

konsistenz usw.), so wird es klar, vor welchen großen Möglichkeiten die *Morus*-Zucht steht nicht nur in bezug auf Ersatz alter Formen durch neuere, bessere, sondern auch in bezug

auf Verschiebung der Kultur in andere neue geographische Gebiete, die von anderen Gesichtspunkten aus für die Seidenraupenzucht von Interesse sein können.

Cytologische Untersuchungen an Kartoffeln (*Solanum*).

(Sammelreferat.)

Von **H. Bleier**, Wageningen.

Pollensterilität und schlechter Fruchtsatz sind dem Kartoffelzüchter unerwünschte, aber wohlbekanntere Erscheinungen. Nicht alle Kartoffelsorten verhalten sich in dieser Hinsicht gleich. Auf diese Unterschiede soll aber hier nicht eingegangen werden, da die eingehenden und umfassenden Untersuchungen v. RATHLEFS alles Bekannte enthalten.

Ein Zweck der cytologischen Untersuchungen der Kartoffeln in den letzten Jahren war immer die Aufklärung der Sterilitätsverhältnisse. Auch die verwickelten Vererbungserscheinungen verlangen nach cytologischen Untersuchungen, ohne die weder der Genetiker, noch der Züchter sicher und zielbewußt zu arbeiten vermögen. Kann doch die Pollensterilität ganz verschiedene Ursachen haben, wie die cytologischen Untersuchungen bei anderen Pflanzen gezeigt haben, worauf man bei Bastardierungen und bei der Auswertung der Vererbungserscheinungen Rücksicht nehmen muß. Man konnte sogar mit der Möglichkeit rechnen, daß die cytologischen Untersuchungsergebnisse Aufschluß bringen würden, ob sich die Sterilitätsstörungen verhindern lassen oder nicht. Daneben konnte man auch Aufklärung über die Verwandtschafts- und Abstammungsverhältnisse und wertvolle Beiträge für systematische Fragen erwarten.

Die Chromosomenverhältnisse und die Vorgänge bei der Bildung des Pollens lassen sich heute an Hand der cytologischen Untersuchungen ziemlich klar und eindeutig beurteilen; die eigentlichen Ursachen der gefundenen Störungen liegen aber noch im Dunkeln. Trotzdem bietet das Gesamtergebnis aller Untersuchungen dem Züchter und dem Genetiker eine brauchbare Grundlage für seine Versuche. Auch wertvolle cytologische Ergebnisse allgemeiner Art wurden gewonnen.

Chromosomenzahlen der Kartoffel.

Es hat sich herausgestellt, daß alle in Europa, Asien und Nordamerika angebauten Kartoffel-

sorten somatisch 48 Chromosomen besitzen. Aus früheren Zeiten liegen noch andere Angaben vor, die aber nicht mehr erwähnt werden sollen, da sie keinen Anspruch auf Richtigkeit erheben können (vgl. RYBIN 1930 und MEURMAN und RANCKEN 1932). Das bisher untersuchte Sortiment von Kartoffelsorten ist ziemlich umfangreich; FUKUDA arbeitete mit mehr als 50 Sorten, STOW (1927) mit 16, HEYN (1930) mit 50, LONGLEY u. CLARK (1930) mit 37, BLEIER (1931) mit 48 und MEURMAN u. RANCKEN (1932) mit 17 Sorten. Eine kleinere Anzahl von Sorten wurde auch von CAMPIN (SALAMAN 1926), SMITH (1927), LEVITSKY u. BENETSKAJA (1927), VILMORIN u. SIMONET (1928), JØRGENSEN (1928), RYBIN (1930) und MÜNTZING (1933) untersucht. Die Chromosomen sind ziemlich klein und gegen die Fixierungsflüssigkeiten sehr empfindlich. Sie besitzen primäre und sekundäre Einschnürungsstellen, die bei schlechter Fixierung nicht immer erkennbar sind und leicht zu falschen Zählungen Anlaß geben (MEURMAN u. RANCKEN). Eines der 24 Chromosomenpaare zeichnet sich durch Satelliten aus (Abb. 1). Eine weitere Charak-

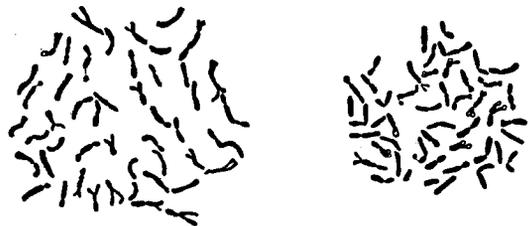


Abb. 1. Somatische Chromosomen von *Parnassia* und *Up to date* $2 \times = 48$; je ein Paar Chromosomen mit Satelliten (nach MEURMAN u. RANCKEN).

terisierung der Chromosomen haben auch MEURMAN und RANCKEN nicht durchführen können.

In Peru und Bolivien gibt es viele von den Eingeborenen kultivierte Formen der Art *S. tuberosum*, die 24 oder 36 somatische Chromosomen besitzen (RYBIN, LONGLEY und CLARK).

Diese Formen lassen sich von den 48chromosomigen morphologisch leicht trennen und ebenso untereinander; nur unter den 36chromosomigen gleichen einige ziemlich stark den 48chromosomigen (RYBIN). Dagegen bestehen keine Unterschiede in der Größe, so daß man nicht von Semigigas- ($2 \times = 36$) und Gigasformen ($2 \times = 48$) sprechen kann (RYBIN).

Chromosomenzahlen knollenbildender Solanum-Arten.

