©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Sind Eiweißspindeln Virus-Einschlußkörper?

Von

Edith ROSENZOPF

(Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität Graz)

Eingelangt am 12. XII. 1950

Abgesehen von aus Eiweiß bestehenden Gebilden, die in ausgeprägter Kristallform in Pflanzenzellen nicht selten auftreten und zwar entweder im Cytoplasma, im Zellkern oder in Plastiden und über die eine reiche Literatur vorliegt (vergl. KÜSTER, 1935) finden sich bei manchen Pflanzen auch Eiweißzelleinschlüsse von eigenartig spindel-, ring-, peitschen-, achterförmiger Gestalt. MOLISCH (1885) hat sie zuerst für die Epidermiszellen verschiedener *Epiphyllum*-Arten beschrieben. Weitere Angaben darüber liegen vor von CHMIELEWSKY (1887), MIKOSCH (1890, 1907), WAKKER (1892), GICKLHORN (1913), KÜSTER (1934), WEBER (1940). Ob diese Eiweißspindeln und die Eiweißkristalloide ganz allgemein als Reservestoffe aufzufassen sind, oder ob ihnen eine andere „Bedeutung" zukommt, darüber sind sich die Autoren nicht einig. Wenig beachtet wurden offenbar Bemerkungen, die KLEBAHN bereits 1928 über eine mögliche Ursache der Bildung von Eiweißkristalloiden gemacht hat. Er fand im Phloem Virus-kranker *Anemone nemorosa* Gebilde, die er Skolekosomen nannte. Es sind dies stäbchenförmige Eiweißkörper, deren Enden abgerundet sind oder sich in lange dünne Fäden fortsetzen. Ähnliche Körper, die auch aus Eiweiß bestehen, sah KLEBAHN in Mosaik-kranken Tabakpflanzen. Während die Skolekosomen auch in anscheinend gesunden Anemonen enthalten sein können, finden sich die Fadenbündel nur in Virus-kranken Tabakpflanzen. KLEBAHN nimmt nun an, daß die Gebilde ein geformtes Stoffwechselprodukt der erkrankten Pflanzen sind. Er zieht auch Analogien zu den von MOLISCH entdeckten Eiweißspindeln von *Epiphyllum* und spricht die Vermutung aus, daß es sich bei den Eiweißspindeln von *Epiphyllum* um ein Krankheitssymptom handeln könnte, das durch einen Virus-Erreger hervorgerufen wird. Eine experimentelle Stütze für diese Vermutung hat KLEBAHN allerdings nicht erbracht. Im Zuge meiner Untersuchungen über Eiweißspindeln (ROSENZOPF, 1949) habe ich auch die Frage geprüft, ob sich in Spindel-freien *Epiphyllum* Pflanzen durch „Infektion" Spindelbildung veranlassen läßt. Bei meiner Arbeit war mir die ausländische Literatur noch nicht bekannt, die über bei Virus-Infektion in Pflanzenzellen entstehende Eiweiß-Einschlußkörperchen bereits vorliegt. BAWDEN hat darüber 1950 im Kapitel „Internal Symptoms of In-

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

fected Plants" seines Buches über Pflanzen Virus und Virus-Krankheiten eine zusammenfassende Darstellung gegeben.

Die vorliegende Mitteilung berichtet kurz über Versuche, Argumente für oder gegen die Virus-Natur der Kakteen-Eiweißspindeln zu erbringen, ausführlichere Angaben finden sich in meiner Dissertation. Versuchspflanzen waren *Epiphyllum*- und *Pereskia*-Arten. Ein Teil der Pflanzen stammt aus den Gewächshäusern des Botanischen Gartens (Graz), ein anderer aus der Grazer Gärtnerei Ross.

