

(Aus der Zweigstelle Baden [Rosenhof bei Ladenburg a. N.] des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Züchtungsforschung, ERWIN BAUR-Institut.)

Untersuchungen an polyploiden Pflanzen.

VI. Pollengröße und Zellkerngröße bei diploiden und autotetraploiden Pflanzen.

Von F. SCHWANITZ.

Über die Zellgröße und auch über die Pollengröße bei diploiden und tetraploiden Pflanzen liegt heute bereits eine größere Anzahl von Untersuchungen vor. Diese haben im wesentlichen ergeben, daß das Volumen der Zelle oder der Pollenkörner durch die Genomverdoppelung entsprechend einem artspezifischen Zellvergrößerungsindex vergrößert wird. Dieser Zellvergrößerungsindex hat im Normalfalle etwa den Wert 2, kann aber gelegentlich auch wesentlich größer oder kleiner sein. Wenn trotz dieser zahlreich vorliegenden Arbeiten hier noch einmal die Größe haploider und diploider Pollen untersucht wurde, so darum, weil es uns wichtig erschien, das Verhältnis zwischen Volumen und Oberfläche für Diploide wie für Tetraploide zahlenmäßig festzulegen, weil dessen Veränderung, hervorgerufen durch die Vergrößerung des Zellvolumens durch die Polyploidie, für zahlreiche physiologische Prozesse von entscheidender Bedeutung sein muß. Nach den Arbeiten von WETTSTEIN (1937) und WETTSTEIN und STRAUB (1942) erschien es ferner wichtig, zu untersuchen, ob bei fertileren Stämmen von Senf und von Rübsen irgendwelche Veränderungen in der Zellgröße eingetreten waren, und schließlich war es noch interessant, festzustellen, ob bei diesen fertileren Tetraploiden auch die Größe der Zellkerne in irgendeiner Form beeinflusst worden war.

Die Messungen der Pollengröße wurden so vorgenommen, daß frischer Pollen aus Antheren entnommen wurde, die unmittelbar vor dem Platzen standen. Der Pollen wurde sofort nach der Entnahme in Paraffinöl gebracht und so schnell wie möglich gemessen. In einigen Fällen wurde trockener Pollen, der etwa 24 Stunden im Exsikkator gewesen war, ebenfalls in Paraffinöl gemessen. Mit Hilfe dieses Verfahrens und infolge der großen Zahl der vorgenommenen Messungen sind mit einer Ausnahme bei den Pollenmessungen die Differenzen sämtlicher Werte durch ein $P < 0,0027$ gesichert.

Die Messungen der Zellkerne wurden an Epidermiszellen vorgenommen. Die Epidermis der Blattunterseite wurde abgezogen und in einem Gemisch von Eisenkarminessigsäure nach Lorbeer und von Carnoy's 1:1 zugleich fixiert und gefärbt. Für die Messung wurden nur normale Zellen der Epidermis, keine Spaltöffnungszellen und keine der kleineren Zellen in der Nähe der Spaltöffnungen benutzt.

Für die Darstellung der Sicherung der Differenzen zwischen zwei Werten bedienen wir uns auch hier, wie in früheren Arbeiten, der von PIRSCHLE eingeführten Zeichen: $^{***}P < 0,0027$, Wahrscheinlichkeit $> 99,73\%$; $^{**}P 0,0027-0,01$, Wahrscheinlichkeit $99,73$ bis 99% ; $^{*}P 0,01-0,05$, Wahrscheinlichkeit $99-95\%$; $^{\circ}P 0,05-0,1$, Wahrscheinlichkeit $95-90\%$, Unterschiede können nicht mehr als gesichert gelten; $^{\circ\circ}P > 0,1$, Wahrscheinlichkeit unter 90% .

Da die Pollenkörner — und mit einiger Annäherung auch die Zellkerne — als Rotationsellipsoide betrach-

tet werden können, wurden Volumen und Oberfläche der Pollenkörner und der Zellkerne nach den Formeln für Rotationsellipsoide berechnet:

$$v = \pi \frac{4}{3} \pi a b^2$$

$$o = 2\pi ab \left[\sqrt{1-\varepsilon^2} + \frac{\arcsin \varepsilon}{\varepsilon} \right]; \quad \varepsilon = \frac{\sqrt{2-b^2}}{a}$$

Herrn Professor Dr. U. WEGENER in Heidelberg bin ich für die Angabe der Oberflächenformel zu Dank verpflichtet.

