellschlauch der Zelle 4, der in die toten Zellen 5 und 6 eingedrungen war, auch der Zellwand zwischen den zwei abgestorbenen Zellen 5 und 6 zum Wachstum Anregung geben. Wenn auch die letzte Membrane mit dem Protoplasten nicht in unmittelbaren Kontakt gekommen war, da sich an sie allein die Membrane des ausgewachsenen Zellschlauches anlehnte, genügte dies dennoch um sie zum Wachstum anzuregen. Hervorgehoben werden muss, dass solche Fälle bereits von Miehle beobachtet wurden. Was jedoch das weitere Schicksal des Protoplasten der Zelle 4 betrifft, so musste sich dieser — wie dies aus der Abb. 6 hervorgeht — nachträglich noch teilen.

In einigen Fällen können die Eiweisspindeln die Rekonstruktion des Vorgangsverlaufes erleichtern. So z. B. die bei der auf der Abb. 7 dar-

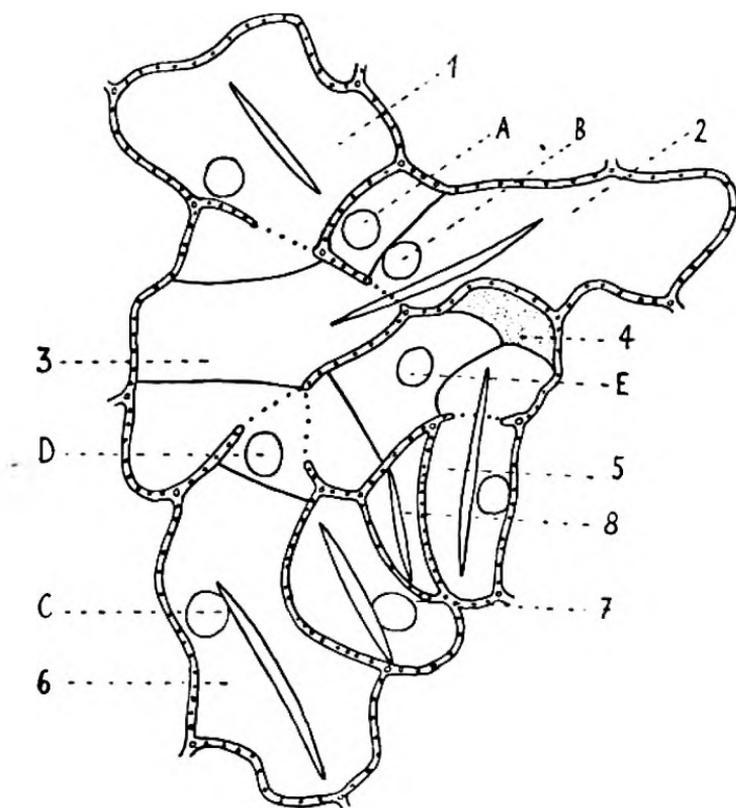


Abb. 7. Epidermiszellengruppe unmittelbar vor dem Ende der Ausheilung

gestellten Zellgruppe, die vor der Verletzung von acht Zellen zusammengesetzt war. Während der Verletzung sind zwei ihrer Zellen (3 und 4) abgestorben, die Zellen 7 und 8 am Ausheilungsvorgang nicht teilgenommen; die lebend gebliebenen Zellen, die am Vorgange beteiligt und die Wunde verheilt haben, sind mit 1, 2, 5 und 6 bezeichnet. Der Regenerationsprozess musste sich vermutlich wie folgt entwickeln: Die Zelle 1 hat sich thylloid vergrössert und den kleineren Teil der abgestorbenen Zelle 3 eingenommen. Gleichermassen ist auch die am Leben gebliebene Zelle 2 in die tote Zelle 3 ausgewachsen und deren grösseren Teil eingenommen. Dieselbe Zelle (2) hat sich indes nachträglich geteilt, wobei aus ihr zwei Zellen entstanden: die kleine Zelle mit dem Zellkerne A und die viel grössere Zelle mit Eiweissspindel und dem Zellkern B. Ausserdem aber ist in die tote Zelle 3 auch die überlebende Zelle 6 eingedrungen, die gleichzeitig auch in die abgestorbene Zelle 4 auswuchs. Ihr Volumen war dabei gewiss zu gross geworden, so dass sich zwei Teilungen in ihr haben abspielen müssen, aus denen drei Zellen mit den Kernen C, D und E hervorgingen. Wie aus der Abb. 7 zu entnehmen ist, hat die neue Zelle mit dem Kern D je einen Teil der ursprünglichen Zellen 3, 4 und 6 eingenommen. Was die Zelle 4 betrifft, diese ist noch nicht völlig vernarbt. Während der Ausheilung dieser Zelle hat sich eine nachträgliche Teilung abgespielt und zwar die Teilung, mittels welcher sich jene Zellwand gebildet hat, die Zellkerne D und E voneinander trennte. Dies aber deutet dahin, dass die nachträglichen Teilungen nicht nur am Schluss, sondern auch während des Vorganges selbst auftreten können.

