

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

Die Bedeutung der Polyploidie für die ökologische Anpassung und die Pflanzenzüchtung.

Von **A. Fischer** und **F. Schwanitz**.

Die Ergebnisse der Cytologie haben uns das häufige Vorkommen polyploider Reihen innerhalb einer Gattung, ja teilweise innerhalb einer Art (5) gezeigt. Aus experimentellen Untersuchungen wissen wir, daß zwei verschiedene Arten von Polyploidie unterschieden werden müssen: die *Autopolyploidie* und die *Heteropolyploidie*. Die Autopolyploidie beruht auf Verdoppelung des Chromosomensatzes einer Art durch Einwirkung von Außenbedingungen, insbesondere extremen Temperaturen während der empfindlichen Periode der Reduktionsteilung. Es tritt hierbei also lediglich eine Vermehrung des gleichen Anlagensatzes ein. Die Heteropolyploidie dagegen wird verursacht durch die Störungen, die bei der Keimzellenbildung von Art- und Gattungsbastarden häufig eintreten. Diese sind in der Regel um so größer, je weiter die betreffenden Arten systematisch voneinander entfernt stehen und führen im Extrem dazu, daß nur Keimzellen mit dem un-reduzierten somatischen Anlagensatz des Bastards gebildet werden. Die Körperzellen der aus der Verschmelzung zweier solcher Keimzellen entstandenen Pflanzen enthalten demgemäß den doppelten, die Keimzellen wieder den einfachen Chromosomensatz der ursprünglichen Bastardpflanze: die Konstanz dieser neuen Form ist damit gesichert. Ein anderer Weg, der zu der gleichen Bastardkonstanz nach Artkreuzung führen kann, ist die Verdoppelung des Anlagensatzes auf vegetativem Wege in Form von Knospenmutation.

Derartige neue konstante Formen in der Folge von Artbastardierung sind uns in den letzten Jahren in größerer Zahl bekannt geworden. Man denke nur an *Raphanobrassica*, *Primula Kewensis*, *Nicotiana glguta*, *Aegilotriticum*, die fertilen Weizen-Roggen- und Roggen-Weizen-Bastarde usw. Von ganz besonderer Bedeutung ist es, daß es auf diesem Wege durch Chromosomenverdoppelung nach Bastardierung gelungen ist, bereits natürlich vorhandene Arten synthetisch aus anderen Arten zu erhalten. So

wurde von MÜNTZING (19) *Galeopsis tetrahit* aus der Kreuzung von *Galeopsis pubescens* × *G. speciosus* und von NILSSON (21, 22) *Salix cinerea* aus *Salix viminalis* × *S. caprea* erhalten.

Die Auffindung zahlreicher Polyploidreihen in den verschiedensten Familien und Gattungen führte zu der Frage, wie weit der ökologische Charakter, die Anpassungsfähigkeit und die geographische Verbreitung der Pflanzen durch die Polyploidie verändert wird. HAGERUP (9) fand, daß die *Bicornes*-Arten mit höheren Chromosomenzahlen (*Arctostaphylos uva ursi*, $n = 26$, *Empetrum Hermaphroditum*, $n = 26$, *Clethra alnifolia*, $n = 16$, *Kalmia glauca*, $n = 24$) weiter nach Norden gehen können als Arten der gleichen Gattung mit niederem Chromosomensatz (*Arctostaphylos diversifolia*, $n = 13$, *Empetrum nigrum*, $n = 13$, *Clethra arborea*, $n = 8$, *Kalmia latifolia*, $n = 12$). Das zwittrige *Empetrum Hermaphroditum* (8), welches die doppelte Chromosomenzahl ($n = 26$) wie das getrenntgeschlechtliche *Empetrum nigrum* hat, das auch auf Grund der cytologischen Befunde als sein Elter angesehen werden kann, geht erheblich weiter nach Norden — 79° nördlicher Breite gegen 63° nördlicher Breite — als *Empetrum nigrum*. Umgekehrt sind allerdings die Verhältnisse bei *Vaccinium uliginosum* (11), von der in der hohen Arktis sowie in den Hochalpen eine forma *microphylla* vorkommt, die auch unter ungünstigen Verhältnissen, an Standorten, an denen andere ausgesprochene arktische Formen kaum zu existieren vermögen, üppig gedeiht und erheblich weiter nach Norden geht als die auch bei uns heimische forma *genuina* (bis zu 79° nördlicher Breite an der grönländischen Westküste gegen 70° nördlicher Breite bei *genuina*). Cytologische Untersuchungen ergaben, daß diese f. *microphylla* einen haploiden Satz von 12 Chromosomen besitzt, während die in Mitteleuropa heimische f. *genuina* haploid 24 Chromosomen hat. In einem diesen ökologischen Verhältnissen extrem entgegengesetzten Klima, nämlich in Timbuktu (10), in dem

