©Badischer Landesverein für Naturkunde und Naturschutz e.V.; download unter www.blnn.de/ und www.zobodat.at

pflanzen, kaum ein Zehntel des Bestandes von 1947, und 1952 nur wenig über 100. Von anderen Kulturpflanzen fand ich im September 1952 einen samentragenden Salatstock *(Lactuca sativa)* bei Rheinweiler, und zahlreiche Astern mit verschiedenen Blütenfarben an der Kandermündung.

Alle genannten Pflanzen bilden keinen dauernden Bestandteil unserer heimatlichen Flora, während andere sich fest einbürgern konnten und sogar zu lästigen Unkräutern wurden, wie etwa die kanadische Goldrute und das große Springkraut, um nur zwei am Rhein besonders häufige Arten zu nennen. Aber trotzdem dürfte es angebracht sein, jede neu auftretende Art möglichst frühzeitig festzuhalten, denn viele Fälle haben gezeigt, daß es oft schwer oder ganz unmöglich ist, nachträglich noch das erste Auftreten und die Ausbreitung einer neuen Art festzustellen.

Polyploidie und ökologische Anpassung[1)]

Von Alfons Fischer, Donaueschingen

Der Begriff der Polyploidie setzt folgende kurze Erklärung voraus: Die Gene oder Erbanlagen sind in den Chromosomen gelagert. Träger der Gene ist der Chromosomensatz. Die Gesamtzahl der Chromosomen, die von einem Elter stammen, wird als Genom bezeichnet. Jede Pflanzenart hat eine ganz bestimmte Chromosomenzahl, für jede Art ist die Zahl der Chromosomen konstant. Die Chromosomenzahl beträgt z. B. bei unseren Kartoffelsorten 48, beim Roggen 14 und findet sich in allen Körperzellen von der Wurzel bis zur Spitze. In den Geschlechtszellen (Kerne des Pollenkorns und der Eizelle) dagegen findet sich nur die halbe Anzahl der Chromosomen, demnach bei der Kartoffel 24 und beim Roggen 7 Chromosomen. Jede Körperzelle hat also zwei Genome, jede Geschlechtszelle ein Genom. Die Körperzellen mit der Vollzahl werden als diploid, die Geschlechtszellen mit der Halbzahl als haploid bezeichnet. Bei der Befruchtung, d. h. bei der Vereinigung von Eikern und Pollenkern, verbinden sich beide Sätze wieder zu der Vollzahl.

Systematische Untersuchungen der Chromosomenzahlen im Pflanzenreich haben zu der Feststellung geführt, daß sowohl bei einer reinen Art als auch bei nahe verwandten Arten einer Gattung Rassen auftreten können, die durch eine Vervielfachung ihrer Chromosomenzahl ausgezeichnet sind. An Stelle der normalen Zahl von zwei Genomen haben diese Rassen vier, sechs, acht usw. Genome. Diese Erscheinung der Vervielfachung ganzer Chromosomensätze wird als Polyploidie bezeichnet. Nach der Höhe der Vermehrung des einfachen Genoms sprechen wir von tetraploiden, hexaploiden und oktoploiden Formen. Eine solche ansteigende Reihe mit der Grundzahl 7 ist in der Gattung *Triticum* (Weizen) gegeben. Die Einkornreihe mit 7 Chromosomen in den Geschlechtszellen und 14 Chromosomen in den Körperzellen ist diploid, die Emmerreihe mit 14 und 28 Chromosomen ist tetraploid und die Dinkelreihe mit 21 und 42 Chromosomen ist hexaploid. Triploide Formen entstehen dann, wenn bei einer Art nicht beide Genome, sondern nur ein Genom verdoppelt wird. Die Apfelsorten „Gravensteiner" und

[1)] Professor Dr. Friedrich Metz, Freiburg i. Br., zum 60. Geburtstag am 8. März 1950 — Manuskript abgeschlossen Februar 1950 —

©Badischer Landesverein für Naturkunde und Naturschutz e.V.; download unter www.blnn.de/ und www.zobodat.at

„Schöner von Boskop" sind solche triploide Sorten. Die verbreitetste Form der Polyploidie ist die Tetraploidie, die Verdoppelung der beiden Grundchromosomensätze. Wesentlich seltener ist die Hexaploidie und die Oktoploidie und noch höhere Grade der Vervielfachung der Grundchromosomensätze (SCHWANITZ 1940).

