

(Aus dem Institut für Pflanzenzüchtung Quedlinburg der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin)

Artbastardierung und Polyploidie in der Gattung *Cheiranthus* L.*

Von KURT SKIEBE

Mit 11 Textabbildungen

Einleitung

In vielen Arbeiten über die Polyploidie kommt der Unterschied zwischen induzierten und natürlichen Polyploiden zum Ausdruck. Die Klärung der Ursachen dieser Unterschiede wird von Jahr zu Jahr ein brennenderes Problem der Polyploidiezüchtung, da es notwendig ist, diese an sich so wirksame Zuchtmethodik weiter zu entwickeln. Die natürlichen Polyploiden sind nach CLAUSEN, KECK und HIESEY (1945) sowie nach STEBBINS (1951) im wesentlichen segmentelle oder reine Allopolyploide¹. Das Ausgangsmaterial für die natürlichen Polyploiden besteht also fast ausschließlich aus heterozygoten Typen. In der ersten Zeit der Polyploidieforschung waren die induzierten polyploiden Formen Autopolyploide. Bei ihnen bestand das Ausgangsmaterial aus weitgehend homozygoten Pflanzen. Da die natürlichen Polyploiden meistens Allopolyploide sind, ergab sich schon aus diesem Grund von vornherein ein Gegensatz zwischen natürlichen und induzierten Formen. Dieser Gegensatz wurde zunächst kaum beachtet, obwohl schon F. v. WETTSTEIN (1932) zwischen genetischer und cytologischer Polyploidie deutlich unterschieden hatte. Er verstand unter genetischer Polyploidie die „induzierte“ und unter cytologischer Polyploidie die „natürliche“ Polyploidie. F. v. WETTSTEIN stellte bereits 1932 fest, daß die natürlichen polyploiden Formen häufig heterozygoten Ursprungs sind. MELCHERS (1946) hat dann für die erfolgreiche Polyploidiezüchtung ausdrücklich heterozygotes Ausgangsmaterial verlangt. Er weist nach, daß durch die additive Allelwirkung nach mehrjähriger Selektion polyploide Rassen entwickelt werden können, die in ihren Leistungen die diploide Ausgangsform übertreffen. BECKER (1953) betont, daß für die große Variabilität nach Polyploidisierung von heterozygotem Material neben der additiven Allelwirkung auch die veränderten Beziehungen zum Plasmon verantwortlich sind. Er verlangt deshalb eine noch weitgehendere Heterozygotie und weist für die Polyploidiezüchtung mit Nachdruck auf die Verwendung von experimentell hergestellten Art- und Gattungsbastarden hin. STEBBINS (1950) kommt zu dem Ergebnis, daß die Polyploidie in der Natur meistens mit einer Hybridisation zwischen Rassen, Subspecies und Species verbunden ist und daß die Bedeutung der Polyploidie für die Evolution in der Fixierung und Ausbreitung der hybriden Kombination liegt. Heute wird allgemein anerkannt, daß die Wirkung der Polyploidie in der Evolution auf der Heterozygotie im weitesten Sinne beruht.

* Quedlinburger Beiträge zur Züchtungsforschung Nr. 33.

¹ Definition nach STEBBINS 1950.

Mit der Heterozygotie allein lassen sich aber die Unterschiede zwischen natürlichen und induzierten Polyploiden nicht erklären. BECKER (1953) weist eindringlich darauf hin, daß für jedes Evolutionsgeschehen — damit auch für die Polyploidie — vor allem auch die fortpflanzungsbiologischen Vorgänge von entscheidender Bedeutung sind. In der Verbindung zwischen Heterozygotie und Befruchtungsbiologie sieht er deshalb den Schlüssel für eine erfolgreiche Polyploidiezüchtung. Die Klärung dieser auf das engste zusammenhängenden Probleme dürfte nicht nur für die natürliche Entstehung der Polyploiden, sondern insbesondere auch für ihre experimentelle Erzeugung neue Gesichtspunkte ergeben. Die besten experimentellen Voraussetzungen zur Bearbeitung solcher Fragen bieten Artbastarde, die sich mit anderen Arten oder Formen der Gattung erfolgreich kreuzen lassen. Nach umfangreichen Versuchen fanden wir die geforderte Voraussetzung in der Gattung *Cheiranthus* L. gegeben. Damit war es uns möglich, an den gleichen Objekten Polyploidie und Befruchtungsbiologie in ihren wechselseitigen Beziehungen und Wirkungen zu untersuchen.

Meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. BECKER, danke ich sehr herzlich für die Anregung zu dieser Arbeit, für die großzügige Gewährung von Arbeitsmöglichkeiten und für den Rat, den er mir immer wieder zuteil werden ließ.

Experimenteller Teil

In der Gattung *Cheiranthus* gibt es neben der diploiden Kulturart, dem Goldlack, polyploide Arten. Im einzelnen wurden für die Experimente folgende Arten herangezogen (Abb. 1):

Cheiranthus cheiri L.

Chromosomenzahl: $2n = 14^1$

Valenz: $2x^1$

Heimat: Europa

Herkunft: DSG Quedlinburg, „Einjährig Gefülltblühender Goldlack Frühwunder“

Veg. Rhythmus: Sommerannuell

Cheiranthus scoparius BROUSS. ex WILLD.

(*Erysimum scoparium* WILLD. WETTST.)

Chromosomenzahl: $2n = 28$

Valenz: $4x$

Heimat: Kanarische Inseln

Herkunft: Bot. Garten Halle²

Veg. Rhythmus: Zweijährig.

¹ Bezeichnungen nach DARLINGTON und MATHER (1950)

n = gametische Chromosomenzahl

$2n$ = cytotische Chromosomenzahl

x = Chromosomengrundzahl (Valenz).

² Für die Überlassung einer Samenprobe danke ich Herrn Prof. Dr. MEUSEL-Halle.

Cheiranthus allionii

(Systematisch nicht erfaßt. Seit 1912 unter dem Namen „*Cheiranthus allionii* hort.“ bekannt.)

Chromosomenzahl: $2n = 42$

Valenz: 6x

Heimat: unbekannt

Herkunft: DSG Quedlinburg

Veg. Rhythmus: Sommerannuell.

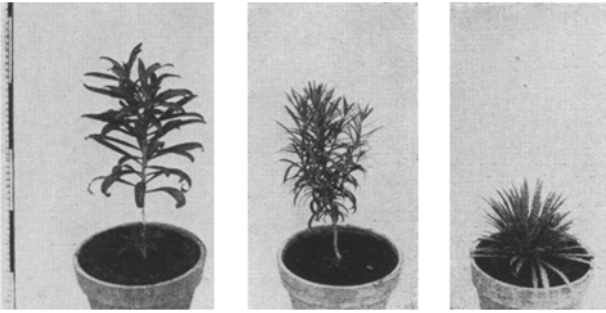


Abb. 1. Orthoploide Ausgangsarten, (von links nach rechts) *Cheiranthus cheiri* 2x, *Ch. scoparius* 4x, *Ch. allionii* 6x.

Leider ist die Systematik der Gattung *Cheiranthus* bisher nicht eindeutig geklärt. Umstritten ist besonders die Frage der systematischen Zuordnung einzelner Arten innerhalb der Gattung. Bekannt ist nach MANTON (1932) und nach JARETZKY (1932), daß die Gattung *Cheiranthus* durch die Chromosomenzahl $x = 7$ gekennzeichnet ist. Es muß daher *Cheiranthus cheiri* mit 2x, *Ch. scoparius* mit 4x und *Ch. allionii* mit 6x bezeichnet werden.