HAGERUP die Chromosomenzahlen der einheimischen Flora untersuchte, konnte gleichfalls das Auftreten von zahlreichen Polyploidreihen innerhalb der hier vertretenen Gattungen und Arten festgestellt werden. So konnte z. B. von *Portulaca oleracea*, die eine haploide Chromosomenzahl von 9 hat, eine größere robustere Form gefunden werden (var. *gigas*) mit $n = 27$ Chromosomen. Da keine ähnlichen Arten in der Gegend vorkommen, so nimmt HAGERUP an, daß die größere Form eine autohexaploide Pflanze ist. Auch hier sollen die

Arten lediglich Größenunterschiede zeigen, nimmt HAGERUP an, daß es sich hier um Autopolyploidie handelt und glaubt, daß eben die Polyploidie der wesentliche Grund für die erhöhte Resistenz ist, die bei *E. pallescens* gleichzeitig eine Änderung der geographischen Verbreitungsfähigkeit mit sich bringt.

Daß die Polyploidie tatsächlich zu einer Änderung der ökologischen Anpassungsfähigkeit und damit der pflanzengeographischen Verbreitung führt, geht auch aus der Arbeit von MANTON (17) über *Biscutella laevigata* hervor. Hier fand die Verfasserin diploide Subspezies an ausgesprochen heißen und trockenen Standorten (Steppenheide) in den Flußtälern des Rheins, der Elbe und der österreichischen Donau, also nur in Gebieten, die während der Eiszeit vom Eise frei waren. Diese Formen werden von der Verfasserin als prä- oder interglaziale Sippen bezeichnet. Das Hauptverbreitungsgebiet der tetraploiden Unterarten liegt dagegen in den Alpen, also in einem Gebiet, das zur Eiszeit völlig vergletschert war (vgl. Abb. 1). Diese Formen können daher erst nach der Eiszeit in ihr heutiges Verbreitungsgebiet eingewandert sein. Da das Verbreitungsgebiet von *B. laevigata* sich mit dem keiner anderen *Biscutella*-Art überschneidet, scheint der Verfasserin die Autopolyploidie der tetraploiden Sippen gesichert und zugleich an der starken, offensichtlich heute noch fortschreitenden Ausbreitung der tetraploiden Formen gegenüber den spärlichen Reliktvorkommen der Diploiden gezeigt, wie durch die einfache Verdoppelung des Chromosomensatzes und damit des Genbestandes die ökologische Anpassungsfähigkeit einer Art wesentlich verändert und ihr damit ein ganz neues Verbreitungsgebiet erschlossen werden kann.

Ähnlich konnte auch BLACKBURN (2) nachweisen, daß die tetraploiden Rassen der beiden Subspezies von *Silene ciliata*: *Silene ciliata* POURR. und *Silene Graefferi* GUSS. den diploiden überlegen und ihnen gegenüber ersichtlich die „erfolgreicheren“, ebenfalls im Vorrücken begriffenen Formen sind.

Bei *Phleum pratense* fanden GREGOR und SANSOME (7) zwei verschiedene, fast intersterile Typen, von denen die eine diploid ($2n = 14$), die andere hexaploid ($2n = 42$) ist. Die beiden Formen unterschieden sich nicht nur in ihrem wirtschaftlichen Wert, sondern auch in ihren ökologischen Ansprüchen. Die wertlosere diploide Pflanze war offensichtlich an stärkere Trockenheit angepaßt und fand sich vorwiegend auf Ödland und natürlichen Weiden, während die anspruchsvollere aber auch wert-

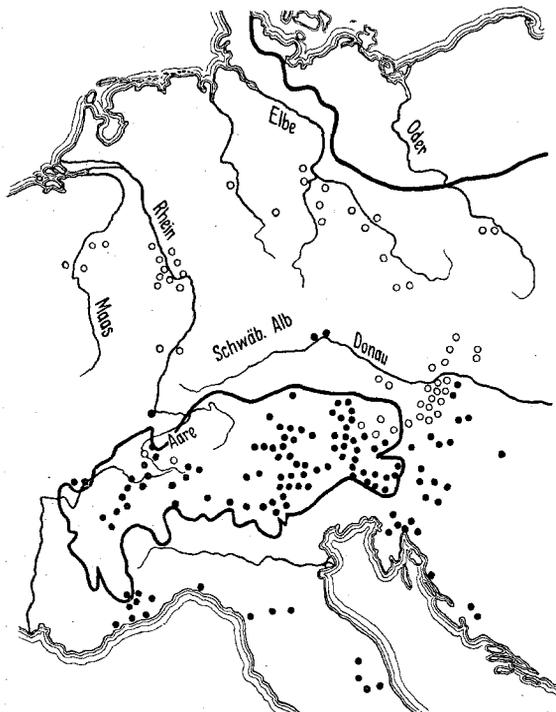


Abb. 1. Die Verbreitung der diploiden und tetraploiden Sippen von *Biscutella laevigata*. (Nach Manton).

- Fundorte der diploiden Sippen.
- " " tetraploiden Sippen.
- ~ Grenze der letzten Vereisung.

