

(Aus dem Institut für Vererbungs- und Züchtungsforschung der Universität Berlin.)

Die Bedeutung der Polyploidie in der Cyclamenzüchtung.

Von **H. Kappert.**

Nach den Untersuchungen von GLASAU (1939) kommen in dem Formenkreis des *Cyclamen persicum* (MILL) Typen mit bemerkenswert hohen Chromosomenzahlen — bis etwa 130 in der Zygophase — vor. Wildpflanzen der in Palästina, Cilicien, auf Cypem und einigen griechischen Inseln beheimateten Art besitzen nach den Zählungen von GLASAU, ebenso wie nach früheren Bestimmungen von HEITZ (1926), nur 48 Chromosomen. Es liegt demnach nahe, bei der Entwicklung der heutigen Zuchtformen des Alpenveilchens der Vervielfachung der Chromosomenzahl eine große Bedeutung zuzuschreiben. Da fremde Chromosomensätze im Verlauf der Züchtung kaum in das Kulturcyclamen hineingebracht sein können, müssen die Formen mit erhöhten Chromosomenzahlen zweifellos als Autopolyploide bezeichnet werden.

Die in den Kreisen der Praxis gelegentlich vertretene Ansicht, daß das *Cyclamen coum* am Aufbau der heutigen Alpenveilchen beteiligt sei, läßt sich bei den nach Zahl und Art außerordentlich verschiedenen Chromosomengarnituren von *C. persicum* und *coum* sicher nicht aufrecht erhalten. Zwar wird in der Literatur ein angeblicher Bastard zwischen *coum* und *persicum* als *Cyclamen Atkinsii* (MOORE) beschrieben, es scheint jedoch dieser Bastard, wenn er wirklich aus einer gelungenen Kreuzung zwischen den genannten Arten einmal erhalten sein sollte, ohne Nachzucht geblieben zu sein (vgl. GLASAU l. c., S. 516/17). Jedenfalls zeigen die Chromosomensätze der heutigen Alpenveilchen keine Elemente, die aus der von GLASAU abgebildeten Chromosomengarnitur des *Cyclamen coum* stammen könnten.

Aus dem Ergebnis, daß eine bereits 40 Jahre alte Pflanze der Kultursippe *C. persicum* f. *splendens* „Salmoneum“ etwa 98 Chromosomen aufwies, während ein Exemplar der bis heute züchterisch noch bearbeiteten weißen Sorte „Kätchen Stoldt“ etwa 130 Chromosomen besaß, schließt GLASAU auf einen ursächlichen Zusammenhang zwischen dem Gigas-Typus, den die modernen Züchtungen aufweisen, und einer fortschreitend erzielten Chromosomenvermehrung. Eine solche Chromosomenvermehrung, die nach den angegebenen Zahlen zu aneuploiden Formen geführt hätte (Salmoneum = hypertetraploid, Kätchen Stoldt = hypohexaploid), wäre nun durchaus geeignet, die häufig disku-

tierten Mängel in der Cyclamenzüchtung: ungenügende Gleichmäßigkeit in Färbung, Form und Haltung der Blumen, häufigeres Auftreten schwächerer Individuen usw., zu erklären. Ganz abgesehen von den Unregelmäßigkeiten der Spaltung, die bei aneuploiden Chromosomenzahlen zu erwarten wären, genügt aber schon eine normale Autotetraploidie, um auch die Züchtung auf Homozygotie in einem einfachen mendelnden Merkmal ganz außerordentlich zu erschweren.

Die Ursache dieser Schwierigkeiten liegt in den eigenartigen Spaltungen der Autopolyploiden, die eine Konstanzzüchtung in bezug auf dominierende Merkmale nach den üblichen Selektionsmethoden fast unmöglich machen. Schon eine tetraploide Heterozygote, von deren 4 homologen Chromosomen 2 das dominierende, 2 das rezessive Gen führen, bringt entsprechend dem Verhältnis ihrer Keimzellen von 1 AA : 4 Aa : 1 aa in der Nachkommenschaft nur 1 rezessiven Typus auf 36 Individuen (= 2,8%). Im Falle der Hexaploidie, die bei „Kätchen Stoldt“ nach den Zahlen GLASAU'S vorliegen könnte, würde eine AAAaaa (A_3a_3)-Heterozygote sogar nur eine rezessive Form auf 400 Pflanzen bringen. Ein Teil der polyploiden Heterozygoten gibt aber überhaupt nur Typen mit dominierender Merkmalsausprägung, und die rezessiven Formen werden erst in der übernächsten Generation abgespalten. Die nachfolgende Übersicht zeigt, wie die Zahl der scheinbar konstanten Heterozygoten mit höheren Polyploidiestufen zunimmt. Bei tetraploiden Formen gibt von den dreierlei Heterozygoten AAAa, AAaa, Aaaa nur der Typus mit 3 dominierenden, 1 rezessiven Allel ausschließlich Nachkommen mit dem dominierenden Merkmal, bei hexaploiden sind es 2 Genotypen: A_5a_1 und A_4a_2 ($A_5a_1 = AAAAAa$ usw.), die scheinbar konstant sind. Bei oktaploiden würden drei verschiedene Heterozygoten überhaupt keine rezessiven Nachkommen geben, eine weitere ließe einen einzigen rein rezessiven Typus auf 4900 Individuen (= 0,02%), eine fünfte eine rezessive Form auf 196 (0,51%) erwarten (vgl. Übersicht). Auch die sorgfältigste und großzügigste individuelle Nachkommenschaftsprüfung vermag in solchen Fällen nicht mehr die Heterozygoten von den Homozygoten zu trennen.

Entsprechend gesteigerte Schwierigkeiten ergeben sich aus der Abhängigkeit eines Merkmals

Übersicht 1. Über die Gametenklassen und Spaltungsverhältnisse verschiedener polyploider Heterozygoten.