Das für die Untersuchungen verwendete Material an polyploiden Pflanzen war durch Behandlung mit Colchicin aus Handelssaatgut gewonnen worden. Als diploides Vergleichsmaterial diente Handelssaatgut der gleichen Sorten, von der gleichen Firma bezogen, von der das Ausgangsmaterial stammte. Bei den gut fertilen Tetraploiden handelte es sich um Stämme, die von Tetraploiden stammen, die sich durch besseren Schötchenansatz vor den übrigen Tetraploiden auszeichneten und die ihre größere Fruchtbarkeit auch auf ihre Nachkommenschaft übertragen hatten. (Vgl. auch Arbeit V dieser Reihe.)

Tab. 1 gibt das Ergebnis dieser Messungen und Berechnungen wieder, Tab. 2 enthält die Relativzahlen für die gleichen Werte, wobei die $2n$ -Werte = 100 gesetzt sind.

Aus den Zahlen ergibt sich das für die Polyploidie charakteristische Bild, daß die Vergrößerung des Volumens im großen und ganzen bei etwa 200% des Volumens der diploiden Pollenkörner liegt, daß aber sowohl erheblich größere (*Rumex patientia*) wie auch niedrigere Werte (*Sinapis alba*) gefunden werden. Die Zunahme der Oberfläche ist stets erheblich geringer als die des Volumens, daher sind die Werte $\frac{\text{Oberfläche}}{\text{Volumen}}$

bei den Tetraploiden stets um etwa 20% niedriger als bei den Diploiden. Mit anderen Worten: auf die gleiche Oberfläche kommt bei den Tetraploiden ein um 20—30% größerer Volumenanteil als bei den Diploiden. Bezeichnet man die auf das gleiche Volumen entfallende Oberfläche als relative Oberfläche, so ist

die relative Oberfläche $\left(= \frac{\text{Oberfläche}}{\text{Volumen}} \right)$ bei den Tetra-

ploiden um etwa 15—20% niedriger als bei den Diploiden. Da die Intensität aller physiologischen Prozesse weitgehend durch die Oberfläche des betreffenden Körpers — in diesem Falle des Pollenkorns — beeinflusst wird, und da wir wohl mit Recht annehmen dürfen, daß sich die Körperzellen hierin genau ebenso verhalten wie die Pollenkörner, muß die Verminderung der relativen Oberfläche der Zelle zu einer Herabsetzung des Stoffwechsels und damit der Lebens-tätigkeit der Zelle und somit der ganzen Pflanze führen, wie sie uns ja tatsächlich von zahlreichen Polyploiden bekannt ist. Das Trägerwerden des Stoffwechsels bei den Polyploiden würde sich demnach als Sonderfall des RUBNERSchen Gesetzes von der Ab-

hängigkeit des Stoffwechsels von der Körperoberfläche erklären. In der nächsten Arbeit dieser Reihe, die sich mit der Atmung der diploiden und tetraploiden Pflanzen beschäftigt, wird auf diese Zusammenhänge noch ausführlicher eingegangen werden.

Wichtig erscheint uns das Verhalten der fertileren Tetraploiden sowohl bei Senf wie bei Rübsen. In beiden Fällen ist die Vergrößerung der Pollenkörner bei den fertileren Tetraploiden nicht so groß wie bei

den normalen Tetraploiden. Das heißt mit anderen Worten, daß die Verkleinerung der relativen Oberfläche nicht so stark ist wie bei den normalen Tetraploiden. Dies bedeutet, daß die ganzen Stoffwechselvorgänge nicht so träge verlaufen wie bei den gewöhnlichen Tetraploiden, und daß infolgedessen auch die Fertilität dieser Formen gegenüber den tetraploiden Ausgangsformen erhöht ist, denn, wie in der vorhergehenden Arbeit dieser Reihe über die Sexualität der

Tabelle 1. Größenverhältnisse bei haploidem und diploidem Pollen.