Die Ergebnisse der Cytologie haben uns das häufige Vorkommen polyploider Reihen sowohl innerhalb einer Gattung als auch teilweise innerhalb einer Art gezeigt. Wir können auf Grund experimenteller Untersuchungen zwei verschiedene Arten von Polyploidie unterscheiden, die Autopolyploidie und die Allopolyploidie. Erstere beruht auf der Verdoppelung des Chromosomensatzes einer reinen Art (Vermehrung des gleichen Anlagensatzes) durch Einwirkung von Außenfaktoren, vor allem extremen Temperaturen, chemischen Mitteln und kurzwelligen Strahlen während der empfindlichen Periode der Reduktionsteilung (zur Herstellung polyploider Formen wird heute in erster Linie das Alkaloid der Herbstzeitlose, das Colchicin, verwendet). Im Gegensatz dazu wird die Allopolyploidie durch Störungen verursacht, die bei der Keimzellenbildung von Art- und Gattungsbastarden häufig eintreten, wobei diese zumeist um so größer sind, je weiter die betreffenden Arten systematisch voneinander entfernt stehen (Genome sind strukturmäßig verschieden). Durch die Allopolyploidie entstehen Formen, die den Wert von neuen Arten besitzen, sie sind völlig fruchtbar und stellen in ihren Eigenschaften neue konstante Kombinationen beider Ausgangsarten dar.[2])

In größerer Zahl sind in der Folge von Artbastardisierung und nachfolgender Chromosomenverdoppelung entstandene neue konstante und vollfruchtbare Formen („amphidiploide Bastarde") in den beiden letzten Jahrzehnten bekannt geworden. Erinnert sei an die Kohl-Rettich-Bastarde (Raphanobrassica), entstanden aus der Kreuzung Raphanus sativus x Brassica oleracea und nachfolgender Chromosomenverdoppelung, an die Weizen-Roggen-Bastarde (Triticale = Triticum vulgare x Secale cereale), an das Aegilotricum (Kreuzung einer Aegilops-Art, eines mediterranen Wildgrases, mit einer Triticum-Art, beispielsweise Triticum dicoccoides), an Aesculus carnea (Aesculus Hippocastanum x Aesculus pavia), an Primula Kewensis (Primula verticillata x Primula floribunda) u. a. m. Auch beim Tabak (Nicotiana Tabacum und Nicotiana rustica) haben Kreuzungsversuche wahrscheinlich gemacht, daß dieser amphidiploider Herkunft ist und wohl durch Bastardierung der beiden Wildarten Nicotiana sylvestris x Nicotiana tomentosa mit nachfolgender Chromosomenverdoppelung entstanden ist. Ebenso können die Genome der Kulturkartoffel (Solanum tuberosum) auf diploide südamerikanische Wildformen zurückgeführt werden. Neuerdings haben McFADDEN und SEARS von der Texas Agricultural Experiment Station (McFADDEN u. SEARS 1946) auf Grund experimenteller Untersuchungen die Feststellung getroffen, daß auch der Dinkel (Triticum Spelta) als Amphidiploid aus *Triticum dicoccum* x *Aegilops squarrosa* anzusehen ist. Aus der Kreuzung des wilden Emmer mit *Aegilops squarrosa*, in Südwest-Asien und Südost-Europa beheimatet, geht nach den Untersuchungen der genannten amerikanischen Forscher ein hexaploider Weizen hervor vom morphologischen Aussehen und cytologischen Verhalten von *Triticum Spelta*[3]).

---

[2]) (FISCHER u. SCHWANITZ 1936, KUCKUCK 1944, ROEMER u. RUDORF 1941).

[3]) Zu dieser für die Frage der Abstammung des Dinkels wichtigen Veröffentlichung von McFADDEN und SEARS schreibt E. SCHIEMANN (1947): „Offen bleiben die Fragen, ob diese Kreuzung in Europa oder Asien, ob in der Natur oder in Kultur vor

©Badischer Landesverein für Naturkunde und Naturschutz e.V.; download unter www.blnn.de/ und www.zobodat.at

Von besonderer Wichtigkeit ist nun die Tatsache, daß es verschiedentlich auf experimentellem Wege, d. h. durch Chromosomenverdoppelung nach Bastardierung, gelungen ist, in der Natur vorhandene Arten synthetisch aus anderen Arten zu erhalten, oder m. a. W., daß feststehende „LINNÉ'sche Arten" aus anderen Arten erzeugt werden konnten, wodurch der Beweis der Deszendenz einer Art aus anderen Arten erbracht werden konnte. Die Hybridisierungen geben damit eine der Grundlagen für die Entstehung neuer Arten ab (TISCHLER 1947).