Genotypen	Gametenklassen					Spaltungsverhältnisse									% Recessiv
	A ₄	A ₃	A ₂	A ₁	a _x *	A ₈	A ₇	A ₆	A ₅	A ₄	A ₃	A ₂	A ₁	a _x	
tetraploide															
A ₃ a ₁	—	—	1	1	—	—	—	—	—	1	2	1	—	—	0
A ₂ a ₂	—	—	1	4	1	—	—	—	—	1	8	18	8	1	2,8
A ₁ a ₃	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	1	2	1	25,0
hexaploide															
A ₅ a ₁	—	1	1	—	—	—	—	1	2	1	—	—	—	—	0
A ₄ a ₂	—	1	3	1	—	—	—	1	6	11	6	1	—	—	0
A ₃ a ₃	—	1	9	9	1	—	—	1	18	99	164	99	18	1	0,3
A ₂ a ₄	—	—	1	3	1	—	—	—	—	1	6	11	6	1	4,0
A ₁ a ₅	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	1	2	1	25,0
oktoploide															
A ₇ a ₁	1	1	—	—	—	1	2	1	—	—	—	—	—	—	0
A ₆ a ₂	3	8	3	—	—	9	48	82	48	9	—	—	—	—	0
A ₅ a ₃	1	6	6	1	—	1	12	48	74	48	12	1	—	—	0
A ₄ a ₄	1	16	36	16	1	1	32	328	1148	1810	1184	329	32	1	0,02
A ₃ a ₅	—	1	6	6	1	—	—	1	12	48	24	48	12	1	0,5
A ₂ a ₆	—	—	3	8	3	—	—	—	—	9	48	82	48	9	4,6
A ₁ a ₇	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	1	2	1	25,0

* Der Index 1—4 gibt die Zahl der dominierenden Gene an, A₁ bedeutet also im Falle der Tetraploidie eine Aa-Gamete bzw. eine Aaaa-Zygote, bei Oktoploidie entsprechend eine Aaaa-Gamete bzw. eine Aaaaaaaa-Zygote. a_x bedeutet eine Gamete oder Zygote mit ausschließlich recessiven Genen.

von mehreren Faktoren. Wären z. B. für das Zustandekommen eines bestimmten Farbtones ein Anthozyanfaktor A und ein Aufhellungsfaktor H erforderlich, so würde aus einem tetraploiden Bastard AAaaHHhh der erwünschte neue Farbtypus nur einmal unter 1296 Nachkommen homozygotisch auftreten, bei Oktoploidie der Zuchtsorten sogar nur einmal unter 24000000! Erschwerend kommt nun noch hinzu, daß die Cyclamen Fremdbestäuber sind und auf erzwungene Selbstbestäubung mit meist starker Inzuchtdepression¹ reagieren. Wenn nun unter diesen Umständen die Wirkung der Individualauslese in der Praxis der Cyclamen-Züchtung gelegentlich skeptisch beurteilt wird, so ist das nur verständlich, und es bleibt nichts übrig, als zu versuchen, auf anderen als den üblichen Wegen eine den Anbauer befriedigende Sortenkonstanz zu erreichen.

Eine solche Möglichkeit liegt beim Cyclamen in der Ausnutzung der Fähigkeit aller Formen, der kultivierten wie der wilden, mit Hilfe ihrer Knollen viele Jahre zu überdauern. Der Züchter wird damit in den Stand gesetzt, den Zuchtwert der zur Samengewinnung aufgestellten Elitepflanzen zu erproben und künftig nur von solchen Individuen Samen zu erzeugen, die in bezug auf die Einheitlichkeit der Sortenmerkmale ein befriedigenderes Ergebnis brachten. So lange die

¹ In unseren Versuchen zeichneten sich die Inzuchtnachkommenschaften vor allem durch eine auffällige Empfindlichkeit gegen *Thrips*-Befall aus.

Nachkommen der Eliten nicht wieder zur Samengewinnung verwandt werden, ist es ja belanglos, ob die Ausgangspflanze wirklich oder nur scheinbar homozygotisch war. Wichtig ist nur, daß ihre unmittelbare Nachkommenschaft nicht nachweisbar spaltet. In einem Pflanzenbestande, der aus hexaploiden A₃a₃ Heterozygoten erhalten wurde, sollten 118 unter 400 — nämlich 1 A₆ + 18 A₅a₁ + 99 A₄a₂ — also mehr als $\frac{2}{3}$ der Individuen, in ihrer Nachkommenschaft überhaupt keine recessiven Formen abspalten. Diese würden erst in der nächsten oder übernächsten Generation wieder in die Erscheinung treten. Es wäre also notwendig, die dem Zuchtziel entsprechenden Phänotypen der zur Verfügung stehenden Population, die alle Genotypen von A₆ bis a₆ enthalten kann, zu selbst- und einzelpflanzenweise auf ihre Spaltung zu prüfen. Nachkommenschaften ohne die erwünschten recessiven Typen stammen von Pflanzen, deren Knollen für die weitere Erhaltung und die fort-dauernde Verwendung als Zuchtpflanzen in Frage kommen. Erscheinungen des Dominanzwechsels, mit dem bei hochpolyploiden Pflanzen gerechnet werden muß, könnten die Züchtung auf dem angegebenen Wege kaum stören, es würde lediglich die relative Zahl der zur Weiterzucht brauchbaren Knollen verringert werden. Bei einer Ausprägung des recessiven Merkmals bereits bei A₂a₄ Genotypen, wären von den zu prüfenden Individuen einer hexaploiden Spaltungspopulation 1 A₆ + 18 A₅a₁ = etwa 10%,

die auch unter diesen Umständen keine Abweicher bringen würden. Nimmt man die 99 A_4a_2 -Heterozygoten, die nur einen A_2a_4 -Genotypus auf 25 abspalten, hinzu, so kann mit nahezu 30% zur Zucht brauchbarer Knollen gerechnet werden. Es wäre also zweifellos möglich, auch bei höheren Polyploidiestufen, selbst bei Vorkommen von Aneuploidie, in bezug auf die Konstanzzüchtung bei den Kultur-Cyclamen noch erhebliche Fortschritte zu erreichen, wenn sich die Züchter zur Weiterarbeit mit geprüften, mehrjährigen Knollen entschließen könnten. Allerdings müßte eine gewisse Verteuerung der züchterischen Arbeit in Kauf genommen werden, denn die für die Knollenbeurteilung notwendigen Selbstungsnachkommenschaften, die in ausreichendem Maße herangezogen werden müßten, geben kein vollwertiges Pflanzenmaterial und bedeuten zweifellos eine gewisse finanzielle Einbuße. Die Notwendigkeit, die als gut befundenen alten Knollen fortlaufend durch jüngere zu ersetzen, zwingt überdies zu einer dauernden Wiederholung der „Zuchtknollen-Auslese“ auf Grund von Selbstungsnachkommenschaften. Mit der Einleitung eines Demonstrationsversuches der Züchtung auf dem angegebenen Wege wurde daher auch unverzüglich die Frage aufgeworfen, ob nicht ein anderer Weg zu sichereren Erfolgen in der Züchtung unserer Alpenveilchen führen könnte. Gedacht war vor allem an ein Herabregulieren der hochpolyploiden Chromosomenzahlen auf eine niedrigere, möglichst die diploide Stufe, die ein Weiterarbeiten mit den üblichen Züchtungsmethoden erfolgreich machen müßte. Zuvor schien es aber notwendig, festzustellen, ob die von GLASAU vermuteten Zusammenhänge zwischen den „Gigas“-Charakteren unserer heutigen Cyclamenzüchtungen und einer höheren Polyploidiestufe zu Recht bestanden. Zu diesem Zweck wurde von Ende Januar 1940 bis 1941 während der Blütezeiten der Cyclamen eine Anzahl von Typen und Sorten aus eigener und fremder Kultur auf ihre Chromosomenzahl untersucht.