Die mit der Kartoffel verwandten knollenbildenden Arten (Sectio Tuberarium s. s. BITTER) Südamerikas und Mexikos haben 24, 36, 48 oder 72 Chromosomen (Tabelle 1). Außerdem hat RYBIN bei einigen Bastardformen auch 60 Chromosomen ($2 \times$) gefunden.

Tabelle 1. Somatische Chromosomenzahlen von *Solanum*-Arten der Sectio Tuberarium s. s. BITTER.

<i>S. muricatum</i>	24	VILMORIN u. SIMONET, JØRGENSEN, RYBIN
<i>S. grossularia</i>	24	JØRGENSEN
<i>S. colombianum</i>	48	RYBIN
<i>S. chacoense</i>	24	SMITH, JØRGENSEN, RYBIN, LONGLEY u. CLARK, OPPENHEIMER
<i>S. Jamesii</i>	24	SMITH, JØRGENSEN, RYBIN, LONGLEY u. CLARK, VILMORIN u. SIMONET
<i>S. Commersonii</i>	36	RYBIN, LONGLEY u. CLARK
<i>S. coyoacanum</i>	36	RYBIN
<i>S. cardiophyllum</i>	36	LONGLEY u. CLARK
<i>S. medians</i>	36	RYBIN
<i>S. palustre</i>	48	RYBIN
<i>S. Caldasii</i>	24	VILMORIN u. SIMONET, LONGLEY u. CLARK
<i>S. Bukasovii</i>	24	RYBIN
<i>S. aracc-papa</i>	24	RYBIN
<i>S. acaule</i>	48	RYBIN
<i>S. demissum</i>	72	RYBIN, SMITH, JØRGENSEN, LONGLEY u. CLARK
<i>S. Antipovichii</i>	48	RYBIN
<i>S. ajuscoense</i>	48	RYBIN
<i>S. Fendleri</i>	48	RYBIN, SMITH, LONGLEY u. CLARK
<i>S. edinense</i>	60	RYBIN, CAMPIN (SALAMAN 1926)
	48	CAMPIN (SALAMAN 1926)
<i>S. utile</i>	72	CAMPIN (SALAMAN 1926)
<i>S. polyadenium</i>	12	LONGLEY u. CLARK

RYBIN weist besonders darauf hin, daß wie bei den wilden knollenbildenden Arten auch bei den kultivierten Kartoffeln die gleichen polyploiden Zahlen, 24, 36 und 48, vertreten sind. Die ruderalen und als Unkraut in Südamerika wachsenden *S. Bukasovii* und *S. aracc-papa*, $2 \times = 24$, gleichen den kultivierten Kartoffeln viel mehr als die früher als Stammformen betrachteten *S. Maglia*, *S. commersonii* und *S. demissum*, deren Chromosomenzahlen auch weniger gut übereinstimmen. Deshalb nimmt RYBIN, indem er sich auch auf die systematisch-pflanzengeo-

graphischen Untersuchungen von BUKASOV u. JUZEPZUK stützt, polyphyletischen Ursprung der kultivierten Kartoffeln an.

Die Pollenbildung bei den Zuchtsorten der Kartoffel.

Die ersten eingehenden Untersuchungen über den Verlauf der Reduktionsteilung in den Pollenmutterzellen stammen von FUKUDA (1927) und STOW (1927). FUKUDA gibt eine genaue und richtige Beschreibung des normalen Verlaufs der Meiosis und stellte zugleich fest, daß bei fast allen untersuchten Sorten, je nach der Sorte verschieden, mannigfaltige Störungen vorkommen. Später wurden FUKUDAS Untersuchungen durch HEYN (1930), LONGLEY und CLARK (1930), BLEIER (1931) und MEURMAN u. CLARK (1932) teils bestätigt, teils berichtigt. Die ersten Untersucher hatten wohl schon fast alle Störungsvorgänge beobachtet, aber die gefundenen Stadien teilweise ganz falsch gedeutet, wie BLEIER nachgewiesen hat und auch MEURMAN und RANCKEN bestätigt haben. Nicht allein die Feststellung der Chromosomenzahl hat bei der Kartoffel Schwierigkeiten geboten, sondern auch die Reduktionsteilung, wodurch bei mangelnder cytologischer Erfahrung leicht Fehlergebnisse entstehen konnten.

Der normale Verlauf der Reduktionsteilung läßt sich kurz schildern. Über die Prophase liegen keine genauen Untersuchungen vor. Nach der Diakinese entsteht eine zweipolige Spindel, die 24 Gemini sammeln sich in einer Äquatorialplatte (Abb. 2). Häufig vorkommende Gruppen

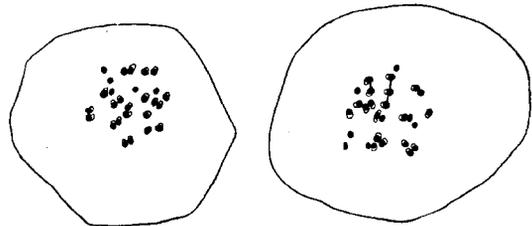


Abb. 2. Heterotype Metaphasen von Pepo und Vesijärvi mit uni-, bi- und multivalenten Gruppen (nach MEURMAN u. RANCKEN).

von Gemini hat man früher als Fixierungsartefakte angesehen; in letzter Zeit sieht man darin aber Anzeichen von Homologie der Chromosomen (sekundäre Paarung), worüber weiter unten noch eingehend gesprochen werden soll.