Objekt	Valenz	n	Länge (in μ)	Breite (in μ)	Volumen (in μ^3)	Oberfläche (in μ^2)	Oberfläche Volumen	Volumen Oberfläche
Senf 1942 (<i>Sinapis alba</i> L.) normale N-Düngung Pollen feucht	2n	500	129,50 \pm 0,287	90,74 \pm 0,183	558 300	33 487	0,05998	16,7
	4n gut fertil	500	152,40 \pm 0,439	108,2 \pm 0,335	934 200	47 133	0,05045	19,8
	4n normal	500	158,15 \pm 0,414	113,03 \pm 0,320	1 055 300	51 161	0,04848	20,6
Senf 1942 3fache N-Düngung Pollen feucht	2n	500	132,97 \pm 0,264	92,69 \pm 0,198	598 230	35 011	0,05852	17,1
	4n gut fertil	500	156,61 \pm 0,378	111,86 \pm 0,336	1 002 800	50 140	0,05000	20,0
	4n normal	500	158,73 \pm 0,375	114,44 \pm 0,285	1 088 500	52 106	0,04787	20,9
Senf 1944 ohne N-Düngung Pollen feucht	2n	1000	125,98 \pm 0,116	88,72 \pm 0,116	519 250	31 892	0,06142	16,3
	4n	1000	154,39 \pm 0,231	109,97 \pm 0,220	977 730	48 769	0,04990	20,1
Senf 1944 mit N-Düngung Pollen feucht	2n	1000	131,28 \pm 0,233	92,17 \pm 0,395	583 930	34 497	0,05908	16,9
	4n	1000	153,91 \pm 0,234	110,66 \pm 0,074	986 960	48 817	0,04951	20,2
Senf 1944 ohne N-Düngung Pollen trocken	2n	1000	129,89 \pm 0,170	66,89 \pm 0,099	304 290	23 327	0,07666	13,0
	4n	1000	157,96 \pm 0,276	82,20 \pm 0,167	558 930	35 065	0,06274	15,9
Senf 1944 mit N-Düngung Pollen trocken	2n	1000	134,29 \pm 0,170	66,09 \pm 0,096	306 550	23 571	0,07689	13,0
	4n	1000	158,63 \pm 0,178	82,57 \pm 0,125	566 180	35 325	0,06239	16,0
Rübsen 1942 (<i>Brassica rapa</i> L.) var. <i>oleifera</i> METZGER Pollen feucht	2n	149	99,54 \pm 0,267	72,13 \pm 0,533	271 140	20 710	0,07638	13,1
	4n	150	126,47 \pm 0,229	90,06 \pm 0,278	537 100	32 576	0,06065	16,5
Rübsen 1944 Pollen feucht	2n	500	107,30 \pm 0,185	72,85 \pm 0,397	296 150	22 119	0,07470	13,4
	4n gut fertil	1000	129,75 \pm 0,193	88,35 \pm 0,013	530 340	32 372	0,06100	16,4
	4n normal	1000	135,21 \pm 0,179	91,19 \pm 0,107	588 600	34 875	0,05930	16,9
Furchenkohl 1942 (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>acephala</i> L.) Pollen feucht	2n	150	97,64 \pm 0,394	7,068 \pm 0,230	255 410	19 812	0,07760	12,9
	4n	150	118,61 \pm 0,419	92,45 \pm 0,313	532 430	32 105	0,06030	16,6
Ölrettich 1942 <i>Raphanus sativus</i> L. var. <i>oleiferus</i> METZGER Pollen feucht	2n	150	95,57 \pm 0,304	70,65 \pm 0,197	249 780	19,476	0,07797	12,8
	4n	150	121,53 \pm 0,506	91,31 \pm 0,320	530 500	33 206	0,06259	15,9
Gartenampfer <i>Rumex patientia</i> L. Pollen feucht	2n	198	97,99 \pm 0,35	97,99 \pm 0,35	494 790	28 811	0,05980	17,2
	4n	200	134,59 \pm 0,72	134,59 \pm 0,72	1 276 300	56 840	0,04460	22,5
<i>Digitalis ambigua</i> L. Pollen feucht	2n	200	91,95 \pm 0,013	91,95 \pm 0,013	398 840	26 564	0,06660	15,0
	4n	200	120,31 \pm 0,132	120,31 \pm 0,132	912 040	45 467	0,04990	20,1
<i>Digitalis lanata</i> L. Pollen feucht	2n	200	73,78 \pm 0,158	73,78 \pm 0,158	210 290	17 099	0,08131	12,3
	4n	200	103,35 \pm 0,148	103,35 \pm 0,148	578 160	33 585	0,05809	17,2
<i>Digitalis lutea</i> L. Pollen feucht	2n	200	89,46 \pm 0,306	89,46 \pm 0,306	374 880	25 148	0,06708	14,9
	4n	200	113,68 \pm 0,374	113,68 \pm 0,374	732 480	40 589	0,05541	18,1
<i>Digitalis lutea</i> L. Pollen trocken	2n	200	111,83 \pm 0,315	58,99 \pm 0,198	203 630	17 542	0,08615	11,6
	4n	200	132,98 \pm 0,583	76,37 \pm 0,511	406 060	27 853	0,06859	19,6
Chicorée <i>Cichorium intybus</i> L. var. <i>foliosum</i> Pollen feucht	2n	400	116,55 \pm 0,236	116,55 \pm 0,236	837 760	42 675	0,05094	19,6
	4n	300	136,63 \pm 0,222	136,63 \pm 0,222	1 335 800	58 650	0,04391	22,8