Das Ausproben der cytologischen Methodik und die Feststellung der geeignetsten Stadien führte Fräulein Dr. SIEBS durch. Die zahlreichen Präparate fertigte Fräulein G. BROESE an, die auch, zum Teil unter Mitwirkung von Fräulein Dr. SIEBS, mit gewohnter Sorgfalt die vielen Zählungen durchführte. Auch die photographischen und mikrophotographischen Aufnahmen stammen von Fräulein BROESE.

Als Untersuchungsmethode kam bei der Notwendigkeit, eine größere Anzahl von Formen und Pflanzen in verhältnismäßig kurzer Zeit zu

bearbeiten, naturgemäß nur die schon von HEITZ angewandte Karmin-Essigsäure-Schnellmethode in Frage. Bei der Untersuchung von Mitosen vegetativer Organe hatte HEITZ selbst sehr ungenaue Ergebnisse erzielt, was GLASAU auf die Unterlegenheit der Schnellmethoden gegenüber der Paraffinmethode schiebt. Dem ist aber entgegenzuhalten, daß zwar die Karmin-Essigsäure-Methode ein größeres „Fingerspitzengefühl“ und ein besseres Vertrautsein mit den cytologischen Vorgängen voraussetzt, in geübter Hand aber an Genauigkeit eher bessere denn schlechtere Ergebnisse liefert, als die Paraffinmethode. Fixiert wurden während der ganzen Blühperiode vom Herbst bis Februar kleine Knospen in einem Stadium, in dem zwischen den Kelchblättern die noch farblose Spitze der Blütenkrone eben sichtbar wurde. Als Fixierungsmittel diente die Alkohol-Eisessig-Mischung von Carnoy (2 Teile Alk. abs. + 1 Teil Eisessig). Die Objekte verblieben mindestens einen Tag, mitunter aber auch für Wochen, in der Fixierungsflüssigkeit, um dann für mindestens 2 Tage, meist länger, in Eisenkarmin übertragen zu werden (vgl. LORBEER 1934). Zur Untersuchung wurden dann die Antheren in Karminessigsäure gekocht und sehr stark gepreßt. Als günstigste Stadien für die Zählung erwiesen sich die Diakinese und die Anaphase der I. meiotischen Teilung. Von mitotischen Teilungen gaben die allerdings nur einmal angetroffenen prämeiotischen Teilungen der Pollenmutterzellen gut auswertbare Bilder. Auch in diesen relativ günstigen Stadien waren aber nicht immer eindeutige Resultate zu gewinnen. Die sehr geringe Größe der Chromosomen, z. B. in der Diakinese kaum 1μ , machte die Unterscheidung von Ausfällungen und dergleichen mitunter schon schwierig. Hinzu kam, daß die Bindungen in der Diakinese sich als sehr labil zeigten, so daß nicht immer mit Sicherheit zu entscheiden war, ob es sich bei einer zu zählenden Einheit um ein Bivalent mit sehr eng verbundenen Partnern oder um ein Univalent handelte. Auf aneuploide Zahlen aus einzelnen Zellen wurde daher kein Wert gelegt, wenn außerdem euploide Zellen nachzuweisen waren.

Von den in der nachfolgenden Zusammenstellung angegebenen Sorten wurden zuerst Vertreter der Sorte „Leuchtfleur“ und verschiedener kleinblumiger „Duft-Cyclamen“ untersucht. Die ersten waren als Vertreter einer neueren, bis heute von namhaften Züchtern bearbeiteten Sippe ausgewählt worden, die letzten, weil sie in bezug auf ihre Blütengröße und ihren Habitus nicht als Gigas-Formen angesprochen werden

konnten¹ und in Parallele zu dem von GLASAU studierten „Salmoneum“ eine geringere Polyploidiestufe vermuten ließen. Das Resultat der Untersuchung entsprach aber nicht den Erwartungen: sowohl die Duft-Cyclamen wie die Leuchtfeuerpflanzen besaßen beide eine Chromosomenzahl von $2n = 96$. Nun gehört allerdings auch Leuchtfeuer noch keineswegs, was die Blüte anlangt, zu den Riesenformen, und so galt die nächste Untersuchung einigen besonders großblumigen Typen aus der Klasse der reinweißen. Entsprach aber das Ergebnis im Fall des Leuchtfeuer im Vergleich zu den Duft-Cyclamen nicht der Erwartung, so brachten die Zählungen bei den reinweißen aus den Zuchten von Dippe, Dlabka, Schneider und von einer außerdeutschen Herkunft geradezu eine Überraschung. Alle untersuchten reinweißen Formen hatten nur halb soviel Chromosomen wie die erstgenannten, nämlich $n = 24$, $2n = 48$ (im folgenden mit 24/48 bezeichnet), obwohl sie sie in bezug auf die Blütengröße weit übertrafen. Die Zahl der Chromosomen bei den großblumigen, reinweißen Züchtungen entspricht also den von HEITZ und GLASAU für das wilde *Cyclamen persicum* gemachten Angaben, die auch für das hiesige Wildpflanzenmaterial bestätigt werden konnten. Damit gehören also sowohl die Formen mit den allerkleinsten als auch die mit den größten Blumen der Klasse der diploiden² Cyclamen an. Ein anderes sehr kleinblumiges Cyclamen aus dem Botanischen Garten Kiel, das wegen der Blütengröße und dem ganzen Habitus zunächst als Wildbastard angesehen

worden war, mußte dafür wieder mit 48 bzw. 96 (n bzw. $2n$) Chromosomen in die Gruppe der Tetraploiden eingereiht werden (vgl. Abb. 2). Unter diesen Umständen war natürlich die angegebene hohe Chromosomenzahl für das reinweiße „Kätchen Stoldt“ von besonderem Interesse, und es wurde daher auch diese Sorte, von der der Züchter uns einige Pflanzen zur Ver-