Bei *Epiphyllum Bridgesii* und *Epiphyllum truncatum* wurden nur in solchen Pflanzen Eiweißspindeln gefunden, die auf *Pereskia aculeata* gepropft waren, wurzelechte Epiphyllen, das sind solche, die aus Samen oder Stecklingen gezogen waren, erwiesen sich stets als vollkommen frei von Eiweißspindeln. Dies steht in Widerspruch zu den Angaben von Molisch und von Mikosch, wonach Epiphyllum Pflanzen immer Eiweißkörper enthalten. In den aufgepfropften Pflanzen finden sich die Eiweißspindeln regelmäßig in den beiderseitigen Epidermiszellen der Kladodien sowie auch im subepidermalen Grundgewebe, in letzterem treten sie früher auf als in den Epidermiszellen. Ganz junge Sproßstücke sind immer frei von Spindeln. In der Regel ist in jeder Zelle nur eine Spindel anzutreffen, die Schließzellen sind frei von Eiweißspindeln. Da Virus-Erreger bei ihrer Ausbreitung von Zelle zu Zelle die Plasmodesmen benützen sollen, ist die Angabe von Interesse, daß zwischen Schließzellen und den übrigen Epidermiszellen keine Plasmabrücken vorhanden sein sollen.

Was die Form der Eiweißgebilde betrifft, so herrschen meist Spindeln vor, diese sind entweder schlank oder bauchig. Auffallend ist ihre Ähnlichkeit mit „Taktoiden". Es sei darauf hingewiesen, daß das Tabakmosaik Virus aus Lösungen zunächst in Form von doppelbrechenden Taktoiden ausfällt (Bawden, 1950, Fig. 40). Daß die *Epiphyllum* Spindeln doppelbrechend sind, hat Küster (1934) gezeigt; er bezeichnet sie, da sie oft fibrilläre Struktur erkennen lassen, als anisotrope „Fibrillenbündel". Im ausgewachsenen Zustand erstrecken sich die Gebilde über die ganze Länge der Zelle, vielfach sind sie dann an ihren Enden umgebogen. Besonders auffallend sind die selteneren Mondsichel-, Ring-, Achterschleifen-Gestalten, die sie annehmen können. Frappant ist im letzeren Falle die Ähnlichkeit mit den "fibrous inclusion bodies curved to form figures of 8", die Bawden in Fig. 12 seines Buches von einer Haarzelle einer Virus infizierten Tomaten-Pflanze abbildet.

Von *Pereskia* wurden folgende Arten zu den Versuchen verwendet: *P. aculeata, P. grandifolia, P. Sacharosa.* Es fanden sich in den von mir untersuchten Exemplaren nur bei *Pereskia aculeata* Eiweißspindeln. Die Verteilung der Proteinkörper in Epidermis und Parenchym des *Pereskia*-Blattes ist wie bei *Epiphyllum* inselartig, nur sind die einzelnen Inseln

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

bei *Pereskia* kleiner und die Entfernung von der einen zur anderen weitaus größer. Während bei normal beblätterten *Pereskia aculeata*-Pflanzen die Eiweißspindeln hauptsächlich in den Blättern lokalisiert sind, kommen sie bei Entblätterung der Pflanze nach einiger Zeit in verstärktem Maße im Mark und Rindenparenchym des Stammes vor und zwar regelmäßig in der Nähe der Leitbündel.

Um zu prüfen, ob die Fähigkeit, Eiweißspindeln zu bilden, von einer spindelhaltigen Pflanze auf eine spindelfreie übertragen werden kann, wurden 1. Pfropfungen, 2. Transplantationen und 3. Injektionen von Gewebesaft vorgenommen.

1. Pfropfversuche:

Die Pfropfversuche, bei denen einerseits spindelhaltige Pflanzen als Unterlage und spindelfreie als Pfropfreis verwendet wurden, anderseits aber umgekehrt spindelfreie als Unterlage und spindelhaltige als Reis, haben zu dem Ergebnis geführt, daß das Agens, welches die Spindelbildung veranlaßt, von der Unterlage in das Reis und umgekehrt übergehen kann. Die Tabelle gibt einen Überblick über die Versuche. Das Pluszeichen bedeutet, daß nach gelungener Verwachsung die die Spindelbildung veranlassende Substanz in den vorher spindelfreien Pfropfpartner übergegangen ist und in diesem Spindelbildung eingesetzt hat. Wenn beide Partner spindelfrei waren, dann trat auch nach der Verwachsung in keinem derselben Spindelbildung auf; dies wird in der Tabelle mit dem Minuszeichen vermerkt.