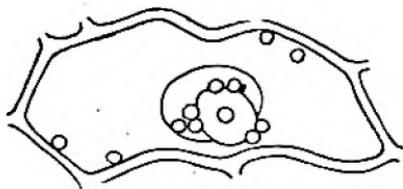


Abb. 8. Epidermiszelle, in die der Protoplast einer Subepidermiszelle ausgewachsen ist. Ovale Linie neben dem Zellkern stellt das Foramen in der unteren Epidermis-Zellwand dar, durch das der Protoplast in die Epidermis hineingedrungen ist.

Die Anwesenheit von Eiweissspindeln kann deshalb die Rekonstruktion des Vorganges erleichtern, weil nach der Zellteilung die Spindel nur in eine neue Zelle kommt, die andere aber ohne Spindel bleibt. So hat sich z. B. die Zelle 2 aus der Abb. 7 während des Wachstums auch geteilt, wobei die Proteinspindel in der Zelle geblieben ist, der dem Zellkern B angehört; der Zelle mit dem Zellkern A gelang es aber noch nicht, die Eiweissspindel aufzubauen. Gleichermassen ist während des Wachstums der Zelle 6 die Eiweissspindel in der Zelle mit dem Kern C geblieben, die Zellen hingegen mit Zellkernen D und E — die wahrscheinlich durch die nachträglichen Teilungen aus der Zelle 6 entstanden — konnten noch nicht eigene Spindeln aufbauen.

Ausheilung mittels der Subepidermiszellen

In selteneren Fällen können die Epidermiswunden derart vernarben, dass in eine tote Zelle anstatt anderer Epidermiszellen einzelne Subepidermiszellen auswachsen. Ein solcher Fall ist auf der Abb. 8 dargestellt. In der Mitte dieser Zelle ist mit einer ovalen Linie ein Foramen abgebildet, das sich in der unteren Epidermismembrane befindet. Durch dieses Foramen ist der Protoplast der Subepidermiszelle mit seinem Zellkern und Plastiden in die Epidermiszelle hineingedrungen. Dass das tatsächlich der Protoplast der Subepidermiszelle ist, beweist die besondere Grösse des Zellkernes sowie der Plastiden, die bei *Epiphyllum* in der Subepidermis viel grösser als in der Epidermis sind. Das stärkste Argument für die subepidermale Herkunft des Protoplasten gaben die grün pigmentierten Plastiden, die nach Intensität der Färbung mit den Subepidermis-Plastiden übereinstimmten, und von den blassen Epidermis-Plastiden sehr verschieden waren.

Wie aus der Abb. 8 hervorgeht, hat das Foramen eine ovale Form. In manchen anderen analogen Fällen haben wir rundliche Foramina gesehen. Demzufolge stimmt die Form unserer Gebilde mit jenen von M i e h e überein, der gleichfalls beobachtet hat, dass der Membranteil, der nachträglich zu wachsen beginnt, eine rundliche Form aufweist. Was aber die Vernarbung der Epidermis mittels der inneren Zellen angeht, sei hier erwähnt, dass schon J a h r m a n n (1913) ähnliche Beobachtungen vermerkt hat.

Schlussbemerkungen

Bei diesen Beobachtungen bedienen wir uns mehrerer Exemplare von *Epiphyllum Bridgesii*, von denen einige spindelfrei, andere wiederum spindelhaltig waren. Bei beiden Arten von Pflanzen verheilten die Epidermiswunden in beschriebener Weise; da diese Art von Verheilung zur anomalen Zellwandbildung führt, so müssen wir das Vorkommen der anomalen Zellwände bei spindelhaltigen und -freien Exemplaren annehmen.