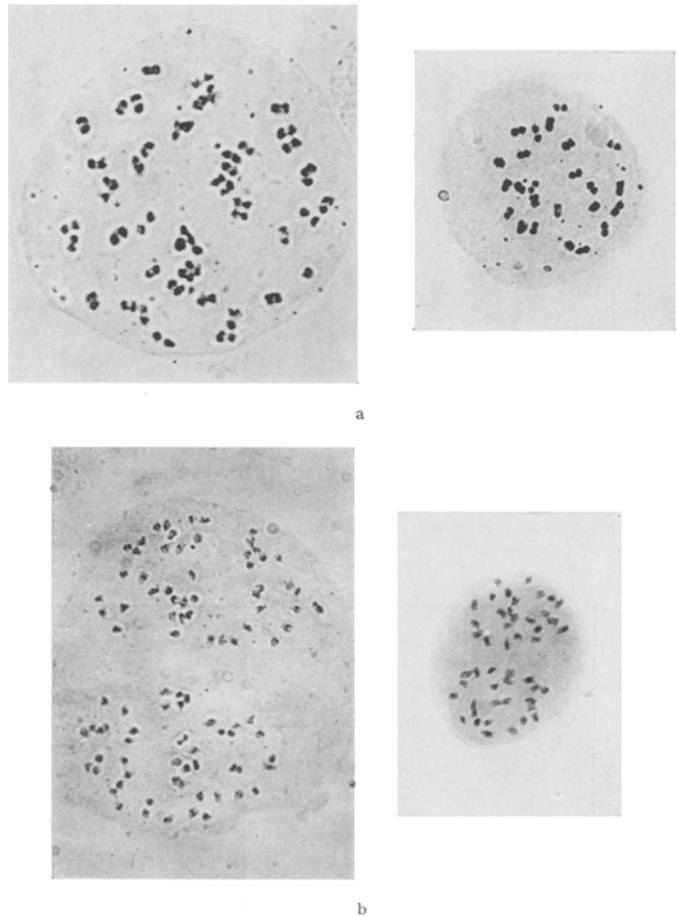


Abb. 1. Diakinese (a) und Anaphase (b) von Kultursorten mit 48 bzw. 96 Chromosomen. ca. 700 \times .

¹ Bei den genannten Duftcyclamen handelt es sich um Vertreter der früheren Züchtungen von PREGETTER, die neuerdings herausgebrachten Pregetter-Cyclamen gehören zu den großblumigen Typen.

² Da nach den Zählungen von HEITZ wie von GLASAU (l. c.) in der Gattung *Cyclamen* auch kleinere Zahlen als 24/48 Chromosomen vorkommen, wäre es möglich, daß die gefundene Zahl 24/48 bereits durch Addition zweier Genome entstanden wäre, so daß die Gruppe der diploiden eigentlich als amphidiploid zu bezeichnen wäre. Da aus der Amphidiploidie der Konstanzzüchtung aber keine Schwierigkeiten erwachsen, kann diese Frage hier unberücksichtigt bleiben.

fügung stellte, in die Untersuchung einbezogen. Bei dem ersten untersuchten Exemplar, dem sogleich nach der Ankunft Knospen entnommen waren, schien es tatsächlich, als wenn die Chromosomenzahl höher als 48/96 sei. Die Zahl war nach einigen Diakinesezellen auf $n =$ etwa 70 geschätzt worden. Die Präparate waren aber, wohl eine Folge des langen Transportes während der Frostperiode des Dezember, ausgesprochen schlecht. Eine einige Wochen später untersuchte weitere Originalpflanze ließ sich ganz einwandfrei als tetraploid mit $n = 48$ nachweisen. Dieselbe Zahl wurde auch aus Pflanzen einer Nachzucht

der Sorte „Kätchen Stoldt“ erhalten. Leider brachte die erste Pflanze keine weiteren Knospen, so daß nur eine Kontrolle durch Auszählungen von Mitosen aus der Wurzelspitze möglich war. Auch hier wurden keine genauen Zahlen

lich hexaploide Abweicher. Als *typisch* kann aber eine Chromosomenzahl von $2n = 96$ auch für „Kätchen Stoldt“ nicht angesehen werden. Außer dem reinweißen „Kätchen Stoldt“ gehört auch noch das weiße „Rokoko“ in die Gruppe