Polyploiden gezeigt werden konnte, ist die herabgesetzte Fertilität der Tetraploiden wahrscheinlich in erster Linie die Folge des trägeren Stoffwechsels und vor allem der verlangsamten Stoffleitung in der Pflanze. In dieser Arbeit wurde bereits darauf hingewiesen, daß die Vergrößerung des Zellvolumens und die damit unmittelbar verknüpfte Verschlechterung der relativen Zelloberfläche die Ursache der Verschlechterung des Stoffwechsels und damit letzten Endes auch der

Sexualität ist. Bei Tetraploiden, die kleinere Zellen besitzen als die tetraploide Ausgangsform, und bei denen daher auch die relative Oberfläche der Zelle nicht so stark vermindert ist, sind infolge dieser geringeren Verkleinerung der relativen Oberfläche der Stoffwechsel und die Stoffbewegungen in der Pflanze lebhafter als bei den normalen Tetraploiden.

Für eine derartige Beeinflussung des Stoffwechsels durch die Zellgröße sprechen auch die Größenverhält-

Tabelle 2. Größenverhältnisse bei haploidem und diploidem Pollen. Relativzahlen ($2n = 100$).

Objekt	Valenz	n	Länge (in μ)	Breite (in μ)	Volumen (in μ^3)	Oberfläche (in μ^2)	Oberfläche Volumen	Volumen Oberfläche
Senf 1942 (<i>Sinapis alba</i> L.) normale N-Düngung Pollen feucht	2n	500	100	100	100	100	100	100
	4n gut fertil	500	117,7	119,1	167,3	140,7	84,1	118,9
	4n normal	500	122,2	124,6	193,4	152,8	80,8	123,7
Senf 1944 3fache N-Düngung Pollen feucht	2n	500	100	100	100	100	100	100
	4n gut fertil	500	117,5	120,7	167,6	143,2	85,4	117,0
	4n normal	500	119,4	123,4	181,9	148,8	81,8	122,2
Senf 1944 ohne N-Düngung Pollen feucht	2n	1000	100	100	100	100	100	100
	4n	1000	122,7	123,9	188,3	152,9	81,2	123,1
Senf 1944 mit N-Düngung Pollen feucht	2n	1000	100	100	100	100	100	100
	4n	1000	117,2	122,9	168,9	141,5	83,8	119,3
Senf 1944 ohne N-Düngung Pollen trocken	2n	1000	100	100	100	100	100	100
	4n	1000	121,5	122,9	183,7	150,3	81,8	122,2
Senf 1944 mit N-Düngung Pollen trocken	2n	1000	100	100	100	100	100	100
	4n	1000	118,1	124,9	184,7	149,9	81,1	123,2
Rübsen 1942 (<i>Brassica rapa</i> L. var. <i>oleifera</i> METZGER) Pollen feucht	2n	149	100	100	100	100	100	100
	4n	150	127,1	124,9	198,1	157,3	79,2	125,9
Rübsen 1944 Pollen feucht	2n	500	100	100	100	100	100	100
	4n gut fertil	1000	120,9	121,4	179,1	146,3	81,7	122,4