Unterlage	Reis	Ergebnis
Pereskia aculeata spindelhaltig	Epiphyllum Bridgesii spindelfrei	+
Pereskia aculeata spindelhaltig	Epiphyllum truncatum spindelfrei	+
Epiphyllum Bridgesii spindelfrei	Epiphyllum Bridgesii spindelhaltig	+
Epiphyllum Bridgesii spindelfrei	Epiphyllum Bridgesii spindelfrei	—
Pereskia Sacharosa spindelfrei	Epiphyllum Bridgesii spindelfrei	—
Pereskia Sacharosa spindelfrei	Epiphyllum Bridgesii spindelhaltig	+

Bis zur Verwachsung zwischen einer *Pereskia aculeata* und einem *Epiphyllum*-Sproß dauert es im Sommer etwa drei bis vier Wochen, nach ca. drei Wochen zeigen sich in dem vorher spindelfreien *Epiphyllum*-Sproß die ersten Eiweißspindeln. Leicht gelingen auch die Verwach-

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

sungen zweier Epiphyllen, schwer die zwischen *Pereskia Sacharosa* und *Epiphyllum*. Wie aus der Tabelle ersichtlich, ist es für den „Erfolg" belanglos, ob als „Infektionsquelle" die Unterlage dient und der Einfluß von unten nach oben erfolgt oder ob das Reis das infektiöse Agens enthält und dieses seinen Weg von oben nach unten nehmen muß. (Über Wege und Richtung der Virus-Wanderung in der Pflanze siehe BAWDEN 1950: 288). Sind Eiweißspindeln nach gelungener Pfropfung einmal in dem vorher spindelfreien Partner festgestellt, so sind sie darin auch weiterhin zu finden und zwar selbst dann noch, wenn die beiden Pfropfkomponenten wieder getrennt wurden und der gegenseitige Einfluß dadurch aufgehoben ist.

2. Transplantationen:

Vom Sproß einer Spindel-freien Pflanze wurde durch Flächenschnitt ein Epidermisstück abgehoben und in die so hergestellte Wunde ein gleich großes Stück der Oberhaut von einem Spindel-haltigen Sproß eingefügt. Die Versuche führten durchaus zu dem gleichen Ergebnis wie die Pfropfungen und die im folgenden zu schildernden Injektionen, es sei daher nicht näher darauf eingegangen.

3. Impfungen:

Der Gewebesaft zu den Impfungen wurde in der Weise gewonnen, daß Epidermis-Flächenschnitte in einer Reibschale zu einem Brei zerrieben wurden. Der Saft wurde in eine Injektionsspritze aufgesaugt und „subkutan" in den zu infizierenden Sproß eingespritzt. Die Epidermis wurde dabei häufig vorübergehend durch eine Anschwellung aufgetrieben.

Spindelfreie *Epiphyllum Bridgesii*- und *E. truncatum*-Pflanzen wurden so mit dem Saft geimpft, der aus durch Propfung auf *Pereskia aculeata* spindelführend gewordenen *Epiphyllum Bridgesii*-Pflanzen gewonnen wurde. Frühestens fünf bis sechs Wochen nach der Injektion treten in der Umgebung der Impfstelle die ersten Proteinkörper auf. Der Bereich der Spindelbildung, der anfangs nur wenige Millimeter im Durchmesser beträgt, breitet sich dann weiter radial nach allen Richtungen aus.

Analoge Versuche wurden mit *Epiphyllum Bridgesii* ausgeführt, die mit Saft aus *Pereskia aculeata* geimpft wurden. Das Ergebnis entsprach dem der vorhergehenden Versuchsreihe.