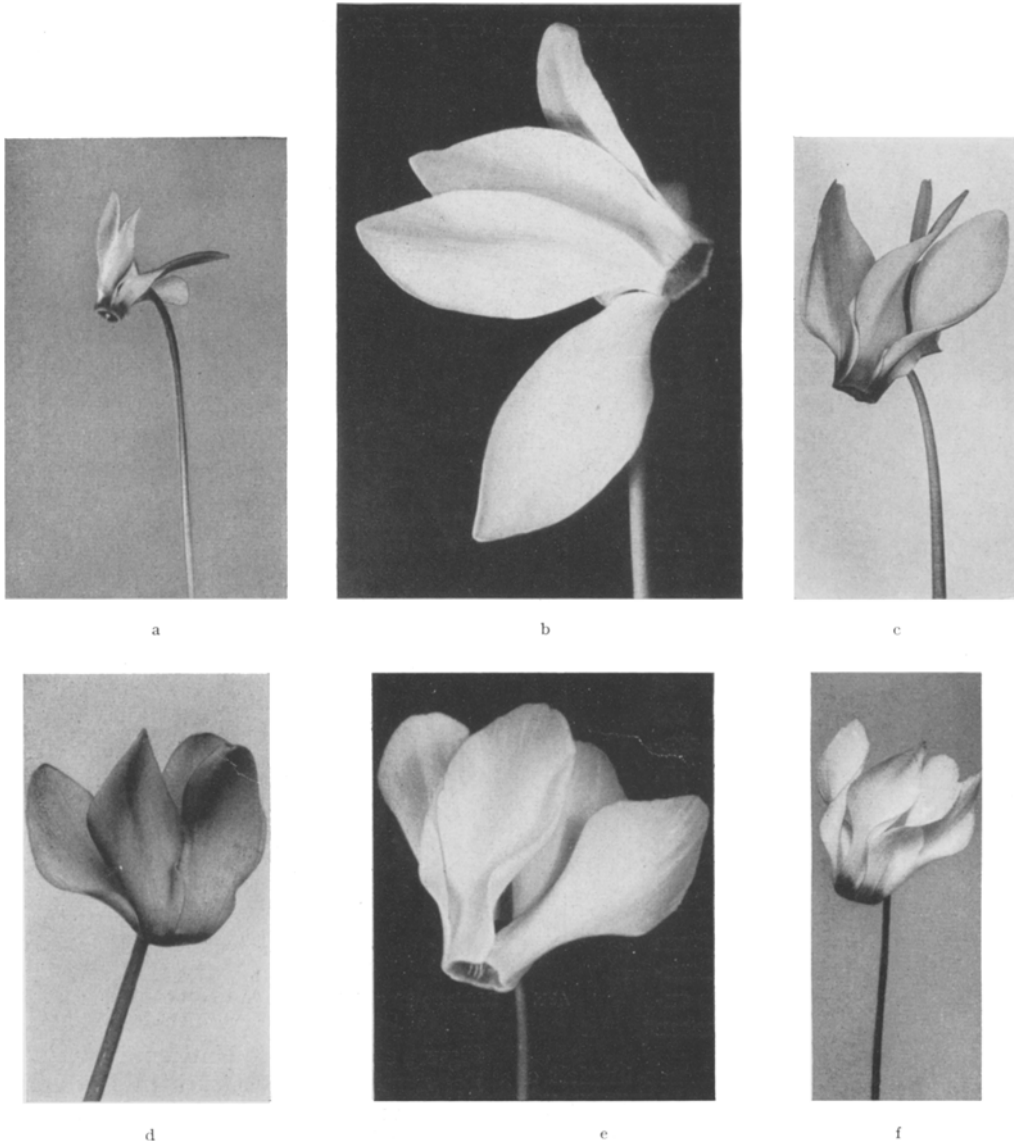


Abb. 2. Blüten diploider (oben) und tetraploider Cyclamen (unten). a) *C. persicum* Wildsippe, b) Kultursippe „Weiße Dame“, c) *C. parviflorum*, d) Leuchtfeuer, e) „Kätchen Stoldt“, reinweiß, f) alte Kultursippe „Kiel“, weiß mit Auge. (ca. $\frac{1}{2}$ nat. Gr.)

erhalten, die Bilder bewiesen aber doch eindeutig, daß die tetraploide Zahl $2n > 96$ sicher nicht überschritten wurde. GLASAU ist bei seiner Zählung also entweder auf einen höher polyploiden Sektor der Wurzel gestoßen, wie sie in Wurzeln anderer Pflanzen ja häufiger beobachtet worden sind, oder es gibt in dieser Sorte gelegent-

der tetraploiden Sorten und es scheint mir wenig wahrscheinlich, daß sortentypisch höhere als tetraploide Chromosomenzahlen bei unseren Kulturcyclamen vorkommen. Während also unter den weißblühenden Kultursorten ebenso diploide wie tetraploide Sippen vorkommen, schien es zunächst, als ob die farbigen Cyclamen

Übersicht 2. Die Chromosomenzahlen von verschiedenen Kultursippen und Wildherkünften des *Cyclamen persicum*.

Sippe	Herkunft	Teilungsstadien	Chromosomen-	
			<i>n</i>	<i>2n</i>
<i>C. persicum</i> wild	Kew-Garden	Anaphase I u. Wurzelmitose	24	etwa 48
<i>C. persicum</i> wild	Lehr- u. Forschungsanstalt	Diakinese u. Metaphase I	24	
„Weiße Dame“	Gebr. Dippe Orig.	Diakinese	24	
„reinweiß“	Orig. Schneider	Diakinese u. Anaphase I	24	
„reinweiß“	Orig. Dlabka	Anaphase I u. Metaphase II	24	
„Kätchen Stoldt“	Orig. Stoldt	Diakinese	48	
„Kätchen Stoldt“	Nachzucht	Diakinese u. Anaphase I	48	
„Rokoko“ weiß.	Orig. Schneider	Diakinese u. Anaphase I	etwa 48	
„Leuchtfleur“	Orig. Schneider	Diakinese	48	
„Leuchtfleur“	Nachzucht	Diakinese	etwa 48	
„du-rot“ (kleinbl. Abweicher)	Orig. Schneider	Diakinese	48	
„Pregetter“ lachsdunkel . .	Nachzucht	Diakinese	48	
„Pregetter“ (lachsdunkel × Leuchtfleur)	Kreuzungs F_1	Diakinese	etwa 48	
„Rokoko“ rot	Orig. Schneider	Anaphase I	48	
„Kiel“ weiß mit Auge (Primitivform)	Bot. Garten Kiel	Anaphase I. u. Wurzelmitose	etwa 48	etwa 96
Primitivform aus „Pregetter“	Eigenbau	Anaphase I u. Metaphase I und II	24	
„Fenstercyclamen“	Nachbau v. engl. Züchtung	prämeiotische Metaphase		48
<i>C. persicum parviflorum</i> „neurosa“ bzw. „violetta“	Orig. Reichardt	Anaphase I	24	

alle tetraploid seien. Schließlich wurde aber doch eine lachsfarbig blühende Pflanze aus einer englischen Züchtung, die uns von der Versuchs- und Forschungsanstalt für Gartenbau in Dahlem durch Herrn MAATSCH liebenswürdigerweise zur Verfügung gestellt war, mit 24/48 Chromosomen gefunden. Auch die von REICHARDT-Mariendorf unter der Bezeichnung *C. persicum parviflorum* als „Fenster“-Cyclamen auf den Markt gebrachte Sorte „Neu-Rosa“ erwies sich als diploid.