Pflanzen mit den höheren Chromosomensätzen, bei denen auch das deutlich paarweise Auftreten der Chromosomen auf Polyploidie hinweisen soll, eine stärkere Widerstandsfähigkeit gegen extreme Außenbedingungen, die hier in Hitze und Trockenheit bestehen, besitzen. Als besonders schönes Beispiel werden drei *Eragrostis*-Arten angeführt, von denen *E. cambessediana* ($n = 10$) im Schlamm der Seeufer, *E. albida* ($n = 20$) im mittelfeuchten Boden am Fuße der Dünen und *E. pallescens* ($n = 40$) höher auf der Düne wächst, wo die starke Trockenheit und die außerordentliche Erhitzung des Bodens (bis zu 80°C) an die Pflanze ganz erhebliche Ansprüche stellt. Da die drei

vollere hexaploide Sippe für Mähwiesen typisch war. Bei *Phleum alpinum* konnten die Verfasser ebenfalls zwei chromosomal verschiedene Sippen feststellen, die ökologisch verschiedene Lebensräume bewohnten. In Schweden wurden bisher nur diploide Formen gefunden, während in Schottland eine tetraploide Sippe vorkommt, die hier wesentlich kräftiger als die schwedische wird.

Eine Verteilung von Polyploidrassen der gleichen Art auf verschiedene Klimazonen konnten auch MANGELSDORF und REEVES (16) bei *Tripsacum* feststellen, wo, „*Texas Tripsacum*“ aus den Prärien von Texas 36 und das in Connecticut heimische „*Connecticut Tripsacum*“ 72 Chromosomen diploid besitzen; MANTON (18) beobachtete bei der Wasserkresse (*Nasturtium officinale*) in nördlichen Breiten ein häufigeres Auftreten von triploiden und tetraploiden Rassen, und HAKANSSON (12) fand bei *Pimpinella saxifraga*, daß die tetraploide Subspezies *Eusaxifraga* ($n = 18$) häufiger ist in Schweden und weiter nach Norden geht als die mehr kontinental verbreitete Unterart *nigra* ($n = 9$).

Einen erheblichen Einfluß auf die geographische Verbreitung scheint die Polyploidie auch bei Arten der Gattung *Agropyrum* zu haben. So wurden von SIMONET (31) zwei chromosomal verschiedene Sippen von *Agropyrum elongatum* ($2n = 14$ und $2n = 70$) gefunden, die sich sowohl morphologisch wie in ihrer geographischen Verbreitung unterscheiden, und von *Agropyrum junceum* kommt an der französischen Westküste eine Sippe mit einem somatischen Satz von 28 Chromosomen vor, während an der Mittelmeerküste eine 42chromosomige Rasse heimisch ist, die sich von der ersteren auch im Aussehen unterscheidet.

ROHWEDER (23) zeigte bei *Dianthus*, daß die Arten mit einem haploiden Satz von 30 und 45 Chromosomen den 15chromosomigen Arten weit überlegen sind und auf Böden gedeihen, ja teilweise wuchern, auf denen die diploiden Arten schwer um ihr Dasein zu kämpfen haben.

In der Gattung *Capsella* fand SHULL (30) die höher chromosomigen Formen üppiger, viel­förmiger und anpassungsfähiger als die Formen mit einem niedrigeren Chromosomensatz, und auch NAVASHIN (20) kommt auf Grund seiner Untersuchungen an triploiden *Crepis*-Pflanzen zu dem Schluß, daß Polyploide infolge physiologischer Veränderung (Wuchs, Entwicklungsgeschwindigkeit usw.) sich unter Umständen ganz anderen Bedingungen anpassen können als die diploiden Arten.

Bei alpinen Pflanzen traf SAKAI (25) einen größeren Prozentsatz von Arten mit dem doppelten bis mehrfachen Satz der für die betreffenden Gattungen eigentümlichen Grund-Chromosomenzahl an.

TISCHLER (32) suchte die Beziehung zwischen Chromosomenzahl und Verbreitung der Angiospermen in Schleswig-Holstein klarzulegen. Unter den nach Norden verbreiteten Pflanzen Schleswig-Holsteins fanden sich etwa 60% „Polyploide“, während die nach Süden verbreiteten Arten rund 27% „Polyploide“ enthielten. Der Vergleich der Flora der Färöer Inseln mit 49,4% und der von Island mit 54,5% „Polyploiden“ mit der Flora von Sizilien, wo nur 31,3% „Polyploide“ gefunden wurden, zeigte gleichfalls ein Überwiegen höherchromosomiger Formen in den nördlicheren Breiten.

ROHWEDER (24) fand in Schleswig-Holstein eine Übereinstimmung zwischen hohem Kalkgehalt des Standorts und hoher Chromosomenzahl der dort wachsenden Pflanzen. Auf stark salzhaltigem Neuland der Insel Amrum war dagegen die Zahl der „polyploiden“ Arten sehr gering.