Der 3x-Artbastard und seine colchicininduzierte 6x-Form

Für die Artbastardierung verwendeten wir *Ch. scoparius* 4x und *Ch. cheiri* 2x. Keimfähiger Samen konnte zunächst nur erzielt werden, wenn *Ch. scoparius* als Mutter verwendet wurde. Die Ernte der 3x-Bastardsamen erfolgte im Sommer und ihre Aussaat im Herbst



Abb. 2. Links: Bastard 3x; rechts: Bastard 6x (Bastard 3x colchicinisiert).

1953. Von den Bastardpflanzen wurden mit Hilfe der Karminessigsäure-Quetschmethode Wurzelspitzen untersucht und in allen Fällen 21 Chromosomen festgestellt. Die Bastarde stellen also 3x-Formen dar. Bald nach dem Auflaufen der 3x-Bastardpflanzen wurde ein Teil derselben mit der Wattebausch-Methode colchicinisiert. Damit konnten in der üblichen Weise 6x-Formen induziert werden (Abb. 2).

Im allgemeinen Habitus ähnelt der von uns hergestellte Artbastard der Mutter, trotzdem kann er aber bereits als Jungpflanze durch ein rascheres Wachstum und etwas breitere Blätter von seiner Mutter, *Ch. scoparius* 4x, unterschieden werden. Die Mutter hat außerdem kurze, breite und teilweise gespaltene Haare. Der Vater, *Ch. cheiri* 2x, hat lange, schmale, ungespaltene Haare. Auf die Flächeneinheit kommen bei *Ch. scoparius* mehr Haare als bei *Ch. cheiri*. Die Haarform des 3x-Bastardes zeigt eine ausgesprochen intermediäre Ausprägung, die Haardichte ist dagegen größer als bei jedem der beiden Eltern. Die Blütenfarbe bei *Ch. cheiri* hat GAIRDNER (1936) faktorenanalytisch untersucht. Dabei stellte er einen polygenen Erbgang fest. Gelb tritt nur bei dem Vorhandensein mehrerer rezessiver Gene auf, während die braunen, roten und violetten Farbtöne durch eine zunehmende Anzahl dominanter Gene bedingt sind. Bei *Ch. cheiri* sind die jungen und alten Blüten der von uns zur Kreuzung verwandten Sorte einheitlich gelb. Bei *Ch. scoparius* zeigen die jungen Blüten eine rein weiße Farbe, die mit zunehmendem Alter in ein Violett übergeht. Die Blütenfarbe des 3x-Bastardes ist anfangs gelb und wird später intensiv violett. Der 3x-Bastard zeigt also den charakteristischen Farbumschlag wie die Mutter. Dabei ist allerdings das Weiß der Mutter durch das Gelb des Vaters ersetzt. Die Blütenform der Mutter, *Ch. scoparius*, ist einfach. Die Blütenblätter sind sehr klein. Der Vater, *Ch. cheiri*, hat gefüllte Blüten mit großen Blütenblättern. Die Blütenform des 3x-Bastardes ist einfach, die Kronenblätter sind mittelgroß. Bei der Blütenform stellen wir also eine Ähnlichkeit mit der

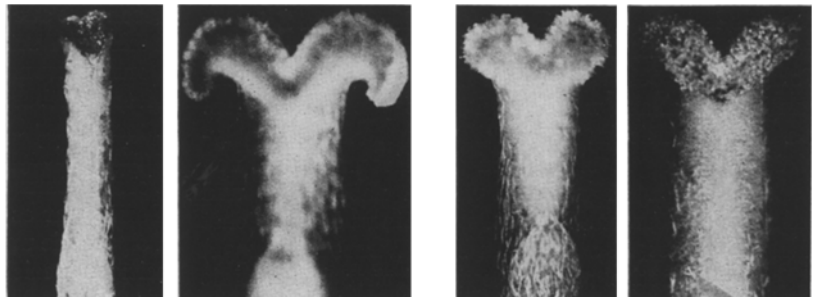


Abb. 3. Narben Seitenansicht, (von links nach rechts) *Ch. scoparius* 4x, *Ch. cheiri* 2x, Bastard 3x, Bastard 6x.