Mit dem Nachweis diploider Formen unter unseren Kulturcyclamen ist nun die Möglichkeit gegeben, wenigstens einen Teil der bisher in tetraploiden Sippen vorhandenen Farbsorten diploid zu erhalten. Da auch der im allgemeinen bevorzugte „riesenblumige“ Typus in Dippes Züchtung „Weiße Dame“ bereits diploid vorhanden ist, kann erwartet werden, daß auch die farbigen diploiden Cyclamen sich unschwer auf die gewünschte Großblumigkeit bringen lassen. Nötigenfalls bestände durchaus die Möglichkeit, mit Hilfe einer der Methoden der künstlichen Chromosomenverdoppelung auch irgendwelche, nur durch die Polyploidie bedingte Charaktere der neuen Sorte *nach* erreichter Konstanz der Merkmale wiederzugeben. Es ist aber damit zu rechnen, daß in der Mehrzahl der Fälle ohne nachträgliche Chromosomenverdoppelung auskommen werden kann. In bezug auf die Größe und Form der Blumen oder der Blätter unterscheiden sich die diploiden reinweißen Sorten nicht charakteristisch von den tetraploiden

Sorten, nur die Blatt- und Blütenstiele scheinen bei den großblumigen tetraploiden Sorten, wie „Kätchen Stoldt“ und „Rokoko“, dicker zu sein. *Irgendwelche wertvollen Besonderheiten weisen aber die tetraploiden Kulturcyclamen gegenüber den diploiden nicht auf.* Auch die sonst für Polyploide so charakteristische Zunahme der relativen Breite von Blättern und Petalen kann beim Cyclamen offenbar auch als Folge einer spezifischen Genwirkung bei diploiden Typen vorkommen. Hinsichtlich der Einzelzellen scheint allerdings auch beim Cyclamen die Vermehrung der Chromosomenzahl eine Steigerung der Größe zu bedingen. So zeigten die Epidermiszellen von den Spitzen der Petalen von Pflanzen der Sorte „reinweiß“ von Dlabka eine Oberfläche von $2875 \mu^2$, während vergleichbare Zellen von „Kätchen Stoldt“ durchschnittlich $6325 \mu^2$ große Oberfläche besaßen. In größerem Umfange wurden Zell-Größenbestimmungen an den Pollenkörnern vorgenommen, die *durchschnittlich* ebenfalls deutliche Unterschiede zwischen diploiden und tetraploiden Sippen erkennen ließen. Im *einzelnen* schwanken diese Werte aber sippen- und pflanzenweise erheblich und sind offenbar auch Gen-bestimmt, so daß die Pollengröße einer Pflanze allein nicht als zuverlässiges Kriterium der Diplo- und Polyploidie gelten kann. Die folgende Übersicht 3 enthält die für eine größere Anzahl von Sippen gefundenen Werte der Pollendurchmesser. Die Maximalwerte der diploiden mit $14,8 \mu$ und die

Minimalwerte der tetraploiden Sorten mit 15,5 μ kommen einander sehr nahe und gestatten keine klare Abgrenzung der beiden Kategorien. Als Kriterium für Diploidie und Tetraploidie lassen sich also nur extrem kleine bzw. große Werte des Pollendurchmessers benutzen. Unregelmäßigkeiten in der Pollengröße sind zudem beim Cyclamen gar nicht selten, abnorm große, sonst aber durchaus normal aussehende Pollen kom-

würden aber großzügiges Arbeiten bzw. große Geduld erfordern.

Ein anderer Weg, das bestehende Farbensortiment diploid zu machen, wäre die Kreuzung der diploiden mit tetraploiden Sippen, durch die zunächst triploide Bastarde mit vermutlich hoher Sterilität entstehen würden. Da aber die Reduktionsteilung bei triploiden Pflanzen doch immer einen gewissen Prozentsatz funktions-

Übersicht 3. Pollengrößen diploider und tetraploider Cyclamen-Sippen.

A diploide Sippen	μ	B tetraploide Sippen	μ
<i>C. persicum</i> wild (Dahlem)	13,4	„Kiel“, weiß mit Auge	17,4
<i>C. persicum</i> wild (Kew)	10,5—11,6	„Pregetter“ lachsdunkel	16,7
„reinweiß“ von Schneider	13,4—14,8	„Leuchtfeuer“ von Schneider	15,7—16,6
„reinweiß“ von Dlabka	11,6	„Rokoko“, weiß mit Auge	15,5
„weiße Dame“ von Dippe	13,5	„Rokoko“, rot von Schneider	16,5—18,9
engl. „Lachs“	14,1	„Rokoko“, lachs von Schneider	16,6
<i>C. persicum parviflorum</i> (Neurosa von Reichardt)	12,3—13,0	„Rokoko“, weiß von Schneider	15,7
		„Kätchen Stoldt“ von Stoldt	15,5—15,7
		rot von Dlabka	17,3

men sowohl bei diploiden wie bei tetraploiden Pflanzen vor¹.

Es zeigt sich also bereits die Größe der Einzelzellen stark Gen-bedingt, so daß die Erwartung, daß die erwünschten Dimensionen von Blüten und Blättern auch im diploiden Zustand in allen möglichen Farben erhalten werden können, damit eine weitere Stütze erhält. Allerdings gibt es einstweilen nur sehr wenige farbige Cyclamen mit diploider Chromosomengarnitur, und die vorhandenen sind kleinblumig. Zweifellos wäre es aber eine leichte Aufgabe, durch Kreuzungen mit den riesenblumigen weißen Sorten auch großblumige Farbsorten zu schaffen. Zweifelhaft bleibt jedoch, ob sich *alle* Farben, insbesondere die bisher nur in den tetraploiden Sorten angetroffenen leuchtend roten und die blaufreien Lachstöne durch Kreuzung der vorhandenen diploiden Sippen untereinander erhalten lassen. Kreuzungen mit dem wilden *persicum* würden gewiß auch eine Bereicherung an diploiden Farbsorten bringen, die vielen unerwünschten Eigenschaften des wilden *persicum*: kleine, fast winzige Blumen im Verhältnis zu unseren großblumigen Rassen, Armblütigkeit, geringere Blühwilligkeit im ersten Jahr usw.

tüchtiger Keimzellen entstehen läßt, dürfen wir bei der Bestäubung diploider Mutterpflanzen mit Pollen des triploiden Bastardes oder reziprok hin und wieder mit dem Erfolg rechnen, daß diploide und hyperdiploide Nachkommen entstehen. Bei weiteren Kreuzungen der farbigen Nachkommen mit dem reinweißen, diploiden Elter wird sich auch ein aneuploider Chromosomensatz schnell nach diploid hin ausbalancieren und uns neue, farbige, diploide Kulturcyclamen bringen, deren Reinzüchtung auf dem üblichen Wege keinerlei Schwierigkeiten mit sich bringen kann. Die allmähliche Ausscheidung überzähliger Chromosomen ließe sich durch eine Behandlung der Pollen der tetraploiden Vatersorten, die chromosomale Störungen zur Folge hat, zweifellos beschleunigen.