Der Umstand, dass die anomalen Membranen öfters in spindelhaltigen Kakteen wahrgenommen wurden, ist darauf zurückzuführen, dass bei ihnen die Nekrosen von Epidermiszellen häufiger sind. Die spindelhaltigen Exemplare sind nämlich mit einem Virus infiziert (Rosenzopf 1951; Weber, Kenda, Thaler 1952; Miličić 1954), das manchmal viele Nekrosen in der Epidermis verursacht.

Im Laufe unserer mehrjährigen Untersuchungen konnten wir bei spindelhaltigen Kakteen mehrmals anomale Zellwandbildungen beobachten, und zwar nicht nur bei *Epiphyllum*, sondern auch bei verschiedenen Opuntien (*O. brasiliensis*, *O. inermis* u. a.). Es scheint demnach, dass die beschriebene Vernarbungsweise keineswegs nur bei *Epiphyllum* vorkommt.

In jüngster Zeit hat Thaler (1956) anomale Zellwände von *Impatiens Holstii*-Pflanzen beschrieben, die mit einem Virus infiziert wurden. Thaler ist der Ansicht, dass die anomalen Wände von *Impatiens*, die jenen von *Epiphyllum* ähnlich sind, mit den von Miehle beobachteten Regenerationsveränderungen in der Epidermis im Zusammenhang stehen könnten. Auch wir sind der Meinung, dass es sich bei den Membrananomalien von *Impatiens* um dieselbe Erscheinung handelt, die wir hier bei *Epiphyllum* wahrnahmen und die Miehle früher bei *Tradescantia* beobachtet hat.

Falls wir diesen Gesichtspunkt vertreten, dann dürfen wir die Foramina in den Membranen nicht als Perforationen betrachten, sondern als Stellen, wo die ursprünglichen Membranen wieder die Wachstumsfähigkeit aufgenommen haben.

Die Auffassung, derzufolge die Membranleisten von *Impatiens Holstii* mit der von Miličić (1954) und Amelunxen (1956) beobachteten Erscheinung im Zusammenhang stünden, scheint uns durchaus nicht wahrscheinlich. Wir meinen vielmehr, dass sich die von Miličić und Amelunxen abgebildeten Membranleisten von diesen soeben bei *Epiphyllum* beschriebenen dadurch unterscheiden, dass die ersteren vom Anfang Leisten sind, die letzteren hingegen sind erst nachträglich aus kontinuierlichen Zellwänden entstanden.

Dass die ersteren Membranleisten, die bei *Opuntia brasiliensis* vorkommen und dort infolge der Anwesenheit von Eiweisssspindeln die Zellen unvollkommen teilen, vom Anfang an einen solchen Charakter besitzen, geht vor allem aus dem Umstand hervor, dass diese sehr deutliche Eigenschaften junger Membranen offenbaren. Dass sie bestimmt jung sind, kann man aus der Tatsache schliessen, dass sie eine ebenflächige Form besitzen. Sie tragen also ein Zeichen, das nur jungen Epidermis-Seitenwänden bei vielen Kakteen eigen ist. Die älteren Seitenmembranen zeichnen sich dagegen durch ihre welligen Umrisse aus, die als Folge eines stärkeren Flächenwachstums der Epidermis im Gegensatz zum Wachstum des Binnengewebes betrachtet werden müssen (vergl. Linsbauer 1930, 211).

Darüber hinaus bemerke ich, dass die Membranleisten von *Opuntia brasiliensis* zum Unterschied von anderen Seitenwänden derselben Zellen keine Kutikularkörnchen (-leisten) enthalten. Auch diese Eigenschaft bekräftigt unsere Meinung, dass diese Membranen jung sind, weil bei dieser Opuntie nur junge Zellwände ohne solche Kutikulargebilde waren.

Wenn aber diese Membranleisten junge nachträgliche Seitenwände darstellen, dann ist es wahrscheinlicher, dass sie während ihres ganz kurzen Bestehens Membranleisten waren, als dass sie sich nachträglich in Membranleisten verwandelten. Dass aber das Foramen in diesen Membranleisten nicht als Folge eines Regenerationsvorganges entstanden ist, geht auch aus den Beobachtungen hervor, dass dieses Foramen häufig sehr eng ist, so dass sich die Eiweissspindel kaum durchziehen vermag. Demgegenüber sind die Foramina, die in dieser Mitteilung bei *Epiphyll-*

lum beschrieben wurden, viel grösser und zwar zumindest so gross, wie der Zellkern.