Mutter fest, für die Blütengröße dagegen eine intermediäre Ausbildung. Für die Systematik der Gattung *Cheiranthus* kommt der Narben- und der Honigdrüsenform sowie der Anordnung der Honigdrüsen eine große Bedeutung zu (BAYER 1905, v. HAYEK 1911). *Ch. cheiri* hat eine auffallend geteilte Narbe, deren Lappen zurückgebogen sind. *Ch. scoparius* hat dagegen eine viel schwächer ausgebildete Narbe, deren Teilung nur angedeutet ist. Der 3x-Bastard zeigt eine typisch intermediäre Narbenform (Abb. 3). *Ch. cheiri* hat große, gelappte laterale Honigdrüsen und wesentlich kleinere mediane, die beinahe als Ausläufer der lateralen erscheinen. *Ch. scoparius* weist ungelappte und kleinere laterale Honigdrüsen und praktisch keine medianen auf. Der 3x-Bastard nimmt in den lateralen und medianen Honigdrüsen der Form nach eine intermediäre Stellung ein. Die Schoten von *Ch. scoparius* sind lang und schmal, die von *Ch. cheiri* etwas länger, vor allem aber breiter. Die Schoten des 3x-Bastardes sind kürzer als die der Eltern, was zweifellos auf die starke Sterilität zurückzuführen ist. Abgesehen davon ist die Form der Schote intermediär. Der Bastard hat, genau wie der Vater, *Ch. cheiri*, eine platzfeste Schote, während die der Mutter, *Ch. scoparius*, leicht platzt.

Während alle bisher angeführten Fakten mit den üblichen Vorstellungen von Artbastarden übereinstimmen, beobachteten wir bei dem Entwicklungsrhythmus eine zunächst noch nicht erklärbare Erscheinung. Die zur Kreuzung benutzte Form von *Ch. cheiri* ist einheitlich sommerannuell, *Ch. scoparius* dagegen einheitlich zweijährig. Die Artbastarde bestehen überraschenderweise aus 50% sommerannuellen und 50% zweijährigen Pflanzen. Die Aussaat eines Teiles der 3x-Bastardsamen

erfolgte, wie schon erwähnt, im Herbst 1953. Die daraus entstandenen Pflanzen wurden im Warmhaus kultiviert. Die Hälfte dieser Pflanzen blühte dann im Sommer 1954 und die andere Hälfte im Frühjahr 1955. Zur Sicherung dieser Feststellung wurde der Rest der ursprünglichen 3x-Bastardsamen noch einmal im Spätsommer 1954 ausgesät, aber die daraus entstandenen Pflanzen statt in einem Warmhaus in einem Kaltthaus kultiviert. Auch von diesen so behandelten Pflanzen ging im Frühjahr 1955 nur die eine Hälfte und im Frühjahr 1956 die andere Hälfte in die generative Phase über.

Zusammengefaßt sei festgestellt, daß der 3x-Bastard im Gesamthabitus seiner Mutter, *Ch. scoparius*, ähnelt. Bei der Analyse einzelner Merkmale zeigt er gegenüber seinen Eltern in fast allen Fällen eine intermediäre Ausprägung.