Es ist klar, daß wenn wirklich durch die bloße Vermehrung des Genoms die Lebenskraft und die ökologische Verbreitungsfähigkeit der Pflanzen verändert wird, dies auch für die Pflanzenzüchtung von größter Bedeutung sein muß. Denn es wäre dann möglich, durch Erhöhung des Genoms auf experimentellem Wege, durch Temperaturschocks, Behandlung mit Chemikalien, mit Radium- und Röntgenstrahlen, Rassen zu erzeugen, die eben durch diesen vermehrten Gehalt an Anlagenmasse ganz neuen Boden- und Klimaverhältnissen gewachsen und angepaßt sind.

Die angeführten Arbeiten können allerdings noch keineswegs als sichere Beweise für eine Erhöhung der Lebenskraft und Anpassungsfähigkeit der Pflanze infolge erhöhten Genoms gelten. Denn einmal bräucht das stärkere Auftreten von polyploiden Pflanzen in Gebieten mit extremer Temperaturbeanspruchung nicht unter allen Umständen auf wirklich erheblich gesteigerter Lebenskraft der betreffenden Pflanze zu beruhen, sondern kann seine Ursache einfach in dem stärkeren Auftreten von Polyploiden infolge der hier häufigeren Temperaturschocks haben. Andererseits ist eine wirkliche Autopolyploidie in keinem der Fälle sicher nachweisbar, wenn auch in manchem recht wahrscheinlich.

Eine wesentliche Ergänzung können uns hier die bisher leider sehr spärlichen entwicklungs-

physiologischen Untersuchungen geben, die an experimentell hergestellten auto- und heteropolyploiden Pflanzen vorgenommen wurden. Hier sind vor allem die Arbeiten F. v. WETTSTEINS und seiner Schüler zu nennen. v. WETTSTEIN (35) gelang es, durch Regeneration und Kreuzung in der Laubmoosfamilie der *Funariaceen* die verschiedensten Autopolyploid- und Heteropolyploidreihen herzustellen. Es zeigte

ploiden Reihen (vgl. Abb. 2). Die Ursachen für diese Erscheinungen gehen aus verschiedenen anderen Untersuchungen hervor. Einmal zeigte es sich bei Untersuchungen über die Zellgröße in den verschiedenen Polyploidreihen, daß es für die einzelnen Arten einen verschiedenen Vergrößerungsindex κ gibt. Mit steigender Genomzahl steigt in den Polyploidreihen auch entsprechend dieser Sippenkonstante κ die Zellgröße (vgl. Abb. 3). Diese Vergrößerungskonstante ist bei den einzelnen Arten sehr ver-

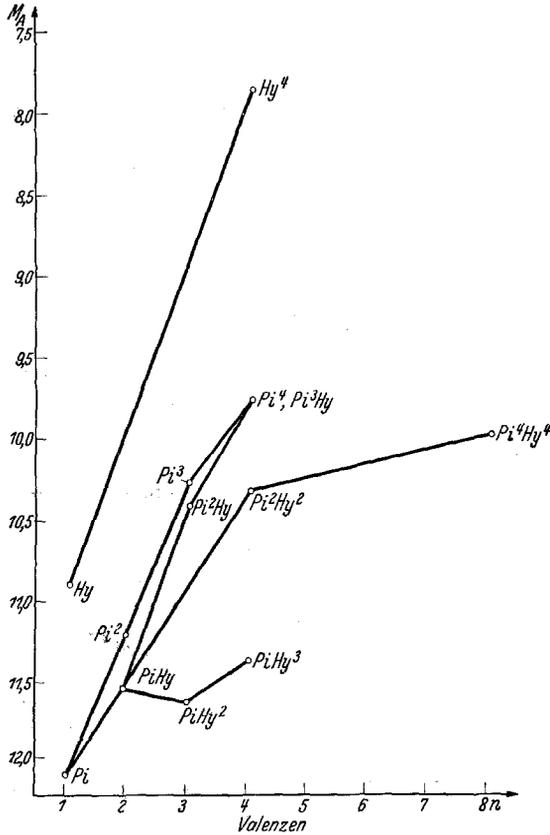


Abb. 2. Mittelwerte (M_A) für die osmotischen Werte der Protonemazellen in den auto- und heteropolyploiden Reihen von *Funaria hygrometrica* (Hy) und *Physcomitrium piriforme* (Pi), ungerechnet in osmotischen Druck in Atmosphären, bei 20° C (spiegelbildlich). (Nach G. Becker).

sich hier eine auffällige Verminderung der Lebenskraft mit der Zunahme der Anlagensätze, die in einer Pflanze vereinigt wurden. Hierbei waren die heteropolyploiden Reihen sehr beträchtlich lebenskräftiger als die autopolyploiden, was sich vor allem darin äußerte, daß in den heteropolyploiden Reihen weit höhere Polyploidstufen erreicht werden konnten als in den autopolyploiden. Andererseits konnte in den Untersuchungen von BECKER (1) nachgewiesen werden, daß mit steigender Polyploidie die osmotischen Werte der Pflanzen entsprechend stark absinken, und zwar ebenfalls stärker in den autopolyploiden als in den heteropoly-