	4n normal	1000	126,0	125,3	198,7	157,7	79,3	126,0
Furchenkohl 1942 (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>acephala</i> L.) Pollen feucht	2n	150	100	100	100	100	100	100
	4n	150	121,5	130,8	208,5	162	77,7	128,6
Ölrettich 1942 (<i>Raphanus sativus</i> L. var. <i>oleiferus</i> METZGER) Pollen feucht	2n	150	100	100	100	100	100	100
	4n	150	127,1	129,2	212,4	170,5	80,3	124,6
Gartenampfer (<i>Rumex patientia</i> L.) Pollen feucht	2n	198	100	100	100	100	100	100
	4n	200	137,4	137,4	257,9	197,2	74,6	130,8
<i>Digitalis ambigua</i> L. Pollen feucht	2n	200	100	100	100	100	100	100
	4n	200	130,8	130,8	228,7	171,2	74,9	133,6
<i>Digitalis lanata</i> L. Pollen feucht	2n	200	100	100	100	100	100	100
	4n	200	140,1	140,1	274,9	196,4	71,4	140,0
<i>Digitalis lutea</i> L. Pollen feucht	2n	200	100	100	100	100	100	100
	4n	200	127,1	127,1	195,4	161,4	82,6	121,1
<i>Digitalis lutea</i> L. Pollen trocken	2n	200	100	100	100	100	100	100
	4n	200	118,9	129,5	199,4	158,7	79,6	125,6
Chicorée <i>Cichorium intybus</i> L. var. <i>foliosum</i> Pollen feucht	2n	400	100	100	100	100	100	100
	4n	300	117,2	117,2	159,5	137,4	86,2	116,0

nisse bei den Pollenkörnern, die aus Parzellen ohne oder mit, bzw. mit schwacher oder starker N-Düngung stammen. Die Messungen ergeben ganz allgemein, daß durch die N-Düngung das Volumen der Zelle erhöht wird. Diese Vergrößerung des Zellvolumens infolge der Stickstoffdüngung erfolgt nun jedoch nicht gleichmäßig in beiden Valenzstufen.

Wie Tab. 3 zeigt, nimmt das Volumen infolge der Stickstoffdüngung bei den Diploiden ganz erheblich stärker zu als bei den Tetraploiden. Die gut fertilen Tetraploiden scheinen sich in ihrer Reaktion auf die Stickstoffzufuhr nicht wesentlich anders zu verhalten als die Diploiden. Wir haben hier wieder einmal einen der für das Verhalten künstlich hergestellter Polyploider charakteristischen Fälle vor uns, in denen die Tetraploiden auf günstige Außenbedingungen nicht so gut und so stark zu reagieren vermögen wie die Diploiden. Die in den beiden vorhergehenden Arbeiten dieser Reihe gebrachten Tatsachen und Vorstellungen

Tabelle 3. Steigerung des Zellvolumens durch N-Düngung. (ungedüngt bzw. schwach gedüngt = 100)

Objekt	Valenz	
Senf (<i>Sinapis alba</i> L.)	2n	107
	4n fertil	107
	4n	103
Senf Pollen feucht	2n	113
	4n	101