Dieser 3x-Bastard wurde mit Hilfe von Colchicin polyploidisiert. Der so entstandene 6x-Bastard ähnelt im wesentlichen seiner 3x-Ausgangsform. Die einzelnen Organe sind nur quantitativ verändert. Die 6x-Form hat breitere Blätter. Die Haare auf den Blättern liegen noch dichter als bei dem 3x-Bastard und sind außerdem länger und breiter. Eine deutliche quantitative Veränderung ist bei der Blütengröße des 6x-Bastardes zu beobachten. Die Farbe der Blüten zeigt den gleichen charakteristischen Farbumschlag von gelb zu violett wie bei dem 3x-Bastard. Der Griffel des 6x-Bastardes ist etwas größer und breiter als der des 3x-Bastardes. Die Narbe ist deutlicher ausgeprägt und tiefer eingekerbt (Abb. 3). Auch die lateralen und medianen Honigdrüsen sind im großen Ganzen nur quantitativ verändert. Die Schoten des 6x-Bastardes sind gegenüber denen des 3x-Bastardes länger und breiter, aber sonst morphologisch ähnlich. Während die 3x-Bastarde überraschenderweise zu 50% aus sommerannuellen und zu 50% aus zweijährigen Pflanzen bestehen, sind die experimentell hergestellten 6x-Bastarde einheitlich zweijährig. Der 6x-Bastard ist weitgehend fertil. Trotzdem wird der Fertilitätsgrad der Kreuzungseltern nicht erreicht.

Ein Vergleich der Ausgangsarten mit der aus dem 3x-Bastard hergestellten 6x-Form ergibt folgendes: Der 6x-Bastard ist gegenüber den ursprünglichen Elternformen deutlich qualitativ verändert. Er unterscheidet sich wesentlich von *Ch. scoparius* 4x und *Ch. cheiri* 2x. Von den einzelnen Merkmalen sind für die Systematik die Farbe der jungen Blüten, die Narbenform, die Honigdrüsen und die Chromosomenzahl von Bedeutung. Ob dieser colchicininduzierte 6x-Bastard eine eigene Artberechtigung hat, muß noch entschieden werden. Zunächst soll diese synthetisch hergestellte 6x-Form wie bisher üblich mit „*Cheiranthus scoparius-cheiri*“ bezeichnet werden. Entsprechend der Klassifikation von STEBBINS (1950) handelt es sich hierbei um einen allopolyploiden Typ. Es kann noch nicht entschieden werden, ob er eine segmentelle oder reine allopolyploide Form darstellt. Wesentlich ist aber, daß diese Form durch eine Chromosomenverdopplung in der Mitose entstanden ist. So weit uns bekannt, ist eine solche Form bisher nicht auf „natürlichem“ Wege gebildet worden. „Natürliche“, wahrscheinlich nicht polyploide Art- oder Gattungsbastarde haben dagegen bereits R. v. WETTSTEIN (1889) und BLARINGHEM (1931, 1933, 1935) beschrieben. Dabei handelt es sich um die Analyse von Artbastarden, die spontan entstanden sind. Mit der bekannten 6x-Form *Ch. allionii* ist der beschriebene 6x-Bastard in keiner Weise identisch.

Die Artbastarde der reziproken Kreuzung

Die zunächst vorgenommenen Artbastardierungen (1953) zwischen *Ch. scoparius* 4x und *Ch. cheiri* 2x gelangen nur, wenn *Ch. scoparius* 4x als Mutter verwandt wurde. Nahm man dagegen *Ch. cheiri* 2x als Mutter, dann wurden nur wenige verkümmerte Samen ge-

erntet, von denen unter den üblichen Aussaatbedingungen kein einziger keimte. Die Wiederholung der Artbastardierung in beiden Richtungen (1955) brachte das gleiche Ergebnis. *Ch. cheiri* 2x als Mutter lieferte wiederum nur verkümmerte Samen, von denen der größte Teil regelrecht taub, ein kleinerer Teil nicht normal ausgebildet war. In dem Bestreben, diesen nicht normal ausgebildeten Samen doch noch zur Entwicklung zu bringen, wandten wir eine modifizierte Aussaatmethode an:

Große sterilisierte Petrischalen wurden zu etwa $\frac{2}{3}$ mit sterilisierter Erde gefüllt und diese mit einer Schicht sterilisierten Sandes bedeckt. In so vorbereitete Schalen wurde der Bastardsamen ausgesät und mit sterilisiertem Wasser angegossen. Die Schalen standen in einem gleichmäßig auf 20—25° C temperierten Raum und bekamen nach einigen Tagen etwas Wasser und je nach Bedarf etwas Zusatzbelichtung. So behandelt, keimten auch die nicht voll ausgebildeten Samen und ergaben vitale Pflanzen. Oft zog sich die Keimung bis zu vier Wochen hin. Um vergleichbare Bedingungen zu schaffen, behandelten wir mit dieser Aussaatmethode auch die normal ausgebildeten Samen der leicht gelingenden Kreuzung *Ch. scoparius* 4x \times *Ch. cheiri* 2x.