Ein besonders aussichtsreicher Weg zur Eliminierung eines Teiles der Chromosomen schon in der F_1 dürfte die Bestrahlung des Pollens mit Radium oder Röntgenstrahlen sein. Die unter der Einwirkung dieser Strahlen entstehenden chromosomalen Schädigungen können bereits im Laufe der Entstehung des F_1 -Embryos zu einer teilweisen Ausscheidung von Chromosomen führen, wie STRAUB (1939) an den Ergebnissen der Bestäubung mit bestrahlten Pollen bei *Gasteria* zeigen konnte. Neben Translokationen, Fragmenten erhielt dieser Autor als Folgen der Pollenbehandlung mit Wärme, Altern oder Röntgenstrahlen auch einfach oder mehrfach monosome Embryonen. Der diploide Pollen tetraploider Cyclamen-Sippen ließe also dementsprechend schon einen hypotriploiden oder hyperdiploiden F_1 -

¹ Bei *Allium Schoenoprasum* konnte LEVAN (1936) die Entstehung derartig abnorm großer Körner auf das Ausbleiben der zweiten Teilung zurückführen und vielleicht gehen auch beim Cyclamen derartige, den Mittelwert stark beeinflussende Pollen aus Dyadenzellen hervor und können vielleicht ausnahmsweise zur Funktion kommen und zur Entstehung auch höher polyploider Ausnahmepflanzen Anlaß geben.

Bastard erwarten. Die Erreichung des diploiden Endzustandes auf dem Wege der Rückkreuzung ließe sich so vielleicht etwas schneller erreichen. Da zwischen diploiden und tetraploiden Sorten Ansatz erzielt wird, dürften bei genügendem Umfang der Versuche auch hinreichend entwicklungsfähige Bastardpflanzen erhalten werden, mit denen sich weiter arbeiten läßt.

Die Methode der Pollenbehandlung macht vielleicht auch die Erzeugung diploider Nachkommen aus tetraploiden Mutterpflanzen ohne Zuhilfenahme der Kreuzung mit diploiden Sippen möglich. Wie bereits für die verschiedensten Pflanzen gezeigt werden konnte, läßt die Bestäubung mit Pollen, der mit Röntgenstrahlen behandelt wurde, aus diploiden Individuen in einem gewissen Prozentsatz haploide Nachkommen entstehen (vgl. die Literaturzusammenstellung von IVANOV 1938). Aus tetraploiden Mutterpflanzen dürfte sich die Bildung von Typen mit reduzierter Chromosomenzahl noch leichter erreichen lassen, als das Auftreten haploider Pflanzen aus diploiden.

Eine weitere Möglichkeit, das bestehende Sortiment der farbigen Sippen in der Chromosomenzahl auf die Hälfte zu reduzieren, liegt in dem spontanen Auftreten haploider bzw. hemiploider Typen, die in den letzten Jahren bei immer zahlreicher werdenden Spezies nachgewiesen werden konnten. Nicht selten steht das Auftreten der haploiden Pflanzen in Beziehung zu der Erscheinung der Polyembryonie, wie ich bereits 1933 an Zwillingseimen von Lein zeigen konnte, ein Befund, der seither unter anderen durch HARLAND (1936) bei *Gossypium*, durch YAMAMOTO (1936) beim Weizen, durch KOSTOFF (1939) beim Roggen, durch MUENTZING (1938) bei verschiedenen Gramineen, durch LAMM (1938) bei der Kartoffel bestätigt werden konnte. Da bei Cyclamen Polyembryonie ebenfalls vorkommt, ist auch hier die Möglichkeit des Auftretens diplo-haplontischer Zwillingspaare gegeben, worauf von mir bereits anlässlich der Tagung des Forschungsdienstes in Stuttgart-Hohenheim im August 1939 hingewiesen wurde (KAPPERT 1940). Um diese Möglichkeit auszunutzen, wurden schon im Herbst 1939 etwa 20000 Samen zur Aussaat gebracht, von denen auch einige Zwillinge erhalten wurden. Ein technischer Fehler führte leider zu einem vorzeitigen Verlust eines großen Teiles des Materials und unter den Zwillingen wurden keine Individuen mit halbem Chromosomensatz angetroffen. Dafür fand sich aber unter den Normalkeimern eine durch ihren von den Geschwistern abweichenden Habitus auffallende Pflanze, die sich

bei der cytologischen Untersuchung als Typus mit 24/48 Chromosomen erwies. Es bedarf also nur eines Versuches in genügend großem Ausmaße und sorgfältiger Beobachtung des Pflanzenmaterials, um solche „hemiploiden“ Individuen in den tetraploiden Kultursippen zu finden. Da in der gartenbaulichen Praxis jährlich gewaltige Zahlen von Cyclamen herangezogen werden — in einzelnen Betrieben werden 50000 und mehr Pflanzen jährlich zur Blüte gebracht — würde es bei entsprechender Obacht auf die bisher meist zeitig ausgemerzten abweichenden Typen sicher bald gelingen, in jeder der Hauptfarben diploide Pflanzen zu finden. Tatsächlich



Abb. 3. Blüte eines hemiploiden Duft-Cyclamen (rechts) und eines tetraploiden Geschwisters. (ca. $\frac{1}{2}$ nat. Gr.)

verdankt die Reichardtsche *parviflorum*-Sippe ihre Entstehung der Aufmerksamkeit ihres Züchters, der nach den Angaben der Fachpresse (vgl. Blumen- und Pflanzenbau, Bd. 43, S. 152) die bereits als Abfall ausgeschiedene Pflanze mit sicherem Blick in ihrer Besonderheit erkannte.