Für ein Ackerunkraut, den Hohlzahn *(Galeopsis tetrahit)*, konnte erstmalig durch MÜNTZING (MÜNTZING 1930/31) der Nachweis geführt werden, daß diese tetraploide Art aus der Synthese der beiden diploiden Arten *Galeopsis pubescens* und *Galeopsis speciosa* hervorgegangen ist. Weiterhin konnte die Grauweide *(Salix cinerea)* aus der Kombination von *Salix caprea* (Salweide) und *Salix viminalis* (Korbweide) erzeugt werden. Weitere Beispiele dieser Art sind die Synthese der Hauspflaume *(Prunus domestica)* aus der Kreuzung zwischen der Schlehe *(Prunus spinosa)* und einer Kleinart der Kirschpflaume *(Prunus divaricata)*, sowie die Entstehung von Raps *(Brassia Napus oleifera)* aus der Kreuzung von Kohl *(Brassica oleracea)* und Rübsen *(Brassica campestris)*.

Das Auffinden zahlreicher Polyploidreihen in den verschiedensten Familien und Gattungen warf nun die Frage auf, wie weit der ökologische Charakter, die Anpassungsfähigkeit und die geographische Verbreitung der Pflanzen durch die Polyploidie verändert wird. Ein Vergleich polyploider und zugehöriger niederchromosomiger Rassen und Arten ergibt nicht nur ganz bestimmte morphologische, sondern vor allem auch physiologische und ökologische Unterschiede. Morphologisch unterscheiden sich die polyploiden Formen von ihren diploiden Verwandten durch vergrößerte Blattflächen, durch Vergrößerung aller Organe der Blüte, häufig durch verdickte Stengel und Sprosse und infolge Vergrößerung der Zellen durch eine erhöhte Wüchsigkeit („Gigasformen"). Diese Wuchsvergrößerungen sind aber nur bis zu einer bestimmten Grenze mit einer Vervielfachung der Chromosomensätze verbunden. Nach Erreichung eines bestimmten Optimums in der Chromosomenvermehrung können bei weiterer Steigerung der Chromosomenzahl selbst Zwergformen (oktoploide Maisrassen) und nicht lebensfähige Pflanzen entstehen. Außerdem muß eine vergrößerte Wuchsform nicht ausschließlich auf einer Vervielfachung der Chromosomenzahl beruhen, sie kann ebenso durch qualitative Unterschiede in den Genomen bedingt sein. In physiologischer Hinsicht unterscheiden sich die polyploiden Rassen von den diploiden durch eine verringerte Transpiration, durch einen höheren Wassergehalt, durch einen geringeren osmotischen Wert (vergrößerte Zellen), durch eine geringere Zellteilungsrate und damit durch eine verlangsamte Entwicklung. Bei auftretenden ein- und mehrjährigen

---

sich gegangen ist, m. a. W. ob *Triticum dicoccoides* oder *Triticum dicoccum* als Elter gedient hat. Ist es *dicoccoides* gewesen, so muß der Vorgang sich in Vorderasien vollzogen haben; ist es aber der Kulturemmer, so kommt sowohl Europa wie Asien in Frage. Die Verfasser entscheiden sich für Südost-Europa, speziell den Nordabhang des Kaukasus, die Krim, wo *Aegilops squarrosa* vorkommt, und von wo der Spelz wegen geographischer und kultureller Blockierungen nicht nach Osten, Norden oder Südwesten (Balkan-Karpathen), wohl aber durch die landwirtschaftlich begünstigteren Länder (Ukraine, Westrußland, Polen, Ostelbien) nach Nordwesten wandern konnte. Damit ist der Anschluß an GRADMANNS Theorie gefunden, wonach der Spelz von den Alemannen aus ihrer ostelbischen Urheimat an den Rhein gebracht wurde. Historische und linguistische Tatsachen machen diesen Zusammenhang zwar verständlich, Belege durch archäologische Funde liegen aber nicht vor, und dürften auch schwer zu erbringen sein."