Zwischen Diakinese und Metaphasenspindel kommen multipolare Übergangsstadien vor. Am Ende der Anaphase zeigen die Chromosomen eine Zusammenballung an den beiden Polen, der eine Auflockerung der Chromosomen, höchstwahrscheinlich infolge Aufnahme der Spindelsubstanz zwischen den Chromosomen, und Aus-

bildung einer Kernmembran folgt. Zwischen den Interkinesekernen zeigt das Cytoplasma Phragmoplastenstruktur; es findet aber keine Zellteilung statt. Die homiootype Teilung zeigt nichts besonderes; die beiden Spindeln können alle möglichen Lagen zueinander einnehmen. Zwischen den 4 Tetradenkernen wird das Cytoplasma gleichmäßig durch zentripetale Einschnürung und Membranbildung aufgeteilt.

Nur selten kommt es vor, daß die Reifeteilungen in allen Pollenmutterzellen so regelmäßig verlaufen. HEYN hat bei 3 und BLEIER bei 2 Sorten keine Störungen gefunden. Daß diese

nicht immer in einen der Tochterkerne eingeschlossen.

In der 1. Telophase hat BLEIER häufig die Bildung von Restitutionskernen gefunden (Abb. 5). Auch FUKUDA gibt Abbildungen von Restitutionskernen, deutet sie aber ganz falsch als Metaphasen ohne Spindelfasern oder als Diakinesen. Die anderen Untersucher haben sie nicht gefunden, wohl aber ihr Vorkommen vermutet (MEURMAN u. RANCKEN).

Eine der am häufigsten beobachteten abnormalen Erscheinungen ist die Ausbildung einer Spindel mit 48 Chromosomen in der homiooty-

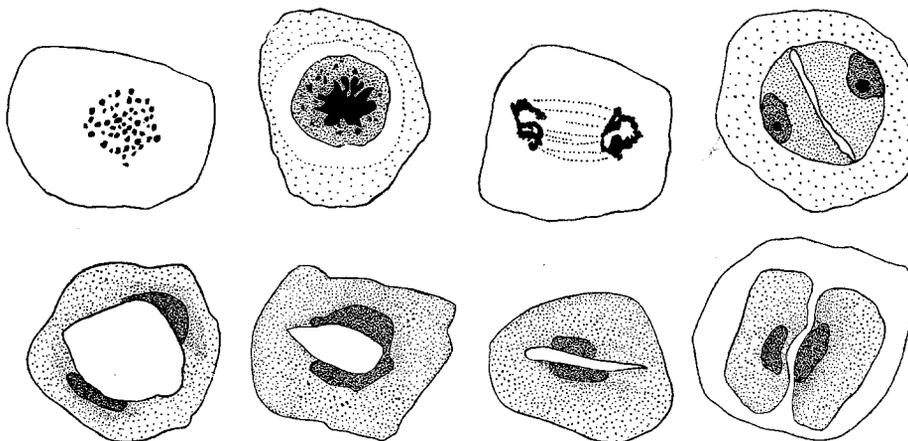


Abb. 3. Degeneration von Pollenmutterzellen auf verschiedenen Entwicklungsstadien (nach HEYN).

Sorten aber immer ganz störungsfrei sind, ist nicht wahrscheinlich. Bei allen anderen Sorten wurden stets Unregelmäßigkeiten angetroffen; sie sind verschiedener Art und finden sich in einer Häufigkeit, die wenige oder fast alle Pollenmutterzellen einer Anthere umfaßt.

Eine von allen Untersuchern festgestellte Erscheinung ist die Degeneration der Pollenmutterzellen, die auf allen Stadien eintreten kann (Abb. 3). BLEIER vermutet, daß das Abfallen der Knospen und Blüten auf die gleiche Ursache wie die Degeneration der Pollenmutterzellen zurückzuführen ist. Die Degeneration erfolgt im Beginn, das Abfallen ist das Ende dieses Prozesses.

Außer Degeneration kommen auch kleinere Störungen vor. So können in der 1. Metaphase einige Univalente außerhalb der Äquatorialplatte liegen (Abb. 4). MEURMAN und RANCKEN fanden einige (bis 10) ungepaarte Chromosomen in einem Teil der Pollenmutterzellen aller untersuchten Sorten; andere Untersucher beobachteten sie viel seltener (z. B. BELIER). Nur selten führen sie schon in der heterotypen Teilung ihre Längsspaltung durch und werden meistens, aber

pen Metaphase und Anaphase (Abb. 5). Diese Platten haben zu manchen Verwechslungen



Abb. 4. Heterotype Anaphasen mit Univalenten, teilweise längsspaltend (nach MEURMAN u. RANCKEN).

Anlaß gegeben. Mehrere Untersucher schlossen aus ihnen, daß bei der Kartoffel die Haplozahl 48 vorkäme. FUKUDA glaubte, daß sie 1. Meta-

vollständiger Asyndese der Chromosomen. Eine Spindel in der 2. Teilung entsteht entweder nach Restitutionskernbildung in der 1. Teilung oder

durch Verschmelzung der zwei Spindeln, wenn sie nahe beieinander liegen. Im letzten Fall können sich als Zwischenstadien auch dreipolige Doppelspindeln bilden (Abb. 5). Welche der beiden Entstehungsmöglichkeiten im Einzelfall wirklich eingetreten war, ist meistens nicht festzustellen, da man ja nicht den Vorgang, sondern den Endzustand beobachtet. Richtig ist aber, daß aus Restitutionskernen immer nur eine Spindel entsteht. Aus den einspindligen Metaphasen entwickeln sich zwei Tochterkerne und Dyaden statt Tetraden (Abb. 5). Dyaden sind deshalb sehr häufig gefunden worden und machen bei den einzelnen Sorten einen ganz verschiedenen Prozentsatz aus. Daneben finden sich auch Triaden und selten Monaden (BLEIER, MEURMAN u. RANCKEN). Einzelne Chromosomen können auch bei der zweiten Teilung zurückbleiben und Mikronuclei bilden.