Diese Besonderheiten unterscheiden die bisher aufgefundenen hemiploiden, wie zweckmäßigerweise die tetraploiden mit reduzierter — halber — Chromosomenzahl bezeichnet werden, nun aber nicht nur von ihren tetraploiden Geschwistern, sondern auch von den diploiden weißen Sorten. Während die letzten nämlich weder in der Blü tengröße noch in der Form von Blüte oder Blatt von den Pflanzen der tetraploiden Kultursorten übertroffen werden, sind die bisher gefundenen hemiploiden Typen kleiner in Blatt und Blüte als die normalen, d. h. tetraploiden Individuen der Stammsorte. Das in einem der Versuche aufgetretene hemiploide Duft-Cyclamen hat, wie die Abb. 3 zeigt, nicht nur kleinere Blumen, sondern auch die Blätter sind erheblich kleiner als bei anderen Pflanzen der Nachkommenschaft 39 C 30. Die Kapseln sind nicht nur kleiner,

sondern im Vergleich mit den mehr plattrunden Kapseln der tetraploiden Geschwister hochrund. Die Blatt- und Blütenstiele sind relativ dünn, und auch die Einzelzellen zeigen kleinere Dimensionen. Die Oberfläche einer Epidermiszelle von der Petalenspitze beträgt bei den tetraploiden $3950 \mu^2$, bei der hemiploiden Pflanze nur $1640 \mu^2$. Ebenso ist der Pollen mit einem Durchmesser von $11,0 \mu$ bei dem hemiploiden Individuum kleiner als der Pollen der tetraploiden, der im Durchschnitt $16,7 \mu$ erreicht. Trotzdem überragt die hemiploide Pflanze an Größe der Blumen nicht nur das diploide wilde *persicum* erheblich, sondern sie übertrifft auch die kleinblumigen Pflanzen der tetraploiden Sippe „Kiel“ in bezug auf die Blütengröße, die jedoch in bezug auf den Pollendurchmesser mit $17,8 \mu$ einen typisch tetraploiden Wert aufweisen. In diesem Verhalten ist aber ein Hinweis zu sehen, welche Bedeutung die Chromosomenverdoppelung einerseits und die qualitativen Unterschiede im Gehalt andererseits insbesondere für die Blütengröße haben. Bei den tetraploiden Sippen, die bisher hemiploide Ausnahmen gebracht haben, ist offenbar die Tetraploidie für die Ausbildung der großen Blüten von erheblicher Bedeutung. Wird die Chromosomenzahl auf die Hälfte reduziert, so geht der von der Züchtung angestrebte Charakter der Riesenblumen verloren. Das Vorkommen großblütiger diploider Sorten beweist aber andererseits, daß spezifische Größengene es durchaus möglich machen, auf die die Zell- und Organgröße steigernde Wirkung der Polyploidie zu verzichten. Das Cyclamen steht übrigens mit diesem Verhalten keineswegs isoliert da, auch bei der *Primula obconica* z. B. übertreffen die modernen großblumigen diploiden Sippen zum Teil die älteren tetraploiden „gigantea“-Sorten. Auch bei *Antirrhinum majus* gibt es diploide Sorten der „Maximum“-Klasse, deren Blütengröße sich durch die Chromosomenverdoppelung eines gewöhnlichen Löwenmäulchens nicht erreichen läßt. Bei den Vorstellungen, die sich weite Kreise unter dem Eindruck experimentell erhaltener Größensteigerung pflanzlicher Organe durch künstliche Chromosomenvermehrung von der Bedeutung der Polyploidie machen, wird die wichtige Rolle, die die Qualität des Genoms für die Größe der ganzen Pflanze wie ihrer einzelnen Teile hat, gar zu leicht vergessen. Zu einer künstlichen Autopolyploidie sollte man daher schon im

Hinblick auf die erhöhten Schwierigkeiten der Züchtung erst schreiten, wenn alle Wege der Ausnutzung von Genwirkungen erschöpft und die diploiden Ausgangsformen wirklich konstant gezüchtet sind. Beim Cyclamen ist die Züchtung diesen Weg bei den farbigen Sorten nicht gegangen. Der plötzliche Fortschritt, den ein offenbar zufällig aufgetretenes, tetraploides Individuum in bezug auf die Züchtung großer Blüten zu bedeuten schien, brachte eine völlige Vernachlässigung der diploiden farbigen Sorten, und nur bei den reinweißen Cyclamen wurde das Ziel durch die sicher nur nach und nach gelungene Anhäufung von Genen, die das Größenwachstum beeinflussen, erreicht. Diese diploiden Riesen-Sippen müssen jetzt die Grundlage für die Umzüchtung des farbigen Sortiments bilden. Sollte sich dann nach erreichter Sortenkonstanz ergeben, daß mit der Polyploidie doch noch irgend ein Vorteil verknüpft ist, oder daß eine Weiterentwicklung über die bisherigen Grenzen hinaus möglich ist, so wäre es nicht allzuschwer, aus der rein gezüchteten diploiden Sorte auch eine konstant fallende tetraploide zu machen. Die Verdoppelung der Chromosomenzahl auf experimentellem Wege wird von der Wissenschaft ja heute weitgehend beherrscht. Zunächst aber muß, wenn die zur Zeit den berechtigten Anforderungen an Reinheit und Ausgeglichenheit noch keineswegs entsprechenden Zuchtleistungen eine wesentliche Verbesserung erfahren sollen, alles getan werden, um das Cyclamen wieder aus dem tetraploiden in den diploiden Zustand zurückzuführen. Daneben kann, unter Ausnutzung der mehrjährigen Lebensdauer einstweilen auch auf dem eingangs erwähnten Wege der Feststellung des „Zuchtwertes“ der zur Samengewinnung benutzten Knollen bereits ein merkbarer Fortschritt in der Züchtung auf die Sortenkonstanz erzielt werden.

Literatur.

- GLASAU, F.: *Planta* 1939. — HARLAND, S. C.: *J. Hered.* 27, 229 (1936). — HEITZ: *Z. Bot.* 18, 625 (1926). — IVANOV, M. A.: *Genetics* 20, 295 (1938). — KAPPERT, H.: *Biol. Zbl.* 53, 276 (1933). — KAPPERT, H.: *Forschungsdienst* 10, 533 (1940). — KOSTOFF, D.: *Ber. Biol.* 54, 67 (1939). — LAMM, R.: *Hereditas* 24, 391 (1938). — LEVAN, A.: *Hereditas* 22, 1 (1936). — LORBEER, *Jahrb. für wiss. Bot.* 89, 567 (1934). — MÜENTZING, A.: *Hereditas* 24, 487 (1938). — STRAUB, J.: *Ber. dtsh. bot. Ges.* 57, 155 (1939). — YAMAMOTO, Y.: *Botanic. Mag.* 50, 573 (1936).