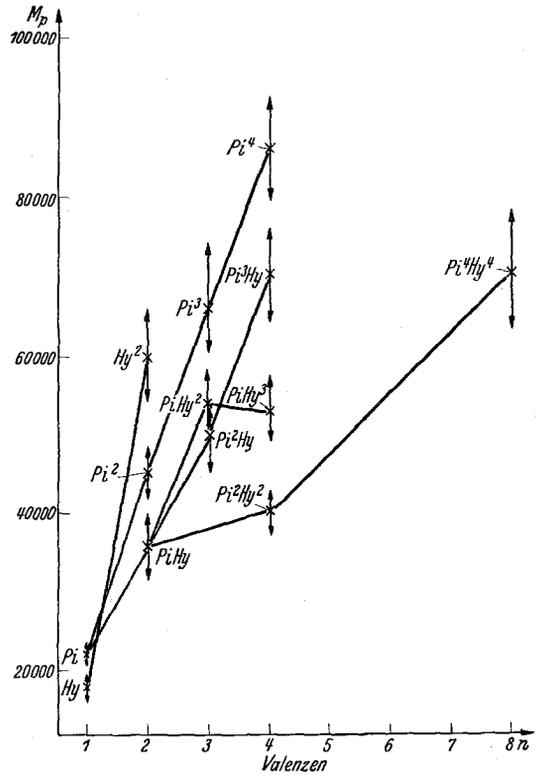


Abb. 3. Mittelwerte M_p der Protonemazellvolumina in den auto- und heteropolyploiden Reihen von *Funaria hygrometrica* (Hy) und *Physcomitrium piriforme* (Pi). (Nach G. Becker.)

▲
×
▼ = Grenzen des dreifachen mittleren Fehlers.

schieden, so beträgt sie bei *Bryum caespitium* ♀ 1,45, bei *Funaria hygrometrica* 1,76, bei *Physcomitrium piriforme* 2,63 und bei *Physcomitrella patens* 3,94. In anderen Fällen dagegen scheint durch die Genomverdoppelung auch eine Verkleinerung des Zellvolumens herbeigeführt zu werden. So fanden BORNHAGEN (4) und SCHWARZENBACH (29) bei *Anthoceros* einen Vergrößerungsindex $\kappa = 0,5$. Andere Untersuchungen (28) konnten zeigen, daß bei den *Funariaceen*-Bastarden mit der steigenden Genomvermehrung die Chloroplastengröße gar nicht, die Chloroplastenzahl bestenfalls nur schwach ansteigt, so daß hier das ernährungs-

physiologisch wichtige Verhältnis: ernährende Fläche:verbrauchender Raum mit Zunahme der Polyploidie immer ungünstiger für die Pflanze werden muß. Auch der Befund, daß die heteropolyploiden Reihen wesentlich lebenskräftiger sind und zu erheblich höheren Polyploidstufen geführt werden können als die autopolyploiden, findet in diesen Ergebnissen seine Erklärung, da für die heteropolyploiden Reihen, wie aus Abb. 3 hervorgeht, der Vergrößerungsindex κ kleiner ist als für die autopolyploiden Reihen und andererseits auch die Chloroplastenzahl in den autopolyploiden Reihen nicht so stark zunimmt wie in den heteropolyploiden. Ferner geht aus den Ergebnissen der Untersuchungen von WINKLER (36) an diploiden und tetraploiden Pflanzen von *Solanum lycopersicum*, die durch Nachuntersuchungen (28) bestätigt werden konnten, hervor, daß die Tetraploiden größere Chloroplasten besitzen als die Diploiden, daß also auch die Wirkung der Genomvermehrung auf die Chloroplastengröße und Zahl wahrscheinlich ebenso art- und sippenverschieden ist wie der Zellvergrößerungsindex.

Ein Absinken der osmotischen Werte konnte auch von SCHLÖSSER (27) bei tetraploiden Winterrüben (*Brassica Rapa*) und Tomaten (*Lycopersicum cerasiforme*) gegenüber den diploiden Ausgangspflanzen festgestellt werden. Ihren Grund findet diese Erscheinung teilweise darin, daß der Wassergehalt bei den Tetraploiden erheblich größer ist als bei den Diploiden, während eine entsprechende Steigerung der ernährungsphysiologisch und osmotisch wirksamen Stoffe (Salze und Kohlehydrate) nicht eintritt. Als Folge dieser Erscheinungen muß die Tatsache gewertet werden, daß die tetraploiden Formen bei *Lycopersicum cerasiforme* und *L. racemigerum*, bei *Brassica Rapa* und *B. Napus* erheblich frostempfindlicher sind als die diploiden Pflanzen, da hier das für die Frostresistenz wichtige Heraufregulieren der ohnehin tiefer liegenden osmotischen Werte schwieriger ist als bei den diploiden Pflanzen.