Die Annahme FUKUDAS, STOWS und LONGLEY u. CLARKS, daß die zweite Teilung ausfallen könne, oder die Erklärung HEYNS, daß sich die Chromosomen in der zweiten Teilung wohl teilen aber nicht an die Pole bewegen würden, müssen als unbewiesen und falsch abgelehnt werden (BLEIER).

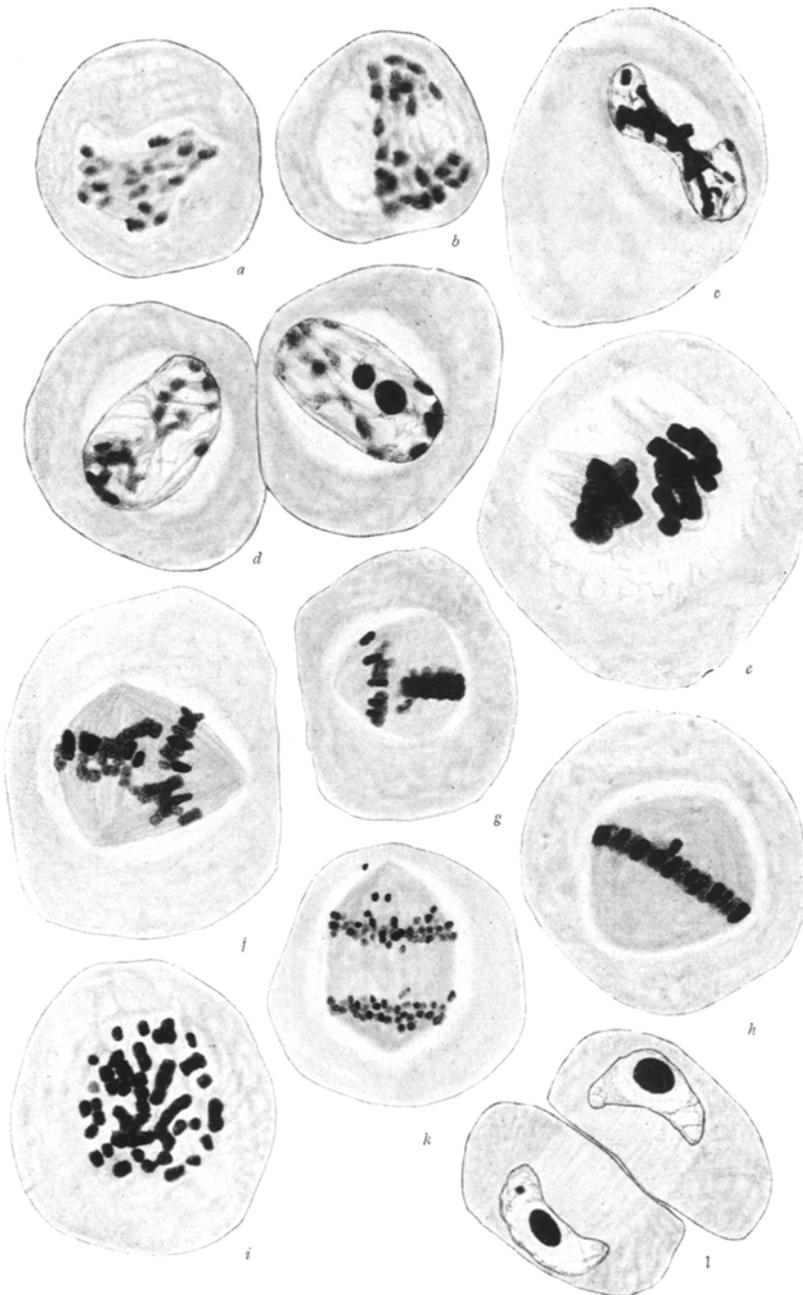


Abb. 5. Restitutionskernbildung in der heterotypen Teilung (a—d), nahe beieinander liegende homio-type Spindeln (e), dreipolige Doppelspindeln (f, g), zweipolige homio-type Doppelspindeln (h—k) und Dyaden (l) (nach BLEIER).

phasen wären, die aus Diakinesen mit segmentierten Chromosomen entstanden seien. LONGLEY und CLARK hielten sie für 1. Metaphasen mit

Auffallend ist, daß trotz der häufigen Dyadenbildung Pollen mit der somatischen Chromosomenzahl bisher nie als funktionsfähig gefunden

worden ist. HEYN wies darauf hin, daß die Pollenproduktion um so schlechter sei, je mehr Dyaden bei einer Sorte vorkommen. Weshalb aber der Dyadenpollen nicht befruchtungsfähig ist, bleibt nach MEURMAN u. RANCKEN noch eine offene Frage.