Mit Hilfe dieser Aussaatmethode gelang es nun, Artbastarde auch aus der reziproken Kreuzung *Ch. cheiri*

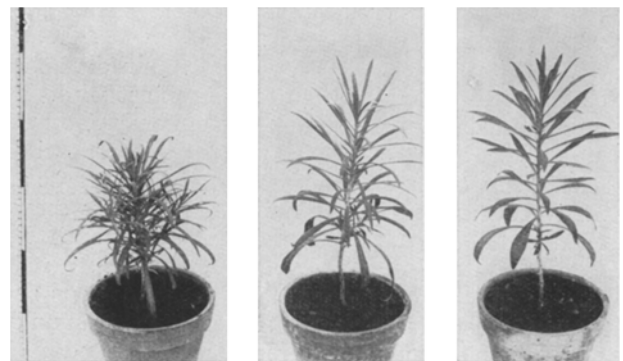


Abb. 4. Reziproke Artkreuzung (*Ch. cheiri* 2x \times *Ch. scoparius* 4x), (von links nach rechts) Pflanzen mit der Valenz 3x, 4x, 6x.

2x \times *Ch. scoparius* 4x zu erhalten. Es konnten 9 Bastardpflanzen gewonnen werden. Diese Bastardpflanzen aus der reziproken Kreuzung waren außerordentlich verschieden (Abb. 4). Bei ihrer cytologischen Untersuchung stellten wir fest, daß folgende Valenztypen aufgetreten sind:

- 5 Pflanzen = 21 Chromosomen (3x)
- 3 Pflanzen = 28 Chromosomen (4x)
- 1 Pflanze = 42 Chromosomen (6x).

Die 21-chromosomigen Bastardpflanzen (3x) sind aus zwei reduzierten Gameten hervorgegangen. Die 28-chromosomigen Pflanzen (4x) müssen aus einer unreduzierten Gamete von *Ch. cheiri* 2x und einer reduzierten Gamete von *Ch. scoparius* 4x entstanden sein. Die 42-chromosomige Pflanze (6x) ist höchstwahrscheinlich aus zwei unreduzierten Gameten beider Eltern hervorgegangen. Danach müßten die 3x-Bastarde je ein *Ch. cheiri*-Genom und zwei *Ch. scoparius*-Genome, die 4x-Bastarde zwei *Ch. cheiri*- und zwei *Ch. scoparius*-Genome und der 6x-Bastard zwei *Ch. cheiri*- und vier *Ch. scoparius*-Genome enthalten. Die morphologischen Merkmale der Bastardpflanzen sprechen auch eindeutig für diese genomatische Zusammensetzung.

Ähnliche Verhältnisse wurden nach Artkreuzungen in den Gattungen *Brassica*, *Raphanus*, *Nicotiana*, *Saccharum*, *Zea* (OEHLER 1941) und *Rubus* (CRANE und

DARLINGTON 1927) gefunden. Von mehreren Autoren sind gelegentlich verschiedenartige F_1 -Bastarde mit einer erhöhten Chromosomenzahl beobachtet worden. In diesen Fällen traten in der F_1 neben den zu erwartenden Bastarden aus normal reduzierten Gameten auch Formen auf, die nach ihrer Valenz nur aus einer reduzierten und einer unreduzierten Gamete entstanden sein konnten. Bei *Saccharum* wurden außerdem noch Typen gefunden, die wahrscheinlich aus der Verschmelzung zweier unreduzierter Gameten der beiden Eltern hervorgegangen sind.