©Badischer Landesverein für Naturkunde und Naturschutz e.V.; download unter www.blnn.de/ und www.zobodat.at

Rassen einer Art sind die einjährigen Formen in der Mehrzahl diploid, die zwei- und mehrjährigen Formen vorwiegend polyploid. Weiter treten zwischen Polyploiden und Diploiden Unterschiede in der Winterfestigkeit, in der chemischen Zusammensetzung (erhöhter Gehalt an Vitamin C in tetraploiden Tomaten und in triploiden und tetraploiden Apfelsorten; fast doppelt so hoher Gehalt an Fruktose bei tetraploidem Kohl gegenüber den diploiden Pflanzen), im Chlorophyllgehalt, in einer z. T. bei Polyploiden recht erheblichen Herabsetzung der Fruchtbarkeit, in einer unter Umständen erheblichen Steigerung der Bastardierungsfähigkeit einer Art mit anderen Arten und nicht zuletzt in einer erhöhten Widerstandskraft gegenüber Schädlingen (triploide Espen sind widerstandsfähig gegen Polyporus) u. a. m. auf (SCHWANITZ 1940). Von besonderer Wichtigkeit ist die Tatsache, daß die Transpiration der Diploiden stärker ist als diejenige der Polyploiden. Aus der niedrigeren Transpirationsrate der polyploiden Pflanzen ist deren erhöhte Dürre- bzw. Welkungs-Resistenz zu erklären. Durch die Polyploidie werden die morphologischen und anatomischen Eigenschaften derart verändert, daß eine Verringerung der Transpiration eintreten muß.

In ökologischer Hinsicht konnte bei einer Reihe von Pflanzengattungen die Feststellung gemacht werden, daß die Arten mit höheren Chromosomenzahlen weiter nordwärts gehen können als Arten der gleichen Gattung mit niederem Chromosomensatz. Die Ansicht, daß die Floren extremer Klimate einen höheren Prozentsatz an polyploiden Arten enthalten als die Floren klimatisch gemäßigter Gebiete, wurde zuerst von dem Dänen O. HAGERUP und dem Kieler Botaniker G. TISCHLER vertreten. Seitdem hat sich die „Cytoökologie" zu einem wichtigen Zweig unter den biologischen Disziplinen entwickelt (TISCHLER 1939). Bei der Untersuchung der Flora von Timbuktu konnte HAGERUP (1932) das Auftreten zahlreicher Polyploidreihen innerhalb der hier vertretenen Gattungen und Arten feststellen. Diese Polyploidformen müssen eine erhebliche Widerstandsfähigkeit gegen extreme Außenbedingungen (Hitze, Trockenheit) besitzen. Der dänische Forscher wies in seiner Veröffentlichung auch als erster darauf hin, daß die Polyploiden gegen das rauhe Klima des Nordens oder alpiner Höhen widerstandsfähiger sein können. TISCHLER (1936, 1936a) suchte erstmalig die Beziehung zwischen der Chromosomenzahl und der Verbreitung der Angiospermen-(Blütenpflanzen-)Flora eines ganzen Landes — für seine Untersuchungen wählte er das Land Schleswig-Holstein aus — klarzulegen. In dieser ersten Arbeit kam TISCHLER (1936) zu folgendem Ergebnis: Von den annähernd 1100 Blütenpflanzen des Landes Schleswig-Holstein, von denen damals bei 70% die Chromosomenzahlen bekannt waren, erwiesen sich 44,8% als polyploid. Unter den nach Norden verbreiteten Angiospermen dieses Landes fanden sich 61,9% Polylploide, während die nach Süden, Südwesten oder Südosten verbreiteten Arten nur 26,8% Polyploide enthielten. Im Laufe der Jahre sind die Chromosomenzahlen weiterer Angiospermen-Arten bekannt geworden. In einer neueren Veröffentlichung (1942) gibt TISCHLER für Schleswig-Holstein folgende Zahlen:

vorhandene Angiospermen	chromosomal bekannt	diploid	polyploid	diploide u. polyploide Rassen möglich
1071	91,97 %	45,2 %	48,8 %	6 %

Besonders bei den „Nordpflanzen", d. h. den von Norden her in Schleswig-Holstein eingewanderten Arten, überwogen die polyploiden Formen:

©Badischer Landesverein für Naturkunde und Naturschutz e.V.; download unter www.blnn.de/ und www.zobodat.at

	Zahl	chromosomal bekannt	diploid	polyploid	diploide u. polyploide Rassen möglich
„Nordpflanzen“	207	91,3 %	27,4 %	65,8 %	6,8 %
„Südpflanzen“	104	94,2 %	59 %	36 %	3 %

Die Zahl der polyploiden Angiospermen nimmt in Europa ganz allgemein von Süden nach Norden erheblich zu. Während auf den griechischen Inseln (Kykladen) nur etwa 34 % Polyploide gezählt werden konnten, stieg dieser Prozentsatz in Schleswig-Holstein schon auf etwa 50, in Island auf 65 und in Spitzbergen auf 77 an (TISCHLER 1946). Der Vergleich der Flora der Färöer-Inseln mit über 51 % mit der Flora von Sizilien, wo nur etwa 32,5 % Polyploide gefunden wurden, zeigt gleichfalls ein Überwiegen höherchromosomiger Formen in den nördlicheren Breiten (TISCHLER 1936). Ein deutliches Ansteigen der Polyploiden nach Norden geht auch aus den neueren Untersuchungen von A. und D. LÖVE für die nordischen Länder in folgenden Zahlen hervor (vgl. TISCHLER 1942):