So gut wie ganz ungeklärt ist vorläufig die eigentliche Ursache der Störungen und Degeneration. Als Folgeerscheinung früherer Bastardierung lassen sich die Vorgänge nicht deuten (FUKUDA, STOW, BLEIER). FUKUDA glaubt, daß eine erbliche Predisposition die Ursache ist, die durch verschiedene Ursachen ausgelöst und verstärkt werden kann. LONGLEY u. CLARK schreiben die Störungserscheinungen fehlender Harmonie der Chromosomen zu, während Wassermangel vielleicht der Anlaß der großen Variabilität ist. BLEIER vermutet, daß die Störungen bei den Reduktionsteilungen, die Degeneration der Pollenmutterzellen, das Abfallen der Knospen, Blüten und Früchte auf eine Ursache zurückzuführen seien, auf eine erbliche Störung im Stoffwechsel und daß alle aufgezählten Erscheinungen nur verschiedene Entwicklungsgrade darstellen, die durch Außeninflüsse beschleunigt oder verzögert werden können.

STOW hat einige Experimente über die Einwirkung der Temperatur auf die Reduktionsteilung angestellt und sieht in den Versuchsergebnissen Beweise, daß die Störungen weitgehend durch die Temperaturverhältnisse verursacht würden. HEYN, LONGLEY und CLARK und BLEIER gelangen aber zu entgegengesetzten Ergebnissen und konnten keine direkte Abhängigkeit von der Temperatur wahrnehmen.

Die Vermutung BLEIERS, daß die Störungen nicht durch den Chromosomenmechanismus, sondern durch besondere Verhältnisse im Stoffwechsel der Pflanze bedingt würden, glaubt KOSTOFF durch Beobachtungen beim Tabak wahrscheinlich machen zu können. Er fand nämlich bei mosaikkranken Tabakpflanzen ganz ähnliche Abnormalitäten wie bei der Kartoffel und wirft nun die Frage auf, ob nicht die von BLEIER angenommene spezifische Substanz, wodurch der Stoffwechsel verändert und die beschriebenen Störungserscheinungen in den Blüten verursacht werden, ein Virus wie beim Tabak sei? Temperatur beeinflusst aber die Aktivität des Virus, womit ein gewisser Einfluß der Temperatur auf den Grad und den Verlauf der Störungserscheinungen in Einklang stehen würde. Vielleicht kann durch Versuche in dieser Richtung eine genauere Kenntnis von den abnormalen Verhältnissen erhalten werden.

Die Pollensterilität bei der Kartoffel steht zweifelsohne mit den fast bei allen Sorten gefundenen Abnormalitäten in Zusammenhang. Daß durch ungleichmäßige Verteilung der Chromosomen oder Verluste einzelner Chromosomen im Cytoplasma nicht-lebensfähige Chromosomenkombinationen entstehen können, ist zu erwarten. Weshalb aber die Dyaden nicht lebensfähig sind, ist weniger verständlich. Vielleicht muß man die Erklärung dafür in der gleichen Richtung wie der von BLEIER entwickelten Hypothese suchen, daß die Dyadenbildung als Zeichen beginnender Degeneration aufzufassen ist, und die Dyaden somit den „Todeskeim“ schon enthalten. Auch MÜNTZING nimmt diese beiden Ursachen an, während MEURMAN und RANCKEN neben Chromosomenunstimmigkeiten auf Letalfaktoren schließen.

Die Reduktionsteilung bei Kartoffeln mit 24 u. 36 somatischen Chromosomen.

Kartoffeln mit 24 und 36 Chromosomen sind von RYBIN, LONGLEY und CLARK und eingehend von MÜNTZING untersucht worden. Die Formen mit 24 Chromosomen bilden in den Pollenmutterzellen 12 Gemini (Abb. 6a). Der Verlauf der Reduktionsteilung ist ganz normal.

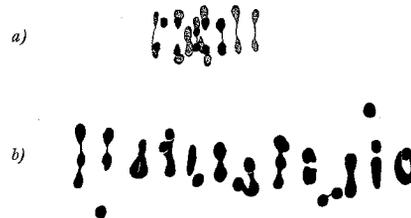


Abb. 6. a) Späte heterotype Metaphase einer Kartoffel mit 24 Chromosomen; b) heterotype Metaphase mit Tri-, Bi- und Univalenten einer 36-chromosomigen Kartoffel (nach MÜNTZING).

Bei den 36-chromosomigen Kartoffeln kommen in der heterotypen Metaphase in der Mehrzahl Trivalente vor; daneben finden sich fast immer auch einige Bi- und Univalente (Abb. 6b). MÜNTZING stellte in 57 Metaphasen folgende Häufigkeit der Univalenten fest:

Univalente:	0	1	2	3	4	5	6
Fälle:	6	10	13	10	12	5	1

Auffallend ist, daß sich nach LONGLEY und CLARK die 36 Chromosomen von *S. cardiophyllum* und *S. commersonii* zu 12—18 Bivalenten mit entsprechender Anzahl Univalenter paaren, also keine Trivalenten vorkommen. Daraus kann man auf eine ganz andere Entstehungsweise schließen.

In der Anaphase werden die dritten Chromosomen der Trivalenten und die Univalenten zufallsmäßig auf die Tochterkerne verteilt oder

bleiben ausgeschlossen. MÜNTZING hat unter 100 Pollenmutterzellen 63 mit Mikronuclei gefunden. Die Chromosomenverteilung ist aus der folgenden Zusammenstellung der Chromosomenzahlen in der zweiten Metaphase von 58 Fällen zu erkennen:

Chromosomenzahl: 14 15 16 17 18 19 20 21 22
 Fälle: 3 3 12 14 12 8 4 1 1

In der zweiten Anaphase gingen keine Chromosomen verloren. Dagegen werden manchmal Kleinspindeln, oder teilweise oder vollständige Verschmelzungen der beiden Hauptspindeln wie bei den 48-chromosomigen Kartoffeln angetroffen. Im Tetradenstadium zählte MÜNTZING

2 3 4 5 6 Zellen
 in 2 1 49 24 4 Fällen.