Die reziproken Artkreuzungen (*Ch. cheiri* 2x × *Ch. scoparius* 4x) sind 1955 durchgeführt worden. Gleichzeitig wurden auch die bereits 1953 vorgenommenen Kreuzungen (*Ch. scoparius* 4x × *Ch. cheiri* 2x) noch einmal wiederholt, aber dieses Mal die entstandenen Bastardsamen auch mit der modifizierten Aussaatmethode behandelt.

Wie 1953 gelang die Kreuzung *Ch. scoparius* 4x × *Ch. cheiri* 2x im Gegensatz zu der reziproken Kreuzung sehr leicht (Tabelle 1). Die F_1 -Pflanzen waren wiederum ausschließlich 3x-Typen. Sie gleichen den 3x-Pflanzen, welche aus der zwei Jahre zuvor durchgeführten Artkreuzung entstanden sind. Alle 3x-Pflanzen müssen aus der Verschmelzung zweier reduzierter Gameten hervorgegangen sein.

Aus den reziproken Artbastardierungen in der Gattung *Cheiranthus* ergibt sich folgendes: Eine interspezifische Kreuzung zwischen *Ch. scoparius* 4x und *Ch. cheiri* 2x ist sehr leicht möglich, wenn die höherchromosomige Form als Mutter verwendet wird. Benutzt man dagegen die niedrig-chromosomige Form als Mutter, dann gelingt die Artkreuzung schwer. Bei der leicht gelingenden Kreuzung werden nur Bastarde aus zwei reduzierten Gameten gebildet, bei der schwer gelingenden Kreuzung werden außerdem auch Bastarde gebildet, die wahrscheinlich aus einer reduzierten und einer unreduzierten oder sogar aus zwei unreduzierten Gameten entstanden sind. Da nun die Gamentenbildung vor der Kreuzung erfolgt und unabhängig von der willkürlich gewählten Kreuzungsrichtung ist, ergibt sich, daß bei *Ch. cheiri* 2x und *Ch. scoparius* 4x nicht ausschließlich reduzierte, sondern auch immer einige unreduzierte Gameten gebildet werden. Diese unreduzierten Gameten kommen allerdings nur bei der sehr schwer gelingenden Kreuzungsrichtung zur Befruchtung. Daraus muß der Schluß gezogen werden, daß bei der leicht gelingenden Kreuzung die reduzierten Gameten im Vorteil sind, während bei der schwer gelingenden Kreuzung dieser Vorteil weitgehend entfällt.

Die Gametenbildung des 3x-Artbastardes

Da bei der Gattung *Cheiranthus* bereits bei orthoploiden Arten Unregelmäßigkeiten in der Meiose zu unreduzierten Gameten führten, mußte vor allen Dingen die Gametenbildung an einer anorthoploiden Form der Gattung analysiert werden. Bei der Untersuchung junger Antheren des 21-chromosomigen Bastardes (3x), der aus der Kreuzung *Ch. scoparius* 4x × *Ch. cheiri* 2x entstanden war, wurden mit Sicherheit nur 21- und 14-chromosomige Gameten festgestellt. Ob überhaupt bei unserem 3x-Bastard auch aneuploide Gameten entstehen, wie häufig bei anderen 3x-Bastarden, läßt sich endgültig noch nicht entscheiden. Bisher sind sie bei den zahlreichen Untersuchungen nie gefunden worden. Die 14-chromosomigen Gameten kann man als teilweise reduziert betrachten. Die 21-chromosomigen Gameten haben die somatische Chromosomen-