Um zu prüfen, ob es etwa auch dann zu einer Spindelbildung kommt, wenn eine Spindel-lose *Epiphyllum*-Pflanze mit einem Spindelfreien Pflanzensaft geimpft wird, wurden wurzelechte *Epiphyllum Bridgesii*-Pflanzen mit von Spindelsubstanz freiem Saft einer anderen wurzelechten Pflanze geimpft. Es kam in der injizierten Pflanze zu keiner Spindelbildung. Auch Injektion von Wasser allein veranlaßt kein Auftreten von Spindeln. Alle Impfversuche sprechen also dafür, daß im Gewebesaft spindelhaltiger Kakteen ein Agens enthalten ist, das, wenn

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

es in spindelfreie verwandte Pflanzen eingeführt wird, in diesen nach einiger Zeit zur Bildung von Spindeln Anlaß gibt.

Es war von Interesse zu wissen, ob das „infektiöse" Agens hitzeempfindlich ist. Gewebesaft von spindelenthaltenden *Epiphyllum Bridgesii* und *Pereskia aculeata*-Pflanzen wurde in geschlossenen Gefäßen bis zu einer Stunde im Thermostaten auf bis zu 70 Grad erhitzt. Nach Injektion des vorher erhitzten Gewebesaftes in spindelfreie Sprosse zeigte sich lange Zeit keine Reaktion, erst nach drei bis vier Monaten ließ sich das vereinzelte Auftreten von Spindeln feststellen. Es ist bekannt, daß Virus-haltiger Gewebesaft relativ hitzebeständig ist. Wird der Saft spindelhaltiger Pflanzen durch einige Minuten im siedenden Wasserbade erhitzt, so verliert er dadurch seine Infektionstüchtigkeit, das heißt damit geimpfte spindellose *Epiphyllum Bridgesii*-Pflanzen bildeten darauf hin in keinem Falle Spindeln aus.

Es blieb noch zu untersuchen, ob der Gewebesaft aus Eiweißspindeln-enthaltenden Pflanzen nach Passage durch ein Bakterien-dichtes Filter seine Fähigkeit beibehält, in Pflanzen, die keine Spindeln haben, die Spindelbildung zu veranlassen. Saft aus gut zerkleinerten gepfropften *Epiphyllum Bridgesii*-Sprossen sowie aus Blättern von *Pereskia aculeata* wurde durch den Berkefeld-Filter filtriert und hierauf in Kladodien spindelfreier Epiphyllen eingeimpft. Es dauerte ungefähr drei Monate bis in der Umgebung der Impfstelle die ersten Eiweißspindeln aufgefunden werden konnten. Die relativ lange Dauer der Reaktionszeit mag damit zusammenhängen, daß diese Versuche im Spätherbst bei relativ tiefer Temperatur durchgeführt wurden und daß es infolge Schwierigkeiten der Filtration nötig war, den Gewebesaft stark zu verdünnen. Da das Impfergebnis aber schließlich doch positiv war, darf man schließen, daß nicht etwa im Gewebe enthaltene Bakterien die Ursache der Spindelbildung sein können.

Die Ergebnisse der mitgeteilten Versuche machen es demnach wahrscheinlich, daß die Eiweißspindel-Bildung in den untersuchten Kakteen nur in solchen Pflanzen vor sich geht, die Virus enthalten. Es soll die Frage nicht erörtert werden, ob die Eiweißspindeln ganz oder zum großen Teil aus Virussubstanz bestehen oder Produkte des durch die Virus-Infektion modifizierten Stoffwechsels der Zelle sind. Diese Frage wurde für die Eiweißkristalloide, die in viruskranken Pflanzen auftreten, immer wieder diskutiert. (Vergl. EICKE & KÖHLER 1943, BAWDEN 1950).

Gegen einen Zusammenhang zwischen dem Auftreten der Spindeln in den Geweben der Kakteen und einer Virus-Infektion scheint zunächst zu sprechen, daß ja an den betreffenden Kakteen durchaus keine Krankheitserscheinungen zu beobachten sind. Es ist aber zu bedenken, daß man heute schon zahlreiche Fälle kennt, daß Pflanzen Virus-Träger sind, ohne dabei krank zu sein. (BAWDEN 1950, SMITH 1948.)