Er stellte auch nur 25% gute Pollen und keinen Fruchtansatz fest. Als Ursache der Sterilität nimmt MÜNTZING unharmonische Chromosomenbestände in den Mikrosporen und physiologische Störungen in der Mutterpflanze an.

Primäre und sekundäre Paarung der Chromosomen.

In seiner umfangreichen Arbeit über das Vorkommen von sekundärer Paarung, worin auch die ganze einschlägige Literatur besprochen wird, hat LAWRENCE (1931) als erster das Zusammenliegen der Gemini in der ersten Metaphase von *Solanum*-Arten in Zweiergruppen (Abb. 1D von LONGLEY u. CLARK) als sekundäre Paarung gedeutet. Als sekundäre Paarung wird eine Annäherung von Gemini, die erst in der Prometaphase einsetzt, im Gegensatz zu primärer Paarung bezeichnet, welche in der Prophase stattfindet und auf Chiasmabildung der Geminipartner beruht. Sekundäre Paarung wird als Zeichen schwacher allgemeiner Affinität betrachtet, weshalb LAWRENCE annimmt, daß 6 die eigentliche Grundzahl der Gattung *Solanum* ist. Diese Annahme wird auch durch die Paarungsverhältnisse der hexaploiden *S. cardiophyllum* und *S. commersonii* unterstützt.

MEURMAN u. RANCKEN schenken bei ihren Untersuchungen ebenfalls der sekundären Paarung besondere Beachtung und geben die Gruppierung der Gemini in der ersten Metaphase einer Pollenmutterzelle 4 verschiedener Sorten wie folgt an (vgl. auch Abb. 2):

Gruppen von 1	2	3	4	5	Gemini bei
Vesijärvi . . .	5	3	3	4	2
Pepo.	5	8	1	6	0
Deodara . . .	0	8	0	5	2
Great Scot . .	0	3—5	0	8—9	1

MEURMAN u. RANCKEN schließen aus Chromosomenfiguren wie in Abb. 7, daß die multivalenten Gruppierungen in der ersten Metaphase

nicht allein durch sekundäre, sondern zum Teil auch durch primäre Paarung verursacht sind.



Abb. 7. Primäre Paarung in tri-, tetra-, penta- und hexavalenten Ketten und Ringen in der heterotypen Metaphase bei 48-chromosomigen Kartoffeln (nach MEURMAN und RANCKEN).

Sie nehmen als Chromosomengrundzahl 12 an und erklären die Gruppen von mehr als 4 Gemini durch Segmentaustausch.

MÜNTZING hat in seinen Untersuchungen auch die 24- und 36-chromosomigen Kartoffeln auf das Vorkommen von sekundärer Paarung analysiert und mit den 48-chromosomigen Kartoffeln verglichen. In der Tabelle 2 sind die Zählungen MÜNTZINGS von 111 zweiten Metaphasen zusammengefaßt (vgl. auch Abb. 8).



Abb. 8. Einzelchromosomen, Zweier-, Dreier- und Vierergruppen in homiootypen Metaphasen von Kartoffeln mit 24, 36 und 48 Chromosomen somatisch (nach MÜNTZING).

Tabelle 2. Sekundäre Paarung in der II. Metaphase.

	2 x	Einzel-Chrom.	Chromosomengruppen von						Fälle
			2	3	4	5	6	>6	
<i>S. tuberosum</i>	24	303	106	8	2	1	—	—	46
„	36	338	93	49	5	1	—	—	40
„	48	187	59	30	19	3	4	8	25

Je nach der Chromosomenzahl ist die Paarung verschieden. Mit 24 Chromosomen herrschen Zweiergruppen vor, bei 36 Chromosomen kommt noch eine größere Zahl Dreiergruppen und bei 48 Chromosomen Vierergruppen hinzu. Um primäre Paarung kann es sich in der zweiten Teilung nicht handeln. MÜNTZING betrachtet deshalb 6 als Grundzahl von *Solanum*, spricht aber von di-, tri- und tetraploiden Rassen. Die richtige Bezeichnung der Sorten ist bei dieser Annahme aber tetra-, hexa- und oktoploid.

Zum Abschluß muß aber noch darauf hingewiesen werden, daß die Hypothese der sekundären Paarung sehr problematisch ist. Logischerweise erwartet LAWRENCE bei Autopolyploiden sekundäre Paarung, wenn sich die Homologen nicht zu echten Multivalenten vereinigt haben. LINDSTROM u. HUMPHREY fanden aber in tetraploiden Tomaten (2 x = 48), die aus Hapliden erhalten wurden und 4 vollkommen homologe Genome besitzen, 24 Gemini und keine sekundäre Paarung in der heterotypen Meta-

phase. Dies zeigt u. E., wie viele Befunde bei Bastarden, daß die Hypothese der primären und sekundären Paarung dem ganzen Problem viel zu einfach gegenübersteht.

Die Reduktionsteilung bei Bastarden.

Als erste hat MARY ADAMS cytologische Untersuchungen an Kartoffelbastarden unternommen (SALAMAN 1928). In F_1 *S. utile* ($\times = 36$) \times *S. tuberosum* ($\times = 24$) fand sie 24 Bi- und 12 Univalente. Zählungen von homoiotypen Metaphasen zeigten, daß die 12 Univalenten zufallsmäßig auf die Tochterkerne verteilt werden. Einige können auch im Cytoplasma verloren gehen. Es bildeten sich immer Tetraden mit 4 Zellen.

In den Nachkommen ließ sich eine Parallele zwischen Chromosomenzahl und Pflanzenhabitus ermitteln: *utile*-Typen = 30—36 Chromosomen, *tuberosum*-Typen = 24—30 Chromosomen und intermediäre Typen etwa 30 Chromosomen.

Die Bastarde *S. Fendleri* ($\times = 24$) \times *S. chacoense* ($\times = 12$) besitzen nach LONGLEY u. CLARK 12 Bi- und 12 Univalente, *S. chacoense* ($\times = 12$) \times *S. tuberosum* ($\times = 24$) nach OPPENHEIMER ebenfalls 12 Bi- und 12 Univalente; die Verteilung der Univalenten erfolgt im letzten Bastard zufallsmäßig. Aus der gleichen Bastardierung erhielt OPPENHEIMER aber auch drei Pflanzen mit 48 Chromosomen, die im Habitus Bastardnatur zeigen. OPPENHEIMER nimmt deshalb an, daß sie durch Befruchtung eines diploiden Eies mit Pollen von *S. tuberosum* entstanden sind. Sie bilden 24 Gemini, haben ziemlich normale Reduktionsteilung und sind sehr gut selbstfertil.

Chimären und Knospenmutanten.

Die Untersuchungen ASSEYEVAS (1927, 1931) haben es sehr wahrscheinlich gemacht, daß die meisten Knospenmutanten der Kartoffel Periklinalchimären sind. Die cytologische Untersuchung, ob die mutierten Zellen gegenüber der Stammform Chromosomenunterschiede besitzen, steht noch aus.

RYBIN hat dagegen bei verschiedenen Kartoffeln und bei *S. coyoacanum* in Wurzeln manchmal größere Gewebeteile mit verdoppelter Chromosomenzahl gefunden.

Abstammung der Kartoffeln.

Die bisherigen cytologischen Untersuchungen erlauben es, einige Vermutungen über die Entstehung der kultivierten Kartoffeln zu begründen. Da bei den 48chromosomigen Kartoffeln nur ein Paar mit Satelliten vorkommt, schließen MEURMAN und RANCKEN, daß die Kartoffel allotetraploid ist. Will man die Untersuchungsergebnisse über die sekundäre Paarung als be-

weiskünftig ansehen und 6 als Grundzahl annehmen, dann ist die Kartoffel oktoploid. Daß Bastardierung bei der Entstehung eine Rolle gespielt hat, läßt das Vorkommen der Kartoffeln mit 24 und 36 Chromosomen in Südamerika annehmen. Die Bastardnatur der Arten mit 36 Chromosomen und die Arten mit 72 Chromosomen legen Verdoppelung der Chromosomenzahl nach Bastardierung als Artbildungsprozeß bei den Kartoffeln nahe (RYBIN). RYBIN hält es auch für wahrscheinlich, daß die in Südamerika kultivierten Kartoffeln, selbst wenn sie die gleiche Chromosomenzahl besitzen, aus verschiedenen wilden Arten und unabhängig voneinander entstanden sind.

Literatur.

- ASSEYEVA, T.: Bud mutations in the potato and their chimerical nature. *J. Genet.* **19**, 1—26 (1927).
 ASSEYEVA, T.: Bud mutations in the potato. *Bull. appl. Bot.* **27**, Nr. 4, 135—218 (1931).
 BLEIER, H.: Untersuchungen über die Sterilität der Kartoffel. *Arch. Pflanzenbau* **5**, 545—550 (1931).
 FUKUDA, Y.: Cytological studies on the development of the pollen-grain in different races of *Solanum tuberosum* L., with special reference to sterility. *Bot. Mag. Tokyo* **41**, 459—476 (1927).
 HEYN, H.: Beitrag zur Cytologie der Kartoffel (*Solanum tuberosum* L.). *Arch. Pflanzenbau* **3**, 123—168 (1930).
 JØRGENSEN, C. A.: The experimental formation of heteroploid plants in the genus *Solanum*. *J. Genet.* **19**, 133—211 (1928).
 KOSTOFF, D.: A contribution to the sterility and irregularities in the meiotic processes caused by virus diseases. *Genetica* **15**, 103—114 (1933).
 LAWRENCE, W. J. C.: The secondary association of chromosomes. *Cytologia* **2**, 352—384 (1931).
 LEVITSKY, G. A., and G. K. BENETSKAJA: On the karyotype of *Solanum tuberosum* L. *Bull. appl. Bot.* **17**, Nr. 3, 289—303 (1927).
 LONGLEY, A. E., and C. F. CLARK: Chromosome behavior and pollen production in the potato. *J. agricult. Res.* **41**, 867—888 (1930).
 MEURMAN, O., u. G. RANCKEN: Untersuchungen über die Chromosomenverhältnisse bei kultivierten Kartoffelsorten (*Solanum tuberosum* L.). *Soc. Sci. Fennica Comm. Biol.* **3**, Nr. 26 (1932).
 MÜNTZING, A.: Studies on meiosis in diploid and triploid *Solanum tuberosum* L. *Hereditas (Lund)* **17**, 223—245 (1933).
 OPPENHEIMER, H. C.: Cytogenetische Untersuchungen an Bastarden knollentragender *Solanum*-Arten. I. *Solanum chacoense* BITT. \times *Solanum tuberosum* L. s. str. *Z. Abstammungslehre* **65**, 72—98 (1933).
 RATHLEF, H. v.: Materialien zur Kenntnis des reifenden Pollenkorns der Kartoffel, I. u. II. *Arch. Pflanzenbau* **5**, 486—544 u. **9**, 344—388 (1931/32).
 RATHLEF, H. v.: Die Stammtafeln des Weltsortiments der Kartoffel und ihre generativ fruchtbaren Sorten. *Kühn-Arch.* **33**, 297—431 (1932).
 RYBIN, W. A.: Karyologische Untersuchungen an einigen wilden und einheimischen kultivierten wilden Kartoffeln Amerikas. *Z. Abstammungslehre* **53**, 313—354 (1930).