Fügen wir dem obenerwähnten noch die wichtige Tatsache hinzu, dass die durch Membranleisten getrennten Zellräume bei *Opuntia brasiliensis* je einen Zellkern besitzen, so dass sie sich auch nach dieser Eigenschaft von den Räumen unterscheiden, die die bei thylloider Verwundung entstehenden Leisten trennen, — dann müssen wir weiterhin die Ansicht vertreten, dass die bei *Opuntia brasiliensis* und hier bei *Epiphyllum* beschriebenen Membranleisten einen unterschiedlichen Charakter besitzen. Wir sind demnach auch weiterhin der Meinung, dass die Leisten von Typus *Opuntia brasiliensis* nachträgliche Membranen sind, die infolge mechanischer Ursachen die Zellen unvollkommen teilen und dass die Membranleisten von hier beschriebenem Typus die Reste der Membranen darstellen, die nach lokalisiertem sekundären Wachstum überblieben sind.

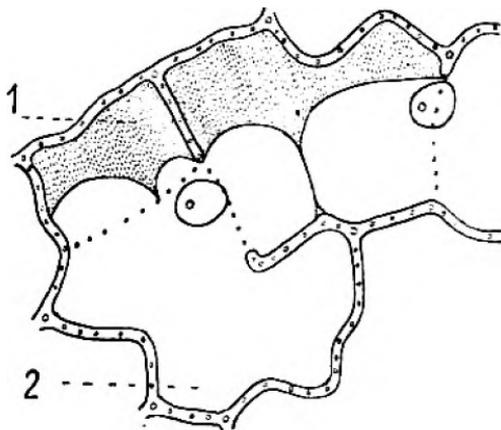


Abb. 9. Ausheilung in der Epidermis. In der Zelle 1 bildet sich eine Membranleiste, die aus nachträglichen Membranen zusammengesetzt werden wird.

Die Membranleisten bei *Epiphyllum* können doch noch in seltenen Fällen auf eine andere Weise entstehen. Wenn die Zellwand zwischen einer lebenden und einer toten Zelle nicht mit ihrer ganzen Oberfläche, sondern mit zwei oder mehreren Ausbuchtungen zu wachsen beginnt (wie z. B. die Zellwand auf der Abb. 9, welche die Zelle 1 von der Zelle 2 trennt), dann bildet sich zwischen zwei Ausbuchtungen eine Membranleiste. Die Abb. 9 veranschaulicht uns, wie sich innerhalb der Zelle 1 eine solche Membranleiste zu bilden beginnt.

Die nachträglichen Membranen, die wir hier infolge ihrer Zartheit mit einfachen Linien gekennzeichnet haben, bleiben allerdings nicht dauernd dünn, sondern verdicken bald. Deshalb sind nach gewisser Zeit die ursprünglichen und nachträglichen Zellwände nach ihrer Dicke nicht mehr zu unterscheiden.

ZUSAMMENFASSUNG

In der Epidermis von *Epiphyllum Bridgesii* kann man durch Anwendung von Karborundumpulver das Absterben einzelner Zellen hervorrufen, ohne dass dabei ihre Membranen stärker verändert werden. Das Absterben einzelner Epidermiszellen bei ein und derselben Pflanze kann aber auch aus anderen Gründen, bei den Exemplaren mit Eiweisspindeln auch infolge der Virusinfektion stattfinden. Diese kleinen Wunden können so verheilen, dass die Seitenwände zwischen toten und lebenden Zellen entweder mit ihrer ganzen Oberfläche oder nur mit einem ihren Teil wieder zu wachsen beginnen, und in die toten Zellen hineindringen um diese völlig auszufüllen. Die ausgewachsenen Zellen können sich hierbei nur thylloid vergrössern oder dazu noch teilen. Während ihres Wachstums dringt ein einzelner Zellschlauch häufig in mehrere abgestorbene Zellen hinein. In der Mitteilung sind auch einige Beispiele angeführt, die zeigen, dass man auch für grössere Epidermisteile kurze Zeit nach der Verletzung den Ausheilungsverlauf zu rekonstruieren vermag.