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Falls die Vermutung, daß die Eiweißspindeln, die in den Kakteen vorkommen, in ihrer Entstehung Virus-bedingt sind, eine definitive Bestätigung finden sollte, so wäre daran zu denken, ob nicht auch andere Vorkommen von Eiweißkristalloiden in Pflanzen in gleicher Weise im Zusammenhang mit einer Virusinfektion stehen. Das gilt nicht nur für Eiweißkristalloide, die im Cytoplasma auftreten, sondern auch für solche des Zellkernes. Bei nachweisbar viruskranken Pflanzen, z. B. von *Nicotiana Tabacum* wurden ja bereits Eiweißkristalle im Zellkern gefunden. (BAWDEN 1950.)

Zusammenfassung

Es wird die Ansicht vertreten, daß die in Kakteen (*Epiphyllum*, *Pereskia*) vorkommenden Eiweißspindeln Virus-Einschlußkörper sind.

Dafür spricht:

1. Bei Pfropfung geht das die Spindelbildung veranlassende Agens von den spindelhaltigen auf den spindelfreien Pfropfpartner über.

2. Injektion von Gewebesaft spindelhaltiger Pflanzen in spindelfreie hat das Entstehen von Eiweißspindeln in den vorher spindelfreien zur Folge.

3. Das im Gewebesaft enthaltende Agens behält seine Wirksamkeit bei Erhitzen bis auf 70° C, nicht aber beim Kochen.

4. Der Saft spindelhaltiger Pflanzen behält seine Infektionstüchtigkeit beim Passieren des Berkefeld-Filters.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, daß die Eiweißkristalloide auch anderer Pflanzen Virus-Einschlußkörper sind, selbst dann, wenn diese Pflanzen sonst keine Krankheitssymptome zeigen.

Literatur

BAWDEN, 1950: Plant Viruses and Virus Diseases. Waltham, Mass., U. S. A.

CHMIELEWSKY 1887: Eine Bemerkung über die von MOLISCH beschriebenen Proteinkörper in den Zweigen von *Epiphyllum*. Bot. Zbl. 31.

EICKE und KÖHLER, 1943: Beobachtungen an den Eiweißkristallen der Kartoffelsorte „Juli". Protoplasma 38.

GICKLHORN, 1913: Über das Vorkommen spindelförmiger Eiweißkörper bei *Opuntia*. Österr. bot. Zeit. 63.

KLEBAHN, 1925: Die Alloiophyllie der *Anemone nemorosa* und ihre vermutliche Ursache. Planta 1.

— 1928: Experimentelle und cytologische Untersuchungen im Anschluß an Alloiophyllie und Viruskrankheiten. Planta 6.

KÜSTER, 1934: Anisotrope Fibrillenbündel in Pflanzenzellen. Ber. deutsch. botan. Ges. 52.

— 1935: Die Pflanzenzelle. Jena.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

MIKOSCH, 1890: Über ein neues Vorkommen geformten Eiweißes. Ber. Deutsch. Botan. Ges. 8.

— 1907: Über den Einfluß des Reises auf die Unterlage. Wiesner-Festschrift. Wien.

MOLISCH, 1885: Über merkwürdig geformte Proteinkörper in den Zweigen von *Epiphyllum*. Ber. deutsch. botan. Ges. 3.

ROSENZOPF, 1949: Beiträge zur Kenntnis der Eiweißspindeln. Diss. Univ. Graz.

SMITH, 1948: Plant Viruses. London.

WAKKER, 1892: Ein neuer Inhaltskörper der Pflanzenzelle. Jahrb. wiss Botan. 23.

WEBER, 1940: Eiweißspindeln von *Valerianella*. Protoplasma 34.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Phyton, Annales Rei Botanicae, Horn

Jahr/Year: 1951

Band/Volume: 3_1_2

Autor(en)/Author(s): Rosenzopf Edith

Artikel/Article: Sind Virus-Einschlußkörper? 95-101