machen diesen Befund verständlich, der andererseits selbst wieder ein neuer Beleg für die Richtigkeit der dort entwickelten Vorstellungen ist. Es würde in diesen Arbeiten u. a. geschlossen, daß sowohl die Stoffaufnahme wie die Stoffleitung in polyploiden Pflanzen infolge der herabgesetzten Permeabilität, der verminderten osmotischen Werte und der verringerten Transpiration ebenfalls träger verläuft, und daß dieser trägere Stoffwechsel, der im Grunde die entscheidende Ursache für die Verminderung der Sexualität ist, letzten Endes auf die Vergrößerung des Zellvolumens durch die Polyploidie zurückgeht. Ist aber die Zellvergrößerung die wesentlichste Ursache für das Trägerwerden des Stoffwechsels, so wird es verständlich, daß polyploide Formen, die kleinere Zellen besitzen, einen lebhafteren Stoffwechsel aufweisen als die großzelligen polyploiden Formen. Bei derartigen Pflanzen wird demgemäß die Aufnahme der Nährstoffe aus dem Boden sich wesentlich besser vollziehen als bei den Polyploiden mit größeren Zellen. Die Reaktion solcher Pflanzen auf Düngungsmaßnahmen und andere günstige Umweltfaktoren wird demgemäß ebenfalls besser sein als die der großzelligen Polyploiden. Dies macht die Tatsache verständlich, daß die kleinzelligen, gut fertilen Polyploiden die Stickstoffdüngung mit einer erheblich stärkeren Zellvergrößerung beantworten als die großzelligen Polyploiden. Daß die Aufnahme der Nährstoffe bei den Polyploiden höchstwahrscheinlich sehr viel geringer ist als bei den Diploiden, wird auch in einer späteren Arbeit dieser Reihe (IX. Über den Gehalt der Blätter diploider und tetraploider Gartenstiefmütterchen (*Viola tricolor maxima hort.*) an Calciumoxalatdrusen) gezeigt werden. Die Tatsache, daß kleinzelligere Polyploide offenbar großzelligeren Polyploiden in der

Stoffaufnahme und der Stoffleitung überlegen sind und daß sie zugleich eine gesteigerte Sexualität besitzen; ist ein neuer Beleg für die Berechtigung der in der vorhergehenden Arbeit entwickelten Vorstellungen über die Abhängigkeit der Sexualität von der Intensität des Stoffwechsels. Es schält sich somit an Hand der bisher vorliegenden Tatsachen immer stärker die Anschauung heraus, daß die ganze Fülle der durch die Polyploidie hervorgerufenen morphologischen, physiologischen und ökologischen Veränderungen sich höchstwahrscheinlich auf einen einzigen Faktor zurückführen läßt: auf die durch die Polyploidie bewirkte Vergrößerung des Zellvolumens.

Auch Messungen der Zellkerne in diploiden und tetraploiden Zellen sind bis heute bereits an verschiedenen Objekten vorgenommen worden. Die vorliegenden Messungen (Tab. 4) bringen hinsichtlich der Verhältnisse zwischen Diploiden und normalen großzelligen Tetraploiden nichts Neues: das Volumen des

Tabelle 4. Größe der Zellkerne in Epidermiszellen von gelbem Senf. (n = 300)

Valenz	Länge des Zellkerns (in μ) $M \pm m$	Breite des Zellkerns (in μ) $M \pm m$	Volumen 1. Zellkerns (in μ^3)	Oberfläche 1. Zellkerns (in μ^2)
2n	10,73 \pm 0,196	5,23 \pm 0,081	154,4	149,88
4n	16,93 \pm 0,257	5,86 \pm 0,075	306,0	256,02
4n fertil	19,86 \pm 0,241	6,01 \pm 0,082	451,6	305,51

Zellkerns ist hier etwa verdoppelt. Eine Überraschung erbrachten jedoch die Messungen bei den fertileren Tetraploiden mit kleineren Zellen: hier finden wir eine ganz erhebliche weitere Steigerung der Größe der Zellkerne gegenüber den tetraploiden Ausgangsformen. Das bedeutet, daß die Oberfläche der Zellkerne, die ja für die Steuerung des Stoffwechsels der Zelle und damit der ganzen Pflanze von wesentlicher Bedeutung sein dürfte, gegenüber der sterileren Normalform ganz wesentlich vergrößert ist. Auffällig ist, daß die Länge der Zellkerne bei den fertilen Tetraploiden erheblich stärker zunimmt als deren Breite. Hierdurch wird bei gleicher Volumzunahme selbstverständlich die Oberfläche stärker vergrößert werden, als wenn die Breite des Zellkerns stärker zunähme. Angesichts der großen Bedeutung, die der Oberfläche des Zellkerns für den Stoffwechsel der Zelle zukommt, gehen wir wohl nicht fehl, wenn wir annehmen, daß auch die Vergrößerung des Zellkerns eine wesentliche Rolle für die Steigerung des Stoffwechsels und damit der Fertilität spielen muß.