Land	vorhandene Angiospermen	chromosomal bekannt	Polyploide
Dänemark	1246	87,7 %	51,9 %
Schweden	1575	81,5 %	53,5 %
Norwegen	1272	83,6 %	53,9 %
Finnland	1224	80,7 %	54,4 %
Färöer	(267)	—	60,7 %
Island	(365)	—	63,5 %

Für Grönland hat BÖCHER bisher schon 63 % und FLOVIK für Spitzbergen 80 % Polyploide angegeben (TISCHLER 1942).

Für Sizilien dagegen lauten die neuesten Zahlen wie folgt (TISCHLER 1942):

vorhandene Angiospermen	chromosomal bekannt	diploid	polyploid	diploide u. polyploide Rassen möglich
2348	37,6 %	58,8 %	37,1 %	4,1 %

Ähnliche Ergebnisse wie in den nordischen Ländern konnten auch für alpine Gebiete gewonnen werden. Die russischen Forscherinnen SOKOLOVSKAJA und STRELKOVA fanden für gewisse Pflanzenfamilien des Pamir 85 % Polyploide, für die gleichen Pflanzenfamilien des Altai 65 % und für den Kaukasus 50 % Polyploide. Im Kaukasus, in dem ein großer Prozentsatz der Arten von Süden eingewandert ist — diese erwiesen sich zumeist als diploid — sind die von Norden her eingewanderten Arten in der Hauptsache polyploid.

Von Interesse in diesem Zusammenhang sind auch die Beobachtungen von SHIMOTOMAI, daß bei gewissen Gattungen (*Chrysanthemum*) schon die Ungunst einer besonderen Bodenart (Salzboden des Meeresstrandes) eine Selektion nach polyploiden Arten vornehmen kann. TISCHLER und WULFF (TISCHLER 1936) konnten dieses Ergebnis bei ihrer eingehenden Untersuchung über die Flora der „Halligen-Inseln“ im wesentlichen bestätigen. Zur Zeit der floristischen Aufnahme oder schon früher waren auf den Halligen 132 Blütenpflanzen gefunden. Davon gehörten zu:

Gruppe 1	typische Salzbewohner (Halophyten)	35 mit 51,4 % Polyploiden

©Badischer Landesverein für Naturkunde und Naturschutz e.V.; download unter www.blnn.de/ und www.zobodat.at

Gruppe 2	Pflanzen, die ohne eigentlich halophil zu sein, die spärlich entwickelte Sandflora an der Küste ausmachen	7 mit 85 % Polyploiden
Gruppe 3	nichthalophile Pflanzen, so eingebürgert, daß sie von der unmittelbaren Nachbarschaft des Menschen sich freigemacht haben	37 mit 69,4 % Polyploiden
Gruppe 4	Pflanzen der „Warften", d. h. in unmittelbarer Nachbarschaft der Menschen. Überflutungen reichen an diese Standorte nicht heran	53 mit 32,1 % Polyploiden

Aus der Zusammenstellung geht deutlich hervor, daß die nicht eigentlich an das Ertragen von Salz angepaßten Pflanzen, deren Standorte in den periodisch überfluteten Gebieten liegen, in sehr hohem Grade polyploid sind. Dagegen liegt der Prozentsatz an Polyploiden bei den Halophyten nur wenig höher als derjenige in der Gesamtflora des Landes Schleswig-Holstein. Einen extrem geringen Prozentsatz an Polyploiden weisen die nicht in das Überflutungsgebiet vordringenden Pflanzen auf. Auch ROHWEDER (1936) fand, daß auf stark salzhaltigem Neuland der Insel Amrum die Zahl der polyploiden Arten sehr gering war. Für Schleswig-Holstein konnte ROHWEDER eine Übereinstimmung zwischen hohem Kalkgehalt des Standorts und hoher Chromosomenzahl der dort wachsenden Pflanzen feststellen. Diese Ergebnisse werden weiter ergänzt durch eine Mitteilung von TISCHLER (1946), in welcher er über ein Naturexperiment im großen berichtet, nämlich über die floristische Besiedlung der im Jahre 1854 aus dem seichten Wattenmeer der Nordsee aufgestiegenen Insel Trischen. 113 Angiospermen-Arten haben sich in den neun Jahrzehnten auf dieser Insel angesiedelt. Auf den Dünen und den öfters von Salzwasser überfluteten Marschwiesen hat sich eine hauptsächlich polyploide Flora eingebürgert. Bei der Dünenflora dieser Insel haben wir es mit 60 % Polyploiden, 30 % Diploiden und 10 % mit möglicherweise beiderlei Rassen zu tun, die Marschwiesen besaßen 66,7 % Polyploide und nur 29,6 % Diploide und diese sind reine Halophyten. Im Gegensatz dazu war der Polyploidgrad wesentlich geringer bei den Ackerpflanzen, die in ihrer Zusammensetzung alljährlich der menschlichen Kontrolle unterliegen (48,7 % Diploide, 43,6 % Polyploide und 7,7 % mit möglicherweise beiderlei Rassen).