Bekanntlich führt eine Verdoppelung oder Vervielfachung der Chromosomengarnitur in der Regel zu einer üppigeren Entwicklung der vegetativen Teile und zu einer dunkleren Färbung der Blätter. Auch Steigerung des Pollenschlauchwachstums entsprechend der Vermehrung des Chromosomensatzes (6) und eine Zunahme des Gehalts an Vitamin C in triploiden gegenüber diploiden Äpfeln (26) konnte beobachtet werden. Dagegen ist in der Regel das Wachstum bei den Autopolyploiden verlangsamt, und auch die Fruchtbarkeit ist meistens stark herabgesetzt.

Bei *Lycopersicum esculentum* und *Solanum nigrum* sinken nach JØRGENSEN (13) mit steigender Polyploidie Fruchtgröße und Zahl der Früchte und entsprechende Ergebnisse wurden auch von BLAKESLEE (3) bei *Datura* erhalten. Auch die Zunahme der Viviparie bei *Festuca ovina* (33, 34) mit steigender Häufung von Genomen in einer Pflanze kann in der gleichen Richtung gedeutet werden.

Die angeführten entwicklungsphysiologischen Untersuchungen an experimentell hergestellten autopolyploiden Pflanzen mit bekannter genetischer Konstitution zeigen, daß es nicht möglich ist, aus der Chromosomenzahl allein allgemein gültige Schlüsse auf die ökologische Anpassungsfähigkeit der Pflanzen zu ziehen. Der biologische Wert der Chromosomenverdoppelung oder -vervielfachung kann vielmehr in jedem einzelnen Falle verschieden sein und hängt, wie erwähnt, sehr wesentlich einmal von der Größe der art-eigentümlichen Zellvergrößerungskonstante κ , zum andern von dem Verhältnis von Chloroplastenzahl und -größe bei steigender Genomzahl ab. Aus dem Zusammenwirken dieser beiden Faktoren ergibt sich dann die Größe des osmotischen Wertes, von dem wieder das physiologische und ökologische Verhalten der Pflanze abhängt.

Daß eine Steigerung des osmotischen Wertes infolge von Polyploidie denkbar und möglich ist, haben die Untersuchungen von BORNHAGEN und SCHWARZENBACH bei *Anthoceros* gezeigt, wo die Genomvermehrung zu einer erheblichen Verkleinerung des Zellvolumens führte. Wenn die Chloroplastenzahl und -größe nicht im gleichen Maße absinkt, ist hier eine starke Zunahme des osmotischen Wertes zu erwarten. Die Pflanzen wären in diesem Falle durch die Chromosomenverdoppelung in der Lage, Gebiete zu besiedeln, die an ihre Lebenskraft (Kälte- und Trockenheitsresistenz) höhere Ansprüche stellt und daher den diploiden Sippen verschlossen sind. So ließe sich — vorausgesetzt, daß es sich in allen diesen Fällen wirklich um Autopolyploidie handelt — sowohl die bessere Kälteanpassung des tetraploiden *Empetrum Hermaphroditum* gegenüber dem diploiden *Empetrum nigrum*, wie die Zunahme der Widerstandsfähigkeit gegen Trockenheit und Hitze bei den drei *Eragrostis*-Formen mit der Vermehrung des Genoms vielleicht eine derartige Zellverkleinerung und die damit verbundene Steigerung der osmotischen Werte zurückführen.

In der Regel scheint die Autopolyploidie allerdings zu einer Abschwächung der Widerstands-

fähigkeit gegen extreme Außenbedingungen zu führen. So sind bei *Vaccinium uliginosum*, bei *Biscutella laevigata* und bei *Phleum pratense* die tetraploiden Sippen an weniger extreme Außenbedingungen angepaßt als die diploiden Rassen. Man könnte also erwarten, daß hier die von BECKER, SCHLÖSSER und v. WETTSTEIN gefundene Erscheinung vorliegt, daß mit der Genomvermehrung die Zellgröße stark ansteigt, die osmotischen Werte dagegen entsprechend absinken. Auf der anderen Seite ist es aber sehr interessant, festzustellen daß der verminderten Widerstandsfähigkeit der Polyploiden gegen klimatisch extreme Standorte eine wesentlich erhöhte Anpassungs- und Ausbreitungsfähigkeit in ökologisch günstigeren Gebieten zu entsprechen scheint.

Eine derartige Veränderung wichtiger physiologischer Funktionen und damit auch der ökologischen Verbreitungsfähigkeit durch die Vermehrung des Genoms kann aber nicht nur für die geographische Ausbreitung von Wildarten, sondern auch für die Verbreitung der Kulturpflanzen in völlig neue Gebiete und ihre Anpassung an ökologische Verhältnisse, die für die Sippen mit nicht vermehrtem Genom keine oder doch nur schlechte Lebensmöglichkeiten bergen, von Bedeutung sein.