Auf zwei verschiedenen Wegen, die jedoch eine gleichsinnige Wirkung haben, wird in dem vorliegenden Falle also eine Erhöhung der Intensität des Stoffwechsels und der Stoffleitung und damit letzten Endes der Sexualität bewirkt: durch Verkleinerung des Zellvolumens und durch Vergrößerung des Zellkerns. Der physiologische Effekt, der durch das Zusammenspiel beider Faktoren hervorgerufen werden kann, wird deutlich, wenn man die Oberfläche des Zellkerns in Beziehung zum Volumen der Zelle setzt. Wir müssen hier anstatt der dazugehörigen Zellgrößen die Pollengröße setzen, doch dürfte dies an den bestehenden Relationen kaum etwas wesentliches ändern. Wir erhalten in diesem Falle die folgende Beziehung:

Auf $1\mu^2$ Zellkernoberfläche entfallen bei	
2n	: $3725\mu^3$ Zell- bzw. Pollenkornvolumen
4n	: 4141 „ „ „
4n fertil:	3058 „ „ „

Es erscheint nicht unwahrscheinlich, daß diese Verbesserung des Verhältnisses zwischen Zellkernoberfläche und Zellvolumen neben der Vergrößerung der relativen Oberfläche der Zellen die entscheidende Ursache für die Steigerung der Sexualität bei den Polyploiden mit verkleinertem Zellvolumen ist. Die Vergrößerung des Zellvolumens bei den fertileren Senfstämmen scheint uns besonders wichtig, weil hier neben der Verkleinerung des Zellvolumens noch ein weiterer Weg gewiesen ist, auf dem die Natur bzw. der Züchter zu fertileren Polyploiden gelangen kann. Wichtig wäre es jetzt, zu erfahren, ob eine derartige Vergrößerung des Zellkerns auch ohne gleichzeitige Verkleinerung des Zellvolumens stattfinden kann. Sollte dies der Fall sein, so wäre es möglich, gut fertile und hochleistungsfähige Polyploide zu erhalten, die gleichzeitig Gigascharakter besitzen. Dies wäre insbesondere für die Blumen- und Arzneipflanzenzüchtung, aber auch für die Züchtung von Gemüse, Obst und Futterpflanzen sowie von Hackfrüchten von großer Bedeutung. Die sorgfältige Untersuchung der Zell- und Zellkerngrößen zahlreicher alter auto- und allopolyploider Nutz- und Wildpflanzen wird hierüber weitere Aufschlüsse erbringen können.

Zusammenfassung.

Das Volumen diploider Pollenkörner ist gegenüber demjenigen haploiden Pollens im Durchschnitt um etwa 100% erhöht, die Oberfläche der Pollenkörner nimmt mit verdoppelter Valenz dagegen nur um etwa 50–60% zu. Die stärkere Zunahme des Volumens und die geringe Zunahme der Oberfläche bewirken, daß die physiologisch sehr wichtige Beziehung $\frac{\text{Oberfläche}}{\text{Volumen}}$ hier als „relative Oberfläche“ bezeichnet, bei den Tetraploiden um etwa 20% niedriger liegt als bei den Diploiden. Da die Zelloberfläche eine äußerst wichtige Grundlage aller stoffwechselphysiologischen Vorgänge in der Zelle ist, muß die Verkleinerung der relativen Oberfläche der Zelle infolge der Polyploidie zu einer Verschlechterung des Stoffwechsels der Zelle führen, wie er uns ja tatsächlich von den Polyploiden her bekannt ist. Die Herabsetzung der Stoffwechselintensität bei polyploiden Pflanzen muß demgemäß als Sonderfall des RUBNERSchen Gesetzes von der Abhängigkeit des Stoffwechsels von der Körperoberfläche angesehen werden.