Weitere Untersuchungen von TISCHLER (1946) und seiner Schülerin G. HERMANN hatten das Ergebnis, daß auf frisch umgebrochenen Böden im Laufe weniger Jahre die Polyploiden den Diploiden im Daseinskampf überlegen sind. Die Versuche bestanden darin, „daß die ursprüngliche Pflanzendecke von verschiedenen Bodenarten abgeplaggt und in mehreren Jahren die Wiederbesiedlung verfolgt wurde. Im ersten Jahr waren alle Flächen mit Ackerunkräutern überwiegend annueller Natur bedeckt, im zweiten waren diese Adventivfloren fast schlagartig verschwunden und es traten typische Ruderalfloren an ihre Stelle. Wo lediglich der alte Boden geblieben war, befand sich der Prozentsatz an Polyploiden höher, als da, wo auf diesen neuer lockerer Ackerboden aufgeschüttet war (52,8 % gegenüber 44,7 %). Von Jahr zu Jahr nahm jedoch auf letzteren Böden der Gehalt an Polyploiden zu, in 4 Jahren um ca. 10 %".

Vom Wiesenschwingel *(Festuca elatior)* ist die diploide Form *(Festuca pratensis)* auf Wiesen verbreitet, die hexaploide Form *(Festuca arundinacea)* an

©Badischer Landesverein für Naturkunde und Naturschutz e.V.; download unter www.blnn.de/ und www.zobodat.at

Küsten. Die diploide *Viola biflora* (Zweiblütiges Veilchen) kommt im Tiefland vor, die oktoploide *Viola crassa* dagegen im alpinen Gebiet. Bei *Biscutella laevigata* (Brillenschote) konnten diploide Subspecies an ausgesprochen heißen und trockenen Standorten (Steppenheide) in den Flußtälern des Rheins, der Elbe und der österreichischen Donau gefunden werden, also in Gebieten, die während der Eiszeit vom Eise frei waren („prä- oder interglaziale Sippen"). Die tetraploiden Unterarten hingegen finden sich in den Alpen, also in einem Gebiet, das zur Eiszeit völlig vergletschert war. Diese Formen können daher erst nach der Eiszeit in ihr heutiges Verbreitungsgebiet eingewandert sein. Auch bei *Phleum alpinum* (Lieschgras) konnten zwei chromosomal verschiedene Sippen festgestellt werden, die ökologisch verschiedene Lebensräume bewohnen. In Schweden wurden bisher nur diploide Formen gefunden, in Schottland dagegen eine tetraploide Sippe, die hier wesentlich kräftiger wird als die schwedische. In der Gattung *Agropyrum* (Quecke) wurden zwei chromosomal verschiedene Sippen von *Agropyrum elongatum* gefunden, die sich sowohl morphologisch als auch in ihrer geographischen Verbreitung unterscheiden. Von *Agropyrum junceum* kommt die niederchromosomige Sippe an der französischen Westküste vor, während die höherchromosomige Sippe ihre Standorte an der Mittelmeerküste hat. Auch bei den *Bicornes*-Arten konnte festgestellt werden, daß Arten mit höheren Chromosomenzahlen weiter nach Norden gehen können als Arten der gleichen Gattung mit niederem Chromosomensatz. Zahlreiche weitere Beispiele dieser Art könnten noch angeführt werden (FISCHER und SCHWANITZ 1936, TISCHLER 1942). Bei alpinen Pflanzen traf SAKAI (1934) einen größeren Prozentsatz von Arten mit dem doppelten bis mehrfachen Satz der für die betreffenden Gattungen eigentümlichen Grund-Chromosomenzahlen an.

Insgesamt gesehen werden also das geographische Verbreitungsgebiet und die ökologische Streubreite einer Art durch die Polyploidie, durch die Vermehrung des Genoms, erheblich verändert.

Während die Zunahme des Prozentsatzes polyploider Pflanzen in stark ariden Gebieten mit der bereits genannten Feststellung zu erklären ist, daß die polyploiden Pflanzen eine niedrigere Transpirationsrate und damit eine erhöhte Dürre- bzw. Welkungs-Resistenz aufweisen — das ökologische Verhalten dieser Pflanzen ist demnach auf physiologische Faktoren zurückzuführen — bereitet eine Erklärung für die Zunahme des Prozentsatzes polyploider Pflanzen in nördlicheren Breiten und im Hochgebirge zunächst sehr viel mehr Schwierigkeiten. In jüngster Zeit haben sich besonders MELCHERS (1946) und SCHWANITZ (1949) mit dieser Frage beschäftigt und versucht, ebenfalls mit den Veränderungen im physiologischen Verhalten zwischen Diploiden und Polyploiden zu einer Lösung zu kommen.

MELCHERS führt die Häufung von Polyploiden in Gebieten mit harten klimatischen Bedingungen (vor allem in den arktischen Regionen) auf genetisch-physiologische Vorgänge zurück. Folgende Tatsachen geben ihm die Grundlage für seinen Erklärungsversuch: Die Ursache für den erhöhten Prozentsatz an Polyploiden in diesen Gebieten ist in der Ausmerzung durch das Klima zu suchen. Die oft bestätigte geringere Artenzahl der Floren höherer Breiten liefert dafür den besten Beweis. Die durchschnittlich höhere Leistungsfähigkeit der Polyploiden geht auch aus den Ergebnissen hervor, die bei der floristischen Besiedlung der Insel Trischen und bei den Beobachtungen der Wiederbesiedlung pflanzenfrei gemachter Flächen gewonnen wurden. Aber nicht nur bei der Aus-

©Badischer Landesverein für Naturkunde und Naturschutz e.V.; download unter www.blnn.de/ und www.zobodat.at

lese in der freien Natur, sondern auch bei der künstlichen Auslese sind die Polyploiden den Diploiden überlegen. Fast alle wichtigen Kulturpflanzen, die für die Ernährung der Menschheit von Bedeutung sind, sind Polyploide. „In Polyploiden lassen sich Gene für selektionswürdige Merkmale in größerer Menge anreichern als in Diploiden. Die Wirkung mancher Gene steigt auch über die zweifache Quantität hinaus noch an. Das erklärt die größere Anpassungsfähigkeit der Polyploiden."

Durch eine Reihe von Untersuchungen konnte festgestellt werden, daß durch den größeren Wassergehalt der Gewebe polyploider Pflanzen und damit zusammenhängend durch ein Absinken der osmotischen Werte die polyploiden Formen frostempfindlicher sind als die diploiden. KOSTOFF und NISHIYAMA konnten allerdings als Folge der Genomenvermehrung eine Steigerung der Winterhärte beobachten. Diese widersprechenden Feststellungen veranlaßten SCHWANITZ (1949), die nachgenannte Arbeitshypothese aufzustellen: „Nehmen wir an, daß bei den Polyploiden die Empfindlichkeit gegen tiefe Temperaturen in jedem Falle infolge der oben geschilderten Veränderungen im Wasserhaushalt vergrößert wird, so werden, wenn die Pflanzen den kritischen Temperaturen bei unbewegter Luft ausgesetzt sind, die Tetraploiden früher und stärker geschädigt werden als die Diploiden. Ganz anders liegt der Fall, wenn die Temperaturen für beide Valenzstufen über dem kritischen Punkt liegen, die Pflanze aber durch eine stärkere Luftbewegung größere Mengen Wasser verliert, die sie infolge der niederen Temperatur im Boden nicht ersetzen kann, so daß das Blattgewebe infolge dieses starken Wasserverlustes abstirbt. In diesem — zweifellos sehr häufig eintretenden — Falle können die Diploiden erheblich schneller und stärker geschädigt werden als die Tetraploiden. So kann schon durch die geschilderten morphologischen und phsiologischen Veränderungen eine wesentliche Grundlage für eine Ausbreitung nach Norden und in das Hochgebirge hinauf gegeben sein. Findet dann noch gleichzeitig eine natürliche Auslese auf eine Erhöhung der Frostresistenz statt — daß eine derartige Auslese u. U. sehr rasch zu beachtlichen Erfolgen führen kann, wissen wir von der Selektion auf höhere Fertilität bei Polyploiden — so wird damit zu rechnen sein, daß die dann erhaltenen Stämme, die mit normaler Frostresistenz den typischen Bau und damit auch den typischen Wasserhaushalt einer tetraploiden Pflanze vereinigen, den normalen Diploiden in der Widerstandsfähigkeit erheblich überlegen und damit befähigt sind, Gebiete in den nördlicheren Breiten und im Hochgebirge zu besiedeln, die den Diploiden unzugänglich sind."