Noch mehr gilt dies naturgemäß für die Heteropolyploidie. Haben hier doch schon die Untersuchungen KARPETSCHENKO'S (14) an *Raphanobrassica* gezeigt, daß bei Heteropolyploiden völlig neue morphologische Merkmale auftreten können, die bei keiner der Elternpflanzen gefunden werden. Es ist zu erwarten, daß diese amphidiploiden Bastarde auch physiologisch und ökologisch völlig neue Eigenschaften aufweisen und damit Verbreitungsgebiete erschließen können, die beiden Eltern nicht zugänglich waren.

Literatur.

1. BECKER, G.: Experimentelle Analyse der Genom- und Plasmonwirkung bei Moosen. III. Osmotischer Wert heteroploider Pflanzen. Z. Abstammungslehre **60** (1931).
2. BLACKBURN, B. K.: On the relation between geographic races and polyploidy in *Silene ciliata* Pourr. Genetica ('s-Gravenhage) **15** (1933).
3. BLAKESLEE, A. F.: Chromosome mutation in the Jimson weed. J. Hered. **15** (1924).
4. BORNHAGEN, H.: Die Regeneration (Aposporie) des Sporophyten von *Anthoceros laevis*. Biol. Zbl. **46** (1926).
5. FAYERLIND, F.: Beiträge zur Kenntnis der Cytologie der Rubiaceen. Hereditas (Lund) **19**, (1934).
6. GOTOH, K.: Physiological researches on pollen, with special reference to the artificial germination of Gramineae pollen. Mem. Fac. Sci. and Agric. Taihoku Imp. University **3** (1931). Bot. Nr. 3.

7. GREGOR, J. W., and F. W. SANSOME: Experiments on the genetics of wild populations. II. *Phleum pratense* L. and the hybrid *Phleum pratense* L. × *Phleum alpinum* L. J. Genet. **22** (1930).

8. HAGERUP, O.: Empetrum Hermaphroditum (Lge.) HAGERUP, a new tetraploid, bisexual species. Dansk botanisk Arkiv **5** (1927).

9. HAGERUP, O.: Morphological and cytological studies of *Bicornes*. Dansk botanisk Arkiv **6** (1928).

10. HAGERUP, O.: Über Polyploidie in Beziehung zu Klima, Ökologie und Phylogenie. Hereditas (Lund) **16** (1932).

11. HAGERUP, O.: Studies on polyploid ecotypes in *Vaccinium uliginosum* L. Hereditas (Lund) **18** (1934).

12. HAKANSON, A.: Beiträge zur Polyploidie der Umbelliferen. Hereditas (Lund) **17** (1933).

13. JØRGENSEN, C. A.: The experimental formation of heteroploid plants in the genus *Solanum*. J. Genet. **19** (1928).

14. KARPETSCHENKO, G. D.: Konstantwerden von Art- und Gattungsbastarden durch Verdoppelung der Chromosomenkomplexe. Züchter **1** (1929).

15. LESLEY, M. M., and J. W. LESLEY: The mode of origin and chromosome behaviour in pollen mother cells of a tetraploid seedling tomato. J. Genet. **22** (1930).

16. MANGELSDORF, P. C., and R. G. REEVES: Hybridization of maize, *Tripsacum* and *Euchlaena*. J. Hered. **22** (1931).

17. MANTON, J.: The problem of *Biscutella laevigata* L. Z. Abstammungslehre **67** (1934).

18. MANTON, J.: The cytological history of water cress (*Nasturtium officinale* R. Br.). Z. Abstammungslehre **69** (1935).

19. MÜNTZING, A.: Über Chromosomenvermehrung in Galeopsiskreuzungen und ihre phylogenetische Bedeutung. Hereditas (Lund) **14** (1930/31).

20. NAVASHIN, M.: Studies on polyploidy. I. Univ. California Publ. Agric. Sci. **2** (1929).

21. NILSSON, H.: Synthetische Bastardierungsversuche in der Gattung *Salix*. Lunds Universitets Årsskrift N. F. **27** (1930).

22. NILSSON, H.: Die Analyse der synthetisch hergestellten *Salix laurina*. Hereditas (Lund) **20** (1935).

23. ROHWEDER, H.: Beiträge zur Systematik und Phylogenie des Genus *Dianthus*, unter besonderer Berücksichtigung der karyologischen Verhältnisse. Englers Bot. Jb. **66** (1934).

24. ROHWEDER, H.: Die Bedeutung der Polyploidie für die Anpassung der Angiospermen an die Kalkgebiete Schleswig-Holsteins. Bot. Zbl. A Beih. **54** (1936).

25. SAKAI, K.: Studies on the chromosome number in alpine plants. I. Jap. J. Genet. **9** (1934).

26. SANSOME, F. W., and P. S. ZILVA: Polyploidy and Vitamin C. Biochemic. J. **27** (1933).

27. SCHLÖSSER, L. A.: Frosthärte und Polyploidie. Züchter **8** (1936).

28. SCHWANITZ, F.: Experimentelle Analyse der Genom- und Plasmonwirkung bei Moosen. V. Protonemaregeneration aus Blättchen, Chloroplastengröße, Chloroplastenzahl, assimilatorische Relation. Z. Abstammungslehre **62** (1932).

29. SCHWARZENBACH, M.: Regeneration und Aposporie bei *Anthoceros*. Arch. Klaus-Stiftg. 2 (1926).
30. SHULL, S.: Species hybridization among old and new species of shepherdspurse. Proc. Intern. Congr. of Plant Sci. 1929.
31. SIMONET, M.: Contributions à l'étude cytologique et génétique de quelques *Agropyrum*. C. r. Acad. Sci. Paris 201 (1935).
32. TISCHLER, G.: Die Bedeutung der Polyploidie für die Verbreitung der Angiospermen, erläutert an den Arten Schleswig-Holsteins mit Ausblicken auf andere Florengebiete. Bot. Jb. 67 (1934).
33. TURESSON, G.: Studien über *Festuca ovina* L. II. Chromosomenzahl und Viviparie. Hereditas (Lund) 13 (1929/30).
34. TURESSON, G.: Studien über *Festuca ovina* L. III. Weitere Beiträge zur Kenntnis der Chromosomenzahlen viviparer Formen. Hereditas (Lund) 15 (1931).
35. WETTSTEIN, F. v.: Morphologie und Physiologie des Formwechsels der Moose auf genetischer Grundlage. II. Bibliotheca genetica 10 (1928).
36. WINKLER, H.: Über experimentelle Erzeugung von Pflanzen mit abweichenden Chromosomenzahlen. Z. Bot. 8 (1916).

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

Die Züchtung von Lupinen mit nichtplatzenden Hülsen.

I. Anatomie und Morphologie der Lupinenhülsen.

Von K. Zimmermann.

Einleitung.

Die in Deutschland angebauten Lupinen, *Lupinus luteus* und *Lupinus angustifolius*, besitzen eine Reihe von Eigenschaften, die ihren Wert als Kulturpflanzen beträchtlich herabsetzen: Hohen Alkaloidgehalt, platzende Hülsen, Hartschaligkeit. Diese drei Haupteigenschaften werden seit 1927 im Kaiser Wilhelm-Institut für Züchtungsforschung von v. SENGBUSCH züchterisch bearbeitet (v. SENGBUSCH 1930, 1934, 1935). Die theoretischen und praktischen Arbeiten zur Züchtung von Lupinen mit nichtplatzenden Hülsen wurden im Laufe der letzten Jahre beträchtlich erweitert. In dem aufgezeichneten Rahmen wurden auch die in der vorliegenden Veröffentlichung besprochenen Untersuchungen durchgeführt. Für die Untersuchungen stand das gesamte Müncheberger Lupinenmaterial zur Verfügung und zwar alkaloidfreie, frühreife, fettreiche und eiweißreiche Stämme sowie schwerer platzende Freilandauslesen von *Lupinus luteus* und *Lupinus angustifolius*.

Das Platzen der Lupinen verursacht einen ziemlich großen Schaden. Bei ungünstigem Wetter während der Ernte (trocken, heiß) kann der Ausfall an Körnern sehr erheblich sein, in manchen Jahren 30—50% betragen. Am leichtesten platzen die Hülsen der gelben Lupine, *Lupinus luteus*. Dann folgt *Lupinus angustifolius*, die blaue Lupine. Die weiße Lupine, *Lupinus albus*, und die südamerikanische Art *Lupinus mutabilis*, die beide vorläufig nur versuchsweise in Deutschland angebaut werden,

haben nichtplatzende Hülsen. Die fünfte, für die Kultur in Frage kommende Art, *Lupinus perennis*, hat ebenfalls leichtplatzende Hülsen.

Bei der Züchtung auf Nichtplatzen steht an erster Stelle die Forderung nach nichtplatzenden Formen von *Lupinus angustifolius* und *Lupinus luteus*, da diese beiden Arten für die leichten Böden des deutschen Ostens als Futterpflanze hervorragend geeignet sind.

Welche Wege stehen zur Erreichung dieses Zieles offen?

1. *Artkreuzungen*. Trotz zahlreicher Versuche sind Kreuzungen zwischen Lupinenarten, mit deren Hilfe man die Eigenschaft des Nichtplatzens von *Lupinus albus* oder *mutabilis* auf die anderen Arten hätte übertragen können, bisher nicht gelungen. Neue Versuche werden zur Zeit im hiesigen Institut durchgeführt.

2. *Wildformen*. Unter den bislang bekannten Wildformen von *Lupinus angustifolius* und *Lupinus luteus* sind keine nichtplatzende Formen gefunden worden. Durch eingehende Sammelreisen soll dieser Weg jedoch weiter verfolgt werden.

3. *Massenauslese*. Von v. SENGBUSCH sind alljährlich umfangreiche Versuche gemacht worden, um durch Auslese aus einem großen Material zu nichtplatzenden Formen zu gelangen. Über diese Versuche hat v. SENGBUSCH im „Züchter“ und in den Mitt. f. d. Landw. berichtet.

4. *Synthese komplexer Eigenschaften* aus ihren Teileigenschaften.

v. SENGBUSCH hat in einer Arbeit in For-