In ziemlich seltenen Fällen wurde beobachtet, dass auch die Subepidermiszellen abgestorbene Epidermisräume vernarben können.

Als Folge dieser Vernarbungsweise entstehen in der Epidermis anomale Membranleisten. Diese wurden in spindelhaltigen gleichwie in spindelfreien Exemplaren beobachtet. Das häufigere Auftreten von Membranleisten in virusinfizierten (spindelhaltigen) Exemplaren muss offenbar davon abhängen, dass in diesen unter dem Viruseinfluss mehrere Nekrosen in der Epidermis auftreten.

Während der Ausführung dieser Versuche, sowie der Verfertigung der beiliegenden Abbildungen war mir Fr. Dipl.-Biol. Ruža Luetić sehr viel behilflich, wofür ich ihr auch an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank ausspreche.

LITERATUR

- Amelunxen, F., 1956. Über die Strukturanalyse der Eiweisspindeln der *Cactaceae*. *Protoplasma* 45, 228.
- Jahrmann, F., 1913. Über Heilung von Epidermiswunden. *Centrbl. für Bakteriologie, Abt. II*, 37, 564.
- Kassner, P., 1910: Untersuchungen über Regeneration der Epidermis. *Ztschr. für Pflanzenkrankheiten* 20, 194.
- Linsbauer, K., 1930: Die Epidermis. Im Handbuch d. Pflanzenanatomie. Berlin.
- Miehe, H., 1901. Über Wanderung des pflanzlichen Zellkernes. *Flora* 88, 105. 1901.
- Miličić, D., 1954: Viruskörper und Zellteilungsanomalien in *Opuntia brasiliensis*. *Protoplasma* 43, 228.
- Miličić, D., und B. Plavšić, 1956: Eiweisskristalloide in Kakteen-Virussträgern. *Protoplasma* 46, 547.
- Rosenzopf, E., 1951: Sind Eiweisspindeln Virus-Einschlusskörper? *Phyton* 3, 95.

- Thaler, I., 1956: Proteinspindeln und anomale Zellwandbildung in der Epidermis viruskranker *Impatiens Holstii*-Pflanzen. *Protoplasma* 46, 755.
- Weber, F., und G. Kenda, 1952: Cactaceen-Virus-Eiweißspindeln. *Protoplasma* 41, 111.
- Weber, F., G. Kenda und I. Thaler, 1952: Viruskörper in Kakteen-Zellen. *Protoplasma* 41, 277.
- Ziegler, M., 1955. Untersuchungen über Wundreizreaktionen an Pflanzen. *Protoplasma* 44, 350.

SADRŽAJ

ZACJELJIVANJE RANA U EPIDERMI KAKTEJE *EPIPHYLLUM*

U epidermi kakteje *Epiphyllum Bridgesii* može se pomoću fino usitnjenog karborunduma izazvati ugibanje pojedinih epidermskih stanica, a da se pritom njihove membrane znatnije ne promijene. Ugibanje pojedinih stanica može u istoj epidermi nastati i iz drugih razloga, a kod primjeraka s proteinskim vretenima i zbog virusne infekcije. Ove male rane u epidermi mogu zacijeliti tako, da bočna membrana između žive i uginule stanice u cijelosti ili lokalizirano poprimi sposobnost rasta. Pomoću membrane, osposobljene za rast uraste jedna ili više susjednih stanica u uginule stanice i zauzme sasvim taj prostor. Urasle stanice mogu se pritom ili samo tiloidno povećati ili se usto još i dijele. U radnji su izneseni neki primjeri, koji pokazuju, da se i kod većih dijelova epiderme kratko vrijeme poslije ranjavanja mogu rekonstruirati procesi zacjeljivanja.

U dosta rijetkim slučajevima zapaženo je, da i subepidermske stanice mogu urasti i zacijeliti uginule prostore u epidermi.

Kao posljedica ovakvog načina zacjeljivanja nastaju u epidermi anomalne membranske prečage. Ove su bile zapažene i kod primjeraka s vretenima i kod primjeraka bez tih tijela. Češće postojanje prečaga u primjercima inficiranim virusima (primjerci s vretenima) mora potjecati od toga, što kod ovih primjeraka pod utjecajem virusa nastaju česte nekroze u epidermi.