Fertilere Stämme von tetraploidem Rübsen und von tetraploidem gelbem Senf haben etwas kleinere Zellen als ihre tetraploiden Ausgangsformen. Die „relative Oberfläche“ ist daher bei diesen Formen nicht so stark verkleinert wie bei den Tetraploiden mit stark vergrößerten Zellen. Die Zellkerne sind bei fertilem tetra-

ploidem Senf viel größer als bei schlecht fertilen Tetraploiden. Das Verhältnis von Zellkernoberfläche zu Zellvolumen ist daher bei den fertileren Tetraploiden günstiger als bei den normalen Tetraploiden. Die Verkleinerung der Zellgröße und die Vergrößerung des Zellkerns werden als die entscheidenden Ursachen für die Verbesserung des Stoffwechsels und damit für die Steigerung der Sexualität angesehen.

Diploider Pollen reagiert auf erhöhte N-Zufuhr wesentlich schwächer mit Volumvergrößerung als haploider. Diploider Pollen von fertileren Tetraploiden beantwortet die N-Düngung ganz wesentlich besser als Pollen von normalen Tetraploiden. Aus diesem Befund wird geschlossen, daß die Nährstoffaufnahme bei ploidem Senf viel größer als bei schlecht fertilen Tetraploiden und der Nährstofftransport bei den Tetraploiden schlechter verläuft als bei den Diploiden, und ferner, daß die Zellvergrößerung die entscheidende Ursache für dieses Verhalten ist. Die schlechtere Nährstoffversorgung der tetraploiden Zellen und Organe, die aus diesen Beobachtungen hervorgeht, wird als neuer Beleg für die Richtigkeit der Vorstellung gewertet, daß die herabgesetzte Sexualität der Polyploiden durch Verschlechterung der Nährstoffaufnahme und des Nährstofftransportes in der Pflanze erklärt werden muß, letzten Endes also ebenfalls ausschließlich oder doch in sehr weitem Umfange auf die Vergrößerung des Zellvolumens zurückzuführen ist.

Literatur.

1. KOSTOFF, D., GORBATSCHJEVA, A. und DIMITROFF, P.: Die Vergrößerung der Zellen in auto- und allopolyploiden Tabakpflanzen. Z. Pflanzenzüchtg. 25, 112–116, 1943.
2. SCHWANITZ, F.: Über die Pollenkeimung einiger diploider Pflanzen und ihrer Autotetraploiden im künstlichen Medium. Der Züchter 14, 273–282, 1942.
3. SCHWANITZ, F.: Untersuchungen an polyploiden Pflanzen. I. Feldversuche mit diploiden und autotetraploiden Nutzpflanzen. Der Züchter 19, 70–86, 1948.
4. SCHWANITZ, F.: Untersuchungen an polyploiden Pflanzen. IV. Zum Wasserhaushalt diploider und polyploider Pflanzen. Der Züchter 19, 221–232, 1949.
5. SCHWANITZ, F.: Untersuchungen an polyploiden Pflanzen. V. Zur Sexualität polyploider Pflanzen. Der Züchter 19, 1949.
6. SCHWANITZ, F.: Untersuchungen an polyploiden Pflanzen. VII. Zur Atmung diploider und autotetraploider Pflanzen. Der Züchter (im Druck).
7. SCHWANITZ, F.: Untersuchungen an polyploiden Pflanzen. VIII. Über das Wachstum von diploiden und autotetraploiden Keimpflanzen von gelbem Senf (*Sinapis alba* L.) und Sprengelrüben (*Brassica rapa* L. var. *oleifera* METZGER). Der Züchter (im Druck).
8. SCHWANITZ, F.: Untersuchungen an polyploiden Pflanzen. IX. Über den Gehalt der Blätter diploider und tetraploider Gartenstiefmütterchen (*Viola tricolor maxima hort.*) an Calciumoxalatdrüsen. Der Züchter (im Druck).
9. VON WETTSTEIN, F.: Experimentelle Untersuchungen zum Artbildungsproblem. I. Zellgrößenregulation und Fertilität einer polyploiden Bryum-Sippe. Z. ind. Abst. 74, 34, 1937.
10. VON WETTSTEIN, F. und STRAUB, J.: Experimentelle Untersuchungen zum Artbildungsproblem. III. Weitere Untersuchungen an polyploiden Bryum-Sippen. Z. f. Vererbgs. 80, 271, 1942.