zahl und werden deshalb von uns als unreduziert bezeichnet. Im Durchschnitt aller Pflanzen werden etwas mehr 14- als 21-chromosomige Gameten beobachtet. Dieses Verhältnis schwankt allerdings bei den einzelnen Pflanzen stark. Es kommt sogar vor, daß ausschließlich 14-chromosomige oder fast nur 21-chromosomige Gameten entstehen. Dem Anschein nach kann dieses Verhältnis der beiden Gametenklassen durch Außenbedingungen modifiziert werden. Wir fanden außerdem bei der Untersuchung junger Antheren einen stark wechselnden, aber immer relativ hohen Prozentsatz nicht lebensfähiger Pollenkörner. Diese Feststellung erklärt die hohe männliche Sterilität des 3x-Bastardes. Daß es sich bei diesen verkümmerten Pollenkörnern eventuell um — allerdings von uns nicht festgestellte — aneuploide Gameten handelt, kann und soll auch nicht ausgeschlossen werden. Wesentlich ist für uns, daß nur 14- oder 21-chromosomige Gameten zur Befruchtung kamen. Durch Kreuzungen, die nachfolgend beschrieben werden, wird bestätigt, daß hinsichtlich der Gametenbildung in den Samenanlagen entsprechende Verhältnisse wie in den jungen Antheren vorliegen.

Es ergibt sich die Frage, ob die Bildung von 14- und 21-chromosomigen Gameten bei einem 21-chromosomigen 3x-Bastard mit den bisherigen cytologischen Vorstellungen gedeutet werden kann. Der 3x-Bastard besteht aus zwei Chromosomensätzen von *Ch. scoparius* und einem Chromosomensatz von *Ch. cheiri*. Nimmt man an, daß sich zwei Chromosomensätze paaren und reduzieren — wahrscheinlich die beiden Sätze von *Ch. scoparius* — und ein Chromosomensatz univalent bleibt — wahrscheinlich der von *Ch. cheiri* —, dann ist die Bildung der 14-chromosomigen Gameten cytologisch erklärbar. Voraussetzung dafür ist, daß sämtliche Univalente zu einem Pol gelangen. Daß die Univalenten zufällig auf die beiden Pole verteilt werden und deshalb Gameten mit verschiedenen Chromosomenzahlen entstehen, ist häufig beschrieben. Gelegentlich werden dabei auch sämtliche Univalente zu einem Pol gelangen. Dieser bereits bekannte Grenzfall ist vielleicht bei dem Bastard die Regel bzw. die am häufigsten realisierte Möglichkeit. Schon ROSENBERG (1926/27) fand, daß auch bei *Hieracium* meistens eine ungleiche Verteilung von univalenten Chromosomen nach einem Pol hin zu finden ist. Da die zwei Ausgangsarten als Fremdbefruchter nicht homozygot sind, müssen nach einer teilweisen Paarung und Reduktion die entstandenen 14-chromosomigen Gameten nicht nur von 3x- zu 3x-Bastardpflanze, sondern auch innerhalb einer Bastardpflanze genetisch verschieden sein.

Die 21-chromosomigen Geschlechtszellen sind unreduzierte Gameten. Daß bei 3x-Bastarden häufig unreduzierte 3x-Gameten auftreten, ist cytologisch bekannt. Es gibt dabei verschiedene Wege, die zu unreduzierten Gameten führen. BRIEGER (1928) unterscheidet allein 5 Entstehungsweisen. Entsprechend dem möglichen Bildungsmodus der 14-chromosomigen Gameten könnten auch die 21-chromosomigen unreduzierten Gameten nach einer teilweisen Paarung und Reduktion entstanden sein. Es kann dann eine Spindelverschmelzung im zweiten Teilungsschritt stattgefunden haben. Spindelverschmelzungen in der Meiose sind u. a. von BRIEGER (1928) bei *Nicotiana*-, von HÄKANSSON (1929) bei *Salix*- und von MÜNTZING (1929/30) bei *Galeopsis*-

Bastarden beobachtet worden. Da unsere Ausgangspflanzen als Fremdbefruchter heterozygot sind, können nach einer nur teilweisen Bildung von Bivalