

in keinem der Jahre erreicht. Allenfalls werden dort in den Jahren 1929 und 1932 die Lupinen einigermaßen geplatzt sein. Von den untersuchten 8 Jahren waren in Liegnitz 7, in Müncheberg 4 und in Treuburg 0 Jahre für die Auslese von nichtplatzenden Lupinen günstig. Besonders günstig waren in Liegnitz 3 und in Müncheberg 2 Jahre.

Ein Vergleich zwischen Orten der anderen als günstig herausgefundenen Gebiete Deutschlands (Nürnberg, Pfalz) und Orten der Norddeutschen Tiefebene würde ähnliche Ergebnisse zeitigen.

#### Literatur.

SENGBUSCH, R. v., u. K. ZIMMERMANN: Züchter 1937, 57—65. — SENGBUSCH, R. v., u. K. ZIMMERMANN: Züchter 1937, 225—231.

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Züchtungsforschung, Erwin Baur-Institut, Müncheberg/Mark).

## Abriß über den derzeitigen Stand der Virusforschung.

(Sammelreferat.)

Von **H. Schwalb**.

Mit 7 Textabbildungen.

Die Virusliteratur hat in letzter Zeit infolge intensiver Bearbeitung einen außerordentlichen Umfang angenommen, weshalb es dem praktischen Züchter nicht immer möglich ist, sich laufend zu unterrichten. In folgendem soll daher in kurzer Zusammenfassung ein Überblick über den heutigen Stand der Virusforschung gegeben werden.

Als es erstmalig gelang, bakterielle Erreger menschlicher und tierischer Infektionskrankheiten mikroskopisch nachzuweisen, stürzte sich die Forschung auf dieses neue Gebiet, und glaubte nun, alle Krankheiten, für welche man noch keine Ursache kannte, auf Bakterien zurückführen zu können. Die Bakterien besitzen eine ungefähre Mindestgröße von 250 m $\mu$  und werden von entsprechend feinen Filtern zurückgehalten. Im Jahre 1886 hat ADOLF MAYER (12) an Tabak eine Krankheit untersucht, das Tabakmosaik, welche er durch Preßsaft von Pflanze zu Pflanze übertragen konnte. Sechs Jahre später beschäftigte sich IWANOWSKY (7) mit derselben Krankheit und stellte fest, daß das infektiöse Agens im Gegensatz zu Bakterien auch durch die feinsten Filter hindurch ging. Unabhängig von diesen Arbeiten machten LÖFFLER u. FROSCHE (10) (1897) mit dem Erreger der Maul- und Klauenseuche dieselbe Erfahrung. Diese und weitere Untersuchungen führten zur Entdeckung einer Reihe, vor allem menschlicher und tierischer filtrierbarer Krankheiten unbekannter Ursache. Sie wurden alle zu einer Gruppe zusammengefaßt und erhielten nach verschiedenen Vorschlägen die Bezeichnung „Viren“. Die Filtrierbarkeit des infektiösen Agens wurde dabei als Kriterium angesehen, ohne daß eine einheitliche Ansicht über die Art der Erreger bestand.

Die medizinische Forschung der Viruskrankheiten hatte bereits schöne Erfolge zu verzeich-

nen, als die Untersuchung pflanzlicher Viren noch sehr im argen lag. Es wurde erst dann mit einer intensiven Bearbeitung begonnen, als erkannt wurde, daß eine Reihe sehr verbreiteter, stark schädigender Pflanzenkrankheiten durch Viren verursacht werden.

#### Vorkommen.

Die Zahl der heute bekannten Virusarten beträgt einige Hundert. Sie rufen außer an Pflanzen, Menschen und Haustieren auch an Fischen, Vögeln und sogar an Insekten infektiöse Erkrankungen hervor.

Die pflanzenpathogenen Viren sind vor allem an krautigen Gewächsen anzutreffen, seltener an Sträuchern oder Bäumen. An Farnen sind sie bereits beobachtet worden. Ihr Vorkommen an niederen Pflanzen, wie Algen und Pilzen, ist vorläufig noch nicht bekannt, aber wahrscheinlich. Die überwiegende Mehrzahl der Kulturpflanzen, wie z. B. Kartoffeln, Tabak, Tomaten, Hülsenfrüchte, Rüben, Getreidearten, Wein, Zuckerrohr, von den Sträuchern: Johannis-, Stachel- und Himbeeren und von den Bäumen: Pflaumen- und Pfirsichbäume, werden von Viren befallen.

Die einzelnen Virusarten sind nicht immer auf eine einzige Pflanzenart beschränkt. Sie können auch bei verschiedenen Gattungen und sogar Familien auftreten. So ist das „Gurkenmosaik“ (Cucumis Virus I) außer auf Cucurbitaceen auch auf Ranunculaceen, Cruciferen, Violaceen, Chenopodiaceen, Leguminosen, Umbelliferen, Solanaceen, Gramineen und einer Reihe anderer Familien zu finden. Eine Pflanze braucht aber nicht immer nur mit einem Virus infiziert zu sein, sie kann auch von mehreren Virusarten gleichzeitig befallen werden. Solche Mischinfektionen haben häufig bei sonst harmlosen Viren eine starke Schädigung zur Folge.

## Symptome.

Meistens tritt bei Virusinfektion eine allgemeine Vitalitätsschwächung auf, die bei den Kulturpflanzen mit einer quantitativen und oft auch



Abb. 1. Tabakpflanze infiziert mit Tabakmosaik-Virus. (Nach SMITH aus dem Textbook of plant virus diseases.)

qualitativen Ertragsminderung verbunden ist. Rein äußerlich betrachtet lassen sich drei Hauptgruppen von Befallsbildern unterscheiden, die



Abb. 2. Fleck-Strichelnekrosen auf Kartoffelblatt infiziert mit Y-Virus. (Nach SMITH aus dem Textbook of plant virus diseases.)

mehr oder weniger stark ausgeprägt sein können und auch verschiedene physiologische Veränderungen in der Pflanze zur Folge haben.

1. Mosaik, 2. Fleck- und Strichelnekrosen, 3. Blattroll.

1. Die Mosaiksymptome äußern sich in Flek-

kung und Chlorose der Blätter und können manchmal von Blattdeformationen begleitet sein (Abb. 1). Sie beruhen darauf, daß das Chlorophyll in der Ausbildung stellenweise gehemmt wird. Diese Störungen sind in vielen Fällen nur vorübergehend. Es kann jedoch auch eine vollkommene Zerstörung des Chlorophyllapparates eintreten. Die Mosaik verursachenden Viren sind meist harmloser Art und rufen auf vielen Pflanzen nur geringe Schädigungen hervor. Auf manchen Pflanzen können sie jedoch schwere nekrotische Krankheitssymptome auslösen, die



Abb. 3. Blattrollsymptome bei Kartoffelpflanze. (Nach SMITH aus dem Textbook of plant virus diseases.)

sogar zum Absterben der Pflanze führen können. So zeigen die Mosaikviren der Tomaten und Kartoffeln auf diesen oft nur eine ganz schwache hell- und dunkelgrüne Fleckung, erzeugen jedoch auf Tabak starke, oft letale Ringnekrosen.

2. Fleck- und Strichelnekrosen erscheinen als helle bzw. dunkle Punkte, Flecke und Ringe an den Blättern oder als dunkle Striche an Blattnerven und Stengel der befallenen Pflanzen (Abb. 2). Sie werden durch Absterben von Zellen verursacht, welches weiterschreitend zum Absterben von ganzen Zell- und Gewebepartien führt. Daher sind die nekrotischen Erkrankungen mit starken Schädigungen verbunden. Allerdings kann hier ebenso wie bei den Mosaikviren auf einigen Pflanzen die Schädigung eine andere, in diesem Fall eine schwächere sein.

3. Die Blattrollsymptome bestehen in einem Rollen der Blätter, begleitet von mehr oder weniger starker Chlorose (Abb. 3). Charakteristisch

für diese Art von Krankheiten ist die Anhäufung von Stärke in den Blättern. Für die Ursache dieser Erscheinung werden z. T. veränderte enzymatische Vorgänge verantwortlich gemacht, in deren Folge ein Absterben der Phloënzellen eintreten soll (6). Z. T. wird angenommen, daß auf Grund nekrotischer Befallserscheinungen im Phloëm die Beförderung der Stärke unterbrochen wird und dadurch die Stärkeschoppung eintritt (16). Die im weiteren Verlauf der Krankheit auftretende Chlorose soll durch eine Schädigung der Chloroplasten als Folge der Stärkeansammlung hervorgerufen werden. Die an den Pflanzen verursachten Schäden sind meist sehr stark.

Bei allen drei Arten der Befallsbilder können Primär- und Sekundärsymptome unterschieden werden. Die Primärsymptome bestehen in örtlichen Läsionen an den Infektionsstellen, die Sekundärsymptome beruhen auf vollständiger Durchdringung der Pflanze mit dem Virus und sind genereller Natur. Das mikroskopische Bild viruskranker Pflanzen weist neben Kerndeformationen und Zellzerstörungen manchmal eigenartige intrazelluläre Einschlüsse auf. Sie sind unter dem Namen Einschuß- oder X-Körperchen bekannt. Sie liegen in der Nähe des Kernes, haben einen Durchmesser von 5—30  $\mu$  und sind in Zellen gesunder Pflanzen noch nicht beobachtet worden. Sie haben meist runde oder längliche Form, sind von amorpher Struktur und zeigen typische Vakuolenbildung (Abb. 4). Für gewöhnlich ist in jeder Zelle ein Einschußkörperchen enthalten, es können aber auch mehrere darin vorkommen. Diese Zelleinschlüsse wurden am häufigsten bei den Mosaikkrankheiten, beispielsweise aber noch nicht bei dem Blattroll der Kartoffel gefunden. Außer ihnen gibt es noch eine zweite Art von Zelleinschlüssen, die in Form von kristallinen Platten auftreten. Über das Wesen der Einschußkörperchen besteht noch keine volle Klarheit, es wurde jedoch festgestellt, daß in ihrer Umgebung der infektiöse Stoff stark angehäuft ist.

#### Übertragung.

Die Verbreitung der Viren von Pflanze zu Pflanze kann in der Natur auf verschiedene Weise erfolgen. Die wichtigsten Übertragungsarten sind die Infektion durch den Boden, auf mechanischem Wege und durch Insekten, wobei letztere die weitaus größte Rolle spielt. In eingehenden Untersuchungen wurde festgestellt, daß die einzelnen Virusarten einen oder mehrere

spezifische Überträger besitzen und daß zwischen deren Auftreten und dem Virusbefall eine direkte Beziehung besteht. Für die meisten Viren sind Überträger bekannt, die vor allem der Ordnung der Hemipteren und ihren beiden Unterordnungen der Heteroptera und Homoptera angehören. Auch Viren von geringer Haltbarkeit und kurzer Lebensdauer in vitro können auf diese Art verbreitet werden. Das übertragende Insekt kann beim Saugen an kranken Pflanzen das Virus aufnehmen, ohne daß irgendwelche inaktivierenden äußeren Einflüsse dabei einwirken

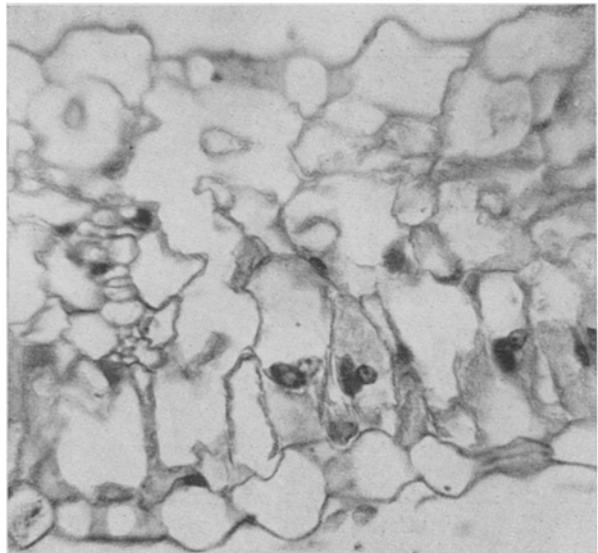


Abb. 4. Intrazelluläre Einschlüsse bei *Datura stramonium* infiziert mit Kartoffel-X-Virus. (Nach SMITH aus dem Handbuch der Virusforschung von DOERR und HALLAUER.)

und in seinem Körper erhalten. Das Virus gelangt durch den Speichel in den Darm, geht in das Blut über und kehrt in die Speicheldrüsen zurück. Die Infektion gesunder Pflanzen kann bei manchen Viren unmittelbar nach ihrer Aufnahme erfolgen, meist muß jedoch eine gewisse Zeit, die sogenannte Inkubationszeit verstreichen. Diese Tatsache wird verschieden begründet. Es werden die Möglichkeiten in Erwägung gezogen, daß im Tier eine Änderung des infektiösen Stoffes vor sich geht oder daß es sich um die Zeit handelt, welche für den Kreislauf der Viren im Tier benötigt wird. Teilweise wird aber auch vermutet, daß die aufgenommene Virusmenge zu gering sei und erst eine Vermehrung im Insekt stattfinden müßte. Das Tier wäre in solchem Falle als Zwischenwirt anzusehen.

Die Virusübertragung durch den Boden kommt nur für eine geringe Zahl der Krankheiten in

Frage. Sie ist z. B. für das Tabakmosaik-Virus erwiesen.

Die Kontaktinfektion dürfte für diejenigen Viren von Bedeutung sein, bei denen keine Insektenübertragung festgestellt werden konnte. Es handelt sich hier vor allem um einige Mosaik verursachende Viren, deren Übertragungsmöglichkeiten noch nicht vollständig geklärt sind.

#### Reindarstellung.

Einen wesentlichen Fortschritt im Studium der Viren bedeutet die Möglichkeit ihrer Reindarstellung. STANLEY (15) gelang es als erstem, das Tabakmosaik-Virus in Form von Kristallen

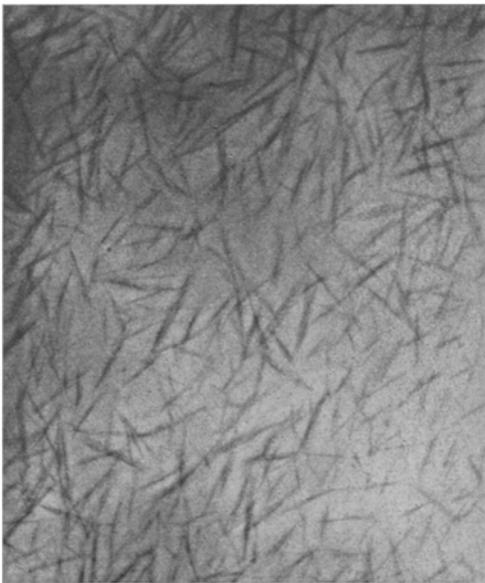


Abb. 5. Nadel förmige Kristalle von Tabakmosaik-Virus. (Nach STANLEY aus *Phytopath.* 26.)

zu isolieren und als hochmolekulares Eiweiß zu bestimmen. Heute können bereits eine Reihe pflanzlicher, sowie einige carcinogene Viren rein dargestellt werden. Hierbei lassen sich zwei Wege beschreiten, die chemische Reinigung und die Isolierung mit Hilfe der Ultrazentrifuge.

Die Viren besitzen wie jedes Protein einen bestimmten isoelektrischen Punkt, bei dem sie sich am leichtesten aussalzen lassen, ohne daß dabei wesentliche Mengen anderer Eiweiße aus Lösung gehen. Durch Auflösen und Fällen in mehrfacher Wiederholung läßt sich eine weitgehende Reinigung erzielen. Zunächst muß der Pflanzensaft des kranken Materials geklärt werden. Das geschieht mit Filtration durch verschiedene Substanzen. Bei vorherigem Erhitzen auf 70° C koagulieren verschiedene Eiweiße, wodurch das Filtrieren beschleunigt wird. Bei

wenig hitzeresistenten Viren wird statt dessen Kohlendioxyd durchgeleitet. Die schärfste Abtrennung von Viruseiweiß erfolgt durch Ausfällen mit Ammoniumsulfat. Häufig wird es auch durch Adsorption an gereinigte Infusorien-erde oder auch an Gips isoliert. Das Entfernen der Farbstoffe kann durch wiederholtes Fällen, durch Absorptionsmittel, durch Zentrifugieren und andere Methoden erfolgen.

Die Reinigung der Viren mit Hilfe der Ultrazentrifuge beruht darauf, daß die relativ schweren Virusteilchen durch Verstärkung der Zentrifugalkraft aus einer Lösung niedergeschlagen werden können. Der Pflanzensaft kommt abwechselnd in eine gewöhnliche Zentrifuge, wo er in Lösung bleibt und nur gröbere Bestandteile ausgeschieden werden, und in die Ultrazentrifuge, wo sich das Virus absetzt. Mit dieser Methode lassen sich auch weniger stabile Viren isolieren.

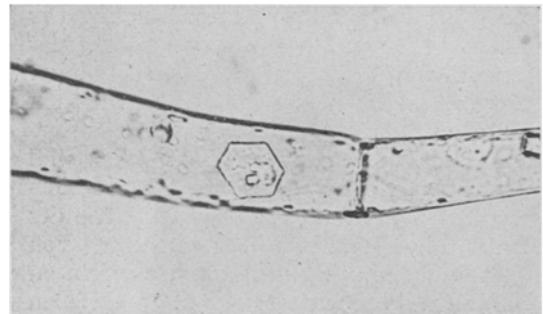


Abb. 6. Hexagonale Kristalle von Tabakmosaik-Virus in Haarzellen von *Nic. tab.* (Nach KAUSCHE (9).)

Das gereinigte Virus ist, wie bereits erwähnt, chemisch als Eiweiß, und zwar als Nucleoprotein zu betrachten. Die Eigenschaften des Viruseiweißes wurden besonders eingehend an Tabakmosaik-Virus studiert, da es sich auf Grund seiner leichten Gewinnung und hohen Stabilität besonders hierfür eignet. Seine wässrige Lösung ist opalescent und farblos und bildet nach einiger Zeit ruhigen Stehens zwei Schichten, deren untere infolge hoher Viruskonzentration Doppelbrechung aufweist, während die obere nur bei Bewegung diese Erscheinung zeigt. Die von STANLEY (15) isolierten Viruskristalle sind keine echten Kristalle, da ihre Anordnung nur in zwei Richtungen regelmäßig ist. Sie entstehen dadurch, daß sich langgestreckte Virusteilchen seitlich aneinanderlegen (Abb. 5). In den Haarzellen tabakmosaikkranker Pflanzen gelang es aber bereits, hexagonale Kristalle nachzuweisen (Abb. 6). Sie konnten auch *in vitro* erhalten werden, wobei die Beobachtung gemacht wurde, daß sie bei geeigneten Bedingungen in nadel-

förmige Gebilde übergehen können (9). Aus Tomaten konnte ein Virus (Bushy stunt) in rhombischer Kristallform abgeschieden werden (Abb. 7). Dagegen ist das Kartoffel-X-Virus noch nie in Form von Kristallen ausgefällt worden.

Auf Grund chemischer Analyse enthält das Tabakmosaikweiß 51% C, 7,1% H, 16,7% N,  $\pm 0,5\%$  S und 0,5% P. Beim Erhitzen zerfällt das Viruseiweiß in Nucleinsäure und denaturiertes Eiweiß. Es ist zu bemerken, daß diese Nucleinsäure jedoch andere Eigenschaften besitzt, als die der Zellkerne und der meisten Mikroorganismen.

Die gleiche pathologische Wirkungsweise verschiedener chemischer Substanzen und einiger carcinogener Viren ist für die chemische Charakterisierung der Viren von Interesse. Eine Reihe biologischer Beziehungen zwischen krebserzeugenden Kohlenwasserstoffen und Viren konnten festgestellt werden. Es erwies sich, daß das besonders stark cancerogen wirkende Methylcholanthren in die Gruppe der Steroide zu rechnen ist, der eine Reihe lebenswichtige Biokatalysatoren, wie Gallensäuren, D-Vitamine, Herzgifte der Digitalisgruppe, verschiedene Hormone, viele Saponine und andere angehören. Bisher ist es jedoch nicht gelungen, weitere Stoffe von gleicher Wirkung aus den Steroiden darzustellen. Das Problem cancerogener Stoffe und die Frage der Beziehungen zwischen ihnen und den Viren hat in letzter Zeit eingehende Bearbeitung erfahren, wie aus einer zusammenfassenden Darstellung von BUTENANDT (3) zu ersehen ist.

Eine außerordentlich wichtige Vergleichsmöglichkeit sowohl zwischen den einzelnen Virusarten als auch zwischen den Viren und anderen Eiweißstoffen ist die *Teilchengröße*. Sie wird ebenso wie die der Moleküle durch den Durchmesser ausgedrückt. Die Elemente ein und derselben Virusart sind im allgemeinen gleich groß, d. h. es ist ihnen ein konstanter Größenbereich zugeordnet. Die Messung kann mit Hilfe drei verschiedener Methoden vorgenommen werden. Die Ultrafiltration, bei welcher Filter mit kolloidalen Dimensionen Verwendung finden und die Zentrifugalanalyse mit Errechnung der Teilchengröße aus der Sedimentationsgeschwindigkeit sind indirekte Messungen. Eine direkte Größenbestimmung gestattet die Mikrophotographie im ultravioletten Licht. Sie ermöglicht eine besonders genaue Messung der Virusteilchen. Neuerdings wird die Teilchengröße auch mit Hilfe des Elektronenmikroskopes festgestellt.

Die Abgrenzung der Virusarten gegen andere Infektionsstoffe ist noch nicht übereinstimmend festgestellt. Im Mittel können 250 m $\mu$  als maximale Größe angesehen werden, was ungefähr dem Virus der Psittakose (Papageienkrankheit) entspricht, der kleinste Durchmesser beträgt im Mittel 10 m $\mu$  und ist der des Virus der Poliomyelitis (spinalen Kinderlähmung). Im Gegensatz zu den menschlichen und tierischen Viren ist eine exakte Größenbestimmung der pflanzenpathogenen Viren mit Schwierigkeiten verbunden. Meist wurden für die einzelnen Virusarten sehr unterschiedliche Resultate erhalten. Bei Filtration im gleichen Medium wurden an-

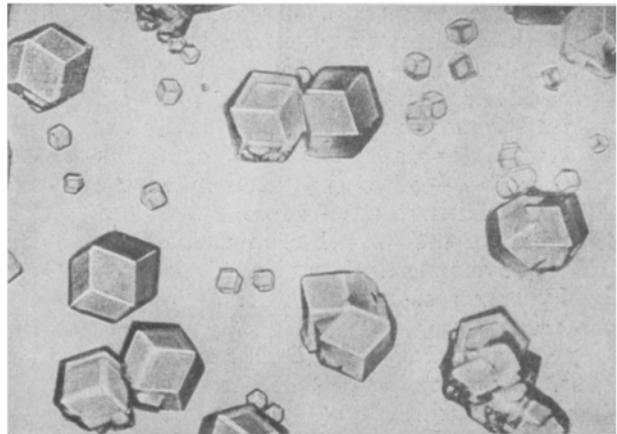


Abb. 7. Rhombische Kristalle von Bushy stunt-Virus in vitro. (Nach BAWDEN und PRILL aus Plant virus and virus diseases von BAWDEN.)

dererseits für eine Reihe pflanzlicher Viren sehr ähnliche Werte von ungefähr 15 m $\mu$  ermittelt. Weitere Untersuchungen ergaben für Tabakmosaikvirus bei Verwendung der Ultrafiltration 21 m $\mu$ , bei Zentrifugieren 50 m $\mu$ . Verhältnismäßig einheitliche Ergebnisse zeigten das Bushy stunt-Virus der Tomaten und das Tabaknekrosenvirus mit einer Teilchengröße von 15–20 m $\mu$ . Im Vergleich zu den Viren beträgt die Molekülgröße des Oxyhämoglobins 4–5 m $\mu$ , die des Hämocyanins 22–24 m $\mu$ . Das bedeutet, daß das Volumen eines Viruselementes dem eines Eiweißmoleküles gleich sein kann. Es gibt aber auch größere Viruselemente, die mehreren Eiweißmolekülen von niedrigem Molekulargewicht entsprechen.

#### Physikalische Einwirkungen.

Zur näheren Bestimmung der Viren ist ihr Verhalten gegenüber verschiedenen physikalischen Einwirkungen von Bedeutung. Zum Teil ist es dem der Bakterien sehr ähnlich. In der

Empfindlichkeit bestehen zwischen den einzelnen Virusarten oft wesentliche Unterschiede.

Stärkeres *Erhitzen* vertragen die Viren nur schlecht, sie werden bei verhältnismäßig niedrigen Temperaturen inaktiviert. Gurkenmosaik-Virus verliert bei 60—70° C seine Infektionskraft, Kartoffel-Y-Virus bei 52° C, Kartoffel-X-Virus bei 66° C. Die Inaktivierung des Virus der Maul- und Klauenseuche beginnt bei 50° C. Der Infektionsendpunkt des Tabakmosaikvirus liegt dagegen erst zwischen 80 und 90° C. Die temperaturbedingte Inaktivierung wird nach folgender Methode gemessen. Geringe Mengen von Viruslösung werden in dünnwandigen Gläschen von bestimmter Größe 10 Minuten lang in ein Wasserbad von konstanter Temperatur getaucht, darauf in kaltem Wasser rasch abgekühlt und die entsprechende Pflanze sofort damit infiziert.

Das *Gefrieren* und *Tauen* hat keine oder nur geringe Wirkung auf die Infektiosität der Viren. So konnte das Influenzavirus des Menschen 6 Monate bei —78° C gehalten werden. Auch Maul- und Klauenseuche- sowie Tabakmosaikvirus blieben bei wiederholtem Gefrieren und Tauen unverändert. Nur ein Tomatenvirus (Bushy stunt) soll durch Gefrieren abgetötet werden.

Auch die *Wirkung hoher Drucke* wurde untersucht. Es konnte festgestellt werden, daß die Viren ungefähr bei 3000—7000 Atmosphären inaktiviert werden. Sie weisen in diesem Falle eine höhere Empfindlichkeit als Bakterien Toxine und Enzyme auf.

Längeres *Austrocknen* vertragen nur wenige Viren. Zu ihnen gehört das des Tabakmosaiks. Es konnte in trockenem Pflanzengewebe sogar nach 52 Jahren (8) noch nachgewiesen werden. Dagegen verlieren Gurkenmosaik-, Kartoffel-X- und Y-Virus bereits nach wenigen Stunden Austrocknen ihre Aktivität.

Ein weiterer Bestimmungsfaktor ist die *Lebensdauer der Viren in vitro*. Die Inaktivierungsgrenzen liegen auch hier sehr weit auseinander. Das Tabakmosaikvirus in filtriertem sterilem Zustande aufbewahrt, kann auch nach einer Reihe von Jahren Krankheitssymptome erzeugen, während Gurkenmosaik- und Y-Virus der Kartoffel bereits nach Stunden ihre Infektionskraft verlieren. Das Blattrollvirus der Kartoffel wird sofort abgetötet. Virus der Maul- und Klauenseuche bleibt in Heu und Boden bei Feldbedingungen 25—30 Tage krankheitserregend. Gereinigte Viruspräparate sind besonders empfindlich. Es wird angenommen, daß die Inaktivierung hauptsächlich auf Oxydation durch Luftsauerstoff, z. T. auch auf Verun-

reinigung durch Bakterien beruht. Für längere Aufbewahrung haben sich die Oxydation hemmenden niedrigen Temperaturen und Zugabe von Reduktionsmitteln als vorteilhaft erwiesen. Es besteht aber auch die Vermutung, daß bei Zerstörung des Gewebes im Preßsaft inaktivierende Substanzen in Freiheit gesetzt werden.

Bei *Verdünnung* der Viren gibt es eine Grenze, bei welcher sie gerade noch in stande sind, eine Infektion hervorzurufen. Diese Konzentration wird als Verdünnungsendpunkt bezeichnet. Er ist für die einzelnen Viren sehr unterschiedlich. An der Spitze steht wieder das Tabakmosaikvirus mit einem Endpunkt von 1:1000000. Das Kartoffel-X-Virus gibt bei einer Verdünnung von 1:100000 noch Infektion, während das Kartoffel-Y-Virus bei einem Verhältnis von 1:100 die pathogene Wirkung zu verlieren beginnt. Das Kräuselmosaik-Virus hat bereits bei einer Verdünnung von 1:10 seinen Endpunkt erreicht. Dagegen können die tierischen Viren eine weitaus stärkere Verdünnung vertragen. So liegt z. B. die Infektionsgrenze der Maul- und Klauenseuche bei einem Verhältnis von 1:10 Millionen.

Ultraviolette Licht und X-Strahlen.

Ultraviolette Licht vermag die verschiedenen Viren in kurzer Zeit, Tabakmosaik unter bestimmten Bedingungen in 15 Sekunden abzutöten. Es entstehen dabei inaktive, native Proteine, die auch mikroskopisch von den aktiven zu unterscheiden sind. Die charakteristischen chemischen und physikalischen Eigenschaften der Viren werden jedoch beibehalten. Auch durch X-Strahlen wird Tabakmosaikvirus inaktiviert, wobei sich der Inaktivierungsgrad proportional zur Intensität der Strahlung verhält.

Chemikalien und Enzyme.

Die Wirkung verschiedener Chemikalien ist zur Erforschung des Wesens der Viren von großem Interesse. Sie nimmt mit dem Reinheitsgrad des Virus zu. Zum Unterschied von den Bakterien können die Viren in Glycerinlösung aufbewahrt werden. Sie werden alle von proteinfällenden Agentien, wie Ammoniumsulfat, verschiedene Schwermetallsalze und anderen gefällt. Bei Chemikalien, die keine Denaturierung hervorrufen, ist eine Wiedererlangung der Infektionskraft möglich. Darin unterscheiden sich die Viren von gewöhnlichen Organismen. Durch stark oxydierende Agentien, wie Kaliumpermanganat oder Chromsäure, wird eine irreversible Inaktivierung verursacht. Verschiedene Viren sind schon gegen schwache Oxydationsmittel sehr empfindlich. Bei geringer Oxydation ist eine Reaktivierung durch Behandlung mit

Reduktionsmitteln wie Cystein teilweise möglich. Manche Viren, z. B. Vaccine (Kuhpocken), Herpes (Hautkrankheit), Maul- und Klauenseuche, zeigen sich anfällig gegen die photodynamische Wirkung von Methylenblau. Dagegen wird Tabakmosaik bei Einwirkungsdauer von einer Stunde noch nicht angegriffen. Starke Säuren und Alkalien inaktivieren durch hydrolytische Vorgänge. Die Viren werden in sehr kleine Fragmente zerlegt und können meistens nicht mehr reaktiviert werden. Alle Viren verlieren durch Formaldehyd ihr Infektionsvermögen. Es wird vermutet, daß die Wirkung dieses Stoffes auf Addition des Formaldehyds an Aminogruppen beruht.

Der Wirkung von Enzymen wurde auf Grund der Frage der proteinartigen Natur der Viren große Beachtung geschenkt. Untersuchungen in dieser Richtung ergaben zunächst sehr unterschiedliche Resultate. Die Ursache dafür liegt wahrscheinlich darin, daß bei den ersten Versuchen Prüfungsmaterial und -methoden nicht ganz einwandfrei waren.

Die proteolytische Einwirkung von Enzymen auf pflanzliche Viren wurde hauptsächlich am Tabakmosaik untersucht. LOJKIN u. VINSON (11) erhielten 1931 eine Inaktivierung durch Trypsin. CALDWELL (4) und später STANLEY (13) machten die Feststellung, daß bei Zerstörung des Enzymes durch Erhitzen das Virus reaktiviert werden kann, daß also keine Proteolyse stattgefunden hatte. Es wird die Möglichkeit erwogen, daß das Enzym mit dem Virus eine lose Verbindung eingeht, ohne nachfolgende Hydrolyse. Die gleiche Erscheinung wurde bei Tomaten Bushy stunt und Kartoffel-Y-Virus gefunden. Dagegen wurde die Aktivität vom Kartoffel-X-Virus durch Trypsin in seinen wirksamen  $pH$ -Bereich vollkommen zerstört. Die Wirkung von Pepsin kann bei verschiedenen Viren nicht festgestellt werden, da das Enzym zur Proteolyse einen  $pH$ -Wert verlangt, der an sich diese Viren inaktiviert. Tabakmosaikvirus konnte mit Pepsin unter bestimmten Bedingungen abgetötet werden, Kartoffel-X-Virus zeigte sich bedeutend empfindlicher gegen diese Proteolyse (14). Das Tabaknekrosenvirus wurde von Pepsin nicht angegriffen. Kartoffel-X-Virus zeigte große Empfindlichkeit gegen Papain, wogegen Tabakmosaik- und Tabaknekrosenvirus von Papain nicht gespaltet wurden.

Der Einfluß proteolytischer Enzyme auf die pathologische Wirkung tierischer Viren wurde gleichfalls verschiedentlich untersucht. Auch hier variiert das Verhalten der einzelnen Viren beträchtlich.

### Vermehrung und Verbreitung der Viren in der Pflanze.

Eine Vermehrung der Viren ist nur möglich, in Gegenwart lebender Zellen. Eine Züchtung auf zellfreiem Medium ist bisher nie gelungen. Die Mediziner verwenden für die Viruszüchtung in vitro Gewebeexplantate in bestimmten Nährlösungen mit Wuchsstoff oder das bebrütete Hühnerei. Diese Methoden erlauben das Studium einer Reihe von Wechselbeziehungen zwischen Infektionsstoff und Wirtszelle. Über den Mechanismus der Virusvermehrung ist aber noch sehr wenig bekannt. Die Bildung des Eiweißes verläuft auf Kosten zelleigener Substanzen, von denen die Proteine des Protoplasmas vorwiegend beteiligt sind. Es konnte bisher nicht entschieden werden, ob die Entstehung der Virusteilchen von der Zelle oder vom Virusmolekül veranlaßt wird. Man kann sich vorstellen, daß bei Eindringen eines Virusteilchens in die Wirtszelle in ihr eine Umstimmung hervorgerufen wird, nach der die Zelle von sich aus zur Bildung von Virusteilchen übergeht. Die zweite Möglichkeit ist aber die, daß die zelleigenen Substanzen vom Virusmolekül in autokatalytischer Vermehrung zum Aufbau arteigener Teilchen verwendet werden. Zu vergleichen wäre das mit Auskristallisation einer übersättigten Salzlösung, in die ein Kristallisationszentrum hereingebracht wird. Ebenso ruft das Eindringen eines Viruseiweißmoleküls in die Zelle, die Bildung derselben Art von Molekülen hervor. Es entstehen Großmoleküle durch fadenartiges Aneinanderlegen zelleigener Moleküle derart, daß abwechselnd je ein Molekül Protein und ein Molekül Nucleinsäure aneinandergereiht werden.

Wie das Virus in die Wirtszelle eintritt und sie nach der Vermehrung wieder verläßt, ist nicht bekannt. Eigenbewegungen konnten nicht festgestellt werden. Es wird als wahrscheinlich angesehen, daß es sich um eine passive Aufnahme handelt. Für den Austritt aus der Zelle gibt es die Möglichkeit, daß bei starker Vermehrung die Zellen platzen und den Inhalt entleeren. Es wird jedoch angenommen, daß in der Regel ein Übertreten von Zelle zu Zelle, und zwar durch Diffusion über die Plasmodesmen stattfindet. Diese erste Phase in der Verbreitung der Pflanze geht verhältnismäßig langsam vor sich. Ihr schließt sich eine zweite Phase an, innerhalb welcher das Virus mit großer Geschwindigkeit durch die ganze Pflanze verbreitet wird. Diese vollständige Durchdringung der Pflanze wird, soweit es sich um eine Leitung handelt, wahrscheinlich vom Phloem bewerkstelligt, während die Wasserleitungsbahnen der Pflanze nicht

beteiligt sind. GRAINER (5) glaubt auf Grund seiner Versuche auf die Fähigkeit einer selbständigen Bewegung der Viren in der Pflanze schließen zu können. Die Virusverbreitung findet nur im lebenden Gewebe statt, und zwar gegen die Wurzeln zu schneller als aufwärts (1, 2). Die Ausbreitungsgeschwindigkeit wurde vielfach gemessen. Sie ist bei den einzelnen Virusarten sehr unterschiedlich. Curly-top-Virus der Zuckerrübe vermag einen Weg von 2,5 cm in der Minute, Tabakmosaikvirus nur 1,5 cm in der Stunde zurückzulegen (1).

Da die Viren die ganze Pflanze, Blätter, Stengel und Wurzeln zu durchsetzen vermögen, ist damit eine Übertragung auf vegetativem Wege gegeben. Von großem Interesse für die Pflanzenzüchtung ist jedoch die Tatsache, daß das Virus auch in allen Blütenteilen und sogar im Samen verschiedener Pflanzen nachgewiesen werden konnte. Trotzdem werden meist gesunde Sämlinge erhalten. Es konnte jedoch bei verschiedenen Virusarten: Bohnenmosaik, Sojamosaik, Gurkenmosaik, Mosaik des Salates u. a. Samenübertragung nachgewiesen werden.

#### Resistenz und Immunität.

Jedes Virus hat einen engeren oder weiteren Infektionsbereich, innerhalb dessen sich verschiedene Grade von Resistenz unterscheiden lassen.

Bei einigen Pflanzen, wie *Nic. glutinosa* und *Caps. frutescens*, treten bei Infektion mit Tabakmosaikvirus nekrotische Läsionen auf, welche sich auf die Infektionsstellen beschränken. Die übrigen Teile der Pflanzen bleiben gesund. Die Eigenschaft der Lokalisierung erwies sich bei Kreuzungsversuchen als einfach mendelnder dominanter Faktor. Die Ursache dieser Resistenzerscheinung konnte bisher noch nicht sichergestellt werden. Eine gewisse Resistenz ist auch vorhanden, wenn in der Pflanze nur schwache Virusvermehrung erfolgt, die geringe Krankheitssymptome zur Folge hat. Weiterhin kann das Virus in einen Organismus eindringen und sich in ihm vermehren, ohne aber eine Erkrankung hervorzurufen. In solchen Fällen wird von Toleranz gesprochen. Findet überhaupt keine Virusaufnahme statt, liegt Immunität vor. Es kann zwischen natürlicher und erworbener Immunität unterschieden werden. Über die Ursachen der natürlichen Immunität ist so gut wie nichts bekannt. Sie kommt bei Pflanzen außerordentlich selten vor, alle unsere Kultursorten sind mehr oder weniger anfällig gegen Viren. Die erworbene Immunität wird bei menschlichen und tierischen Virusarten durch Antikörper hervorgerufen, die den Organismus

kürzere oder längere Zeit nach der Genesung, manchmal auf Lebensdauer gegen erneute Erkrankung schützen. Bei den Pflanzen gibt es eine scheinbare erworbene Immunität, die aber ganz anderer Natur ist und nach mehrfacher Ansicht richtiger als erworbene Toleranz bezeichnet werden müßte. Sie ist infektionsgebunden, d. h. es besteht nur solange eine Schutzwirkung gegen Befall, als die Pflanze das betreffende Virus selbst enthält, also sichtbarer oder latenter Virusträger ist. Verschiedene Stämme einer Virusart können einander immunisieren. Es wird dieses Merkmal sogar zur Feststellung der Identität der Viren benützt.

#### Das Wesen der Viren.

Die Ergebnisse der bisherigen Forschungsarbeiten, die uns heute bereits einen guten Einblick in das Verhalten der Viren gewähren, vermögen jedoch nichts Tatsächliches auszusagen über ihre wahre Natur. Ihre Pathogenität, das Reproduktions- und Mutationsvermögen läßt die Annahme einer belebten Substanz als berechtigt erscheinen. Sie wurden daher vielfach als unsichtbare kleine Lebewesen angesehen. Es konnten jedoch weder durch Photographie in ultraviolettem Licht, noch durch besondere Färbemethoden Eigenbewegungen oder Wachstums- und Teilungsvorgänge festgestellt werden. Außerdem besteht das Virus nur aus Eiweiß, ohne irgendwelche anderen Zusätze, während alle lebenden Organismen eine Wechselwirkung verschiedener Arten von Molekülen aufweisen. Als weitere Möglichkeit wurde ein obligater Parasitismus in Erwägung gezogen, in dessen Folge das Virus gewisse Funktionen verloren hat, die von der Zelle übernommen wurden. Es zeigt jedoch das Virus auch den Charakter eines großen Moleküls mit konstanten chemischen und physikalischen Eigenschaften und ist als solches oft mit den Genen verglichen worden. Beide sind als Proteine zu betrachten und besitzen das Vermögen der Selbstreproduktion und Mutation.

Wir stoßen bei der Untersuchung über das eigentliche Wesen der Viren auf die ungelöste Frage nach dem Wesen des Lebens überhaupt. Die Grenze zwischen toter Substanz und lebendem Organismus ist nicht bekannt. Sie ist aber vielleicht nicht so scharf zu ziehen wie es bisher getan wurde.

#### Literatur.

Bücher und umfassende Abhandlungen:

BAWDEN: Plant viruses and virus diseases. Chron. Bot. Comp. 1939, 272 S.

DOERR, R., u. C. HALLAUER: Handbuch der Virusforschung. Verlag Springer, Wien 1938, 546 S.

KÖHLER, E.: Viruskrankheiten. Handb. d. Pflanzenkrankh. v. P. Sorauer, 1, 329 (1934).

SMITH, K.: Textbook of plant virus diseases. Churchill, London 1937, 615 S.

Einzelne Arbeiten:

1. BENNETT, C. W.: J. agric. Res. 48, 665 (1934).
- 2. BENNETT, C. W.: J. agric. Res. 54, 479 (1937).
- 3. BUTENANDT, A.: Angew. Chemie 1940, 345.
- 4. CALDWELL, J.: Ann. appl. Biol. 20, 100 (1933).
- 5. GRAINER, J.: Nature 146, 539 (1940).
- 6. HARTISCH, J.: Planta 22, 692 (1934).
- 7. IWANOWSKY,

D.: Bull. Acad. Imp. Sci. de Petersburg Nonv. Serie III 35, 67 (1894). — 8. JOHNSON, E. M., and W. D. VALLEAU: Kentucky agric. exper. Sta. Bull. 361, 264 (1935). — 9. KAUSCHE, G. A.: Naturwiss. 27, 77 (1939). — 10. LÖFFLER u. FROSCHE: Zbl. Bakter. 28, 371 (1898). — 11. LOJKIN, M., u. C. G. VINSON: Contr. Boyce Thomps. Inst. 3, 147 (1931). — 12. MAYER, A.: Landw. Versuchsstat. 32, 450 (1886). — 13. STANLEY, W. M.: Phytopathology 24, 1055 (1934). — 14. STANLEY, W. M.: Phytopathology 24, 1269 (1934). — 15. STANLEY, W. M.: Science 81, 644 (1935). — 16. THUNG, T. H.: Tijdschrift over Plantenziekten 34, 1 (1928).

Titelbild: Aus der im nächsten Heft erscheinenden Arbeit M. Krickl, Züchtungsversuche bei Kopfkohlarten.

## REFERATE.

### Spezielle Pflanzenzüchtung

**Aufgaben der Pflanzenzüchtung in der Kriegs- und Nachkriegszeit.** Von L. HONECKER. Prakt. Bl. Pflanzenbau 19, 142 (1942).

Der vorliegende Aufsatz gibt Ausführungen wieder, die Verf. in einem Vortrag vor den Gesellschaftern der I. G. Pflanzenzucht in München gemacht hat. Nach den Irrwegen der Züchtung in der Vergangenheit sind die Aufgaben der deutschen Pflanzenzüchtung heute aufs engste mit der Zielsetzung der gesamten nationalsozialistischen Agrarpolitik verknüpft. Eine wesentliche Änderung in den Zuchtzielen hat der gegenwärtige Krieg nicht mit sich gebracht, wie ja auch die leitenden Ideen des Vierjahresplans und der Erzeugungsschlacht gleich geblieben sind. Zweifellos werden aber die nach dem Kriege zu erwartenden agrarpolitischen und agrarstrukturellen Umschichtungen in Europa auch neue Aufgaben für die Pflanzenzüchtung zur Folge haben. Ein solcher Aufgabenkomplex wird sich aus der notwendigen Verstärkung der vollmechanisierten Betriebsweise ergeben. Bei den Hackfrüchten z. B. bedingt die zu fordernde leichte maschinelle Erntbarkeit die verstärkte Beachtung einer Reihe von Zuchtzielen. Bei den Futterpflanzen wird die Züchtung auf ausreichenden Samenertrag von großer Bedeutung sein. Nach wie vor stellt bei einer großen Zahl von Kulturpflanzen die Winterfestigkeit ein außerordentlich wichtiges Zuchtziel dar. Verf. erläutert kurz den Stand der Züchtung auf Winterfestigkeit bei den Hauptgetreidearten, um sich dann einem anderen, sehr wichtigen Problem zuzuwenden, der Züchtung auf Krankheitsresistenz. Die Problemlage, die Aufgaben und Schwierigkeiten der Resistenzzüchtung werden an Beispielen von Getreide- und Kartoffelkrankheiten aufgezeigt. Als letztes allgemeines Zuchtziel wird die Steigerung der Güte der Erträge behandelt. Als Beispiele werden die Qualitätsfragen beim Getreide, das Eiweißproblem sowie die züchterische Bearbeitung der Güteeigenschaften der Kartoffel und der Faserpflanzen angeführt und erläutert. Mit einer Mahnung an die Züchter, ihre Arbeit durch „eine analytische Betrachtungsweise der einzelnen biologischen Erscheinungen und Vorgänge“ zu ergänzen, schließt der Aufsatz. *Schmidt.*

**Application of genetics to plant breeding. 2. The inheritance of quantitative characters and plant**

**breeding.** (Die Anwendung der Genetik auf die Pflanzenzüchtung. 2. Die Vererbung quantitative Eigenschaften und Pflanzenzüchtung.) Von V. G. PANSE. (Galton Laborat., Univ. Coll., London.) J. Genet. 40, 283 (1940).

Am Beispiel der mittleren Faserlänge von Baumwolle (*Gossypium arboreum*) wurde die Vererbung quantitativer Eigenschaften mit neuer statistischer Methodik untersucht. Das Versuchsmaterial besteht aus den drei Kreuzungen zwischen drei Sorten. Zunächst wird eine Varianzanalyse nach FISHER für die  $F_2$  gegeben, indem je Kreuzung die Nachkommenschaften von 4  $F_1$ -Pflanzen in fünf Blocks aufgepflanzt wurden und die quadratischen und mittleren Abweichungen für die Blocks (4 F.G.) Nachkommenschaften (3 F.G.) und Parzellen (12 F.G.) bestimmt wurden. Weiterhin wird die Regression der  $F_3$ -Familien (je 10 Pflanzen 3  $F_2$ -Eltern) auf die Phänotypen der  $F_2$ -Pflanzen berechnet und daraus, unter Verwendung spezieller Formeln, der Anteil der  $F_2$  bestimmt. Hierzu dient die Ermittlung des Regressionskoeffizienten. Das Verhältnis des Quadrates der genotypischen Varianz in den  $F_3$ -Familien zur Varianz dieser Varianz soll die „effektive Zahl von Faktoren“ wiedergeben, die für die Aufspaltung in  $F_2$  verantwortlich sind, wenn man als Arbeitshypothese annimmt, daß die Faktoren gleiche Varianz bedingen und nicht gekoppelt sind. Hierüber und über weitere statistische Erörterungen zur Frage der Dominanz muß auf das Original verwiesen werden.

*Freisleben* (Halle a. d. S.).<sup>oo</sup>

**Das regionale Sortenversuchswesen. 1. Zusammenstellung der Ergebnisse von Sortenversuchen mit Wintergetreide in den Jahren 1928—1938.** Von G. SUNDELIN und ST. ELIASSON. Lantbruks-högskolan Jordbruksförsöksanst. Medd. Nr 3, 1—127 u. engl. Zusammenfassung 129 (1940). [Schwedisch].

Die Arbeit bringt eine Zusammenstellung der Ergebnisse der in Schweden sehr gut organisierten örtlichen Sortenversuchstätigkeit für Winterweizen und Winterroggen aus dem Jahrzehnt 1929 bis 1938. In Prüfung standen 18 Winterweizensorten der Saatzuchtanstalt Svalöv, 10 Sorten der Saatzuchtanstalt Weibullsholm sowie 2 dänische Sorten. Eine Tafel zeigt die verwandtschaftlichen Beziehungen zwischen den schwedischen Züchtungen. Von Winterroggen wurden 5 Svalöv-Sorten, 2 Weibull-Sorten sowie die deutschen