SALAMAN, R. N.: Potato varieties. Cambridge 1926.

SALAMAN, R. N.: Abnormal segregation in families arising from the cross *Solanum utile* × *Solanum tuberosum* (with a cytological analysis by MARY ADAMS). Z. Abstammungslehre Suppl. 2, 1230—1239 (1928).

SMITH, H. B.: Chromosome counts in the varie-

ties of *Solanum tuberosum* and allied wild species. Genetics 12, 84—92 (1927).

STOW, I.: A cytological study on pollen sterility in *Solanum tuberosum* L. Jap. J. of Bot. 3, 217 bis 238 (1927).

VILMORIN, R. DE, et M. SIMONET: Recherches sur le nombre des chromosomes chez les Solanées. Z. Abstammungslehre Suppl. 2, 1520—1536 (1928).

(Aus dem John Innes Institut, London.)

Die Bedeutung des Maises als Demonstrations- und Versuchsmaterial für Vererbungskurse.

Von **F. Brieger.**

Die Erkenntnis von der Bedeutung der modernen Vererbungslehre für die verschiedensten Fragen des Lebens scheint sich allmählich in immer weiteren Kreisen durchzusetzen. Es ist daher wohl zu hoffen, daß dieses wichtige Gebiet auch in steigendem Maße sich an den Hochschulen als ein wichtiges Lehrfach durchsetzen wird, während es ja zur Zeit noch immer sehr stiefmütterlich behandelt wird. Eine besondere Bedeutung wird hier immer neben einführenden oder spezielleren Vorlesungen den praktischen Übungen zukommen, die ja allein den notwendigen engen Kontakt mit der oft recht verwickelten Materie vermitteln können.

Während nun wohl in allen anderen biologischen Teildisziplinen eine hinreichende praktische Erfahrung im Abhalten von Kursen in Generationen von Dozenten erworben worden ist, so fehlt diese notwendige Vorarbeit für Vererbungskurse noch in weitem Maße. Schon allein die Beschaffung des notwendigen Versuchsmaterials stößt meistens auf große Schwierigkeiten. Ich glaube jedoch auf Grund meiner Erfahrung im Abhalten von Vererbungskursen an der Harvard University, Cambridge, U. S. A. und der Berliner Universität, daß sich alle Fragen bei der notwendigen Vorarbeit leicht werden lösen lassen.

In den Kursen in den Hochschulen der Vereinigten Staaten spielt, wie man sich aus den gedruckten Leitfäden leicht überzeugen kann, *Drosophila* eine sehr große Rolle. Es ist auch ganz sicher, daß dieses Tier für die meisten Fragen ein unentbehrliches Versuchsobjekt darstellt. Mit einer Generationsdauer von etwa 2 Wochen lassen sich Kreuzungen und Rückkreuzungen, ausgehend von homozygoten reinen Stämmen, im Laufe eines Kurses mit wöchentlich etwa 2 Stunden leicht ausführen. Die Dauer eines Semesters ist gerade ausreichend, um eine einfache Spaltung, eine Koppelungs-

und Abstoßungsanalyse, einen Fall geschlechtsgebundener Vererbung von der *P*- bis zu der notwendigen *F*₂- oder *FR*₂-Generation bequem von den Studenten selbst ausführen zu lassen.

Dagegen ist *Drosophila* sehr ungeeignet, um die besonders für den botanischen Genetiker und den Pflanzenzüchter wichtigen komplizierten *F*₂-Spaltungen zu demonstrieren. Hier ist nun der Mais das weitaus geeignetste Objekt, da man bei dieser Pflanze fast alle Spaltungsverhältnisse demonstrieren kann, und außerdem noch Material jederzeit in Vorrat gehalten werden kann. Ich habe allmählich geeignetes Material gesammelt und ausprobiert und möchte meine Erfahrungen im folgenden kurz zusammenfassen¹.

Der besondere Vorteil des Maises liegt darin, daß die an einer Pflanze geernteten Körner am Kolben selbst schon die Spaltung der nächsten Generation zeigen. Die Hauptmasse des Kornes wird ja vom Endosperm gebildet, das ebenso wie der Embryo nach der Verschmelzung bestimmter Kerne der weiblichen Mutterpflanze mit einem Kern des Pollenschlauches entsteht. Daß es sich dabei um 2 weibliche Kerne, die beiden sog. Polkerne handelt, und daß Endosperm also triploid ist, bringt in den meisten Fällen keine Komplikation mit sich. Das Endosperm mit der Aleuronschicht hat also im Prinzip den gleichen genetischen Charakter wie die darin eingebetteten Embryonen. Andere Merkmale wieder sind an jungen, etwa 2 Wochen alten Keimlingen zu erkennen. Wieder andere, die erst an den erwachsenen Pflanzen genau zu erkennen sind, erscheinen für Kurszwecke ungünstig.

¹ Bei dem Zusammentragen des Materials waren mir verschiedene amerikanische Kollegen mit Rat und Tat behilflich, und ich möchte dafür Herrn Dr. DEMEREC, Herrn Dr. P. MANGELSDORF und vor allem Herrn Dr. FRASER bestens danken.