Zusammenfassend kann betont werden, daß die Veränderung wichtiger physiologischer Funktionen und damit auch der ökologischen Verbreitungsfähigkeit durch die Vermehrung des Genoms nicht nur von Bedeutung ist 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. In noch höherem Maße gilt dies naturgemäß für die Allopolyploidie. Bei den amphidiploiden Bastarden können völlig neue morphologische Merkmale auftreten, die bei keiner der Elternpflanzen gefunden werden, sie können aber wohl auch physiologisch und ökologisch völlig neue Eigenschaften aufweisen und damit Verbreitungsgebiete erschließen, die beiden Eltern nicht zugänglich waren. Für die Pflanzenzüchtung ist das Problem der Steigerung der Lebenskraft und der ökologischen Verbreitungsfähigkeit der Pflanzen sowie der Veränderungen im Ertrag der Pflanzen und

©Badischer Landesverein für Naturkunde und Naturschutz e.V.; download unter www.blnn.de/ und www.zobodat.at

in ihrer Qualität, in ihrer Widerstandsfähigkeit gegenüber der Umwelt und gegenüber tierischen und pflanzlichen Schädlingen durch die Vermehrung des Genoms von der allergrößten Bedeutung. Auch als pflanzengeographisches Problem ist die Polyploidie von besonderem Interesse.

Schrifttum:

FISCHER, A. und F. SCHWANITZ: Die Bedeutung der Polyploidie für die ökologische Anpassung und die Pflanzenzüchtung. — „Der Züchter", **8**, 225—231, 1936.

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

KUCKUCK, H.: Pflanzenzüchtung. — „Sammlung Göschen", 1944.

McFADDEN und SEARS: The origin of Triticum Spelta an its free-threshing hexaploid relatives. — „Journal of Heredity", **37**, 1946.

MELCHERS, G.: Die Ursachen für die bessere Anpassungsfähigkeit der Polyploiden. — „Zeitschr. für Naturforschung", **1**, 160—165, 1946.

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

ROEMER, Th. und W. RUDORF: Handbuch der Pflanzenzüchtung. Band 1: Grundlagen der Pflanzenzüchtung. Berlin 1941.

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

SAKAI, K.: Studies on the chromosome number in alpine plants. I. — „Jap. J. Genet,", **9**, 1934.

SCHIEMANN, E.: Über McFadden-Sear's Theorie zur Phylogenie des Weizens. — „Der Züchter", **17/18**, 385—391, 1947.

SCHWANITZ, F.: Polyploidie und Pflanzenzüchtung. — „Die Naturwissenschaften", **28**, 353—361, 1940.

SCHWANITZ, F.: Untersuchungen an polyploiden Pflanzen. IV. Zum Wasserhaushalt diploider und polyploider Pflanzen. — „Der Züchter", **19**, 221—232, 1949.

TISCHLER, G.: Die Bedeutung der „Polyploidie" für pflanzengeographische Probleme. — „Forschungen und Fortschritte", **12**, 37—38, 1936.

TISCHLER, G.: Die Bedeutung der Polyploidie für die Verbreitung der Angiospermen, erläutert an den Arten Schleswig-Holsteins, mit Ausblicken auf andere Florengebiete. — „Bot. Jahrb.", 67, 1—36, 1936 (1936a).

TISCHLER, G.: Die Beziehungen chromosomaler Rassenunterschiede zur Ökologie der Pflanzen. — „Forschungen und Fortschritte", **15**, 420—421, 1939.

TISCHLER, G.: Polyploidie und Artbildung. — „Die Naturwissenschaften", **30**, 713—718, 1942.

TISCHLER, G.: Über die Siedlungsfähigkeit von Polyploiden. — „Ztschr. für Naturforschung", **1**, 157—159, 1946.

TISCHLER, G.: Chromosomenforschung und Deszendenzlehre. — „Forschungen und Fortschritte", **21/23**, 144—147, 1947.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mitteilungen des Badischen Landesvereins für Naturkunde und Naturschutz e.V. Freiburg i. Br.

Jahr/Year: 1953-1956

Band/Volume: NF_6

Autor(en)/Author(s): Fischer Alfons

Artikel/Article: Polyploidie und ökologische Anpassung (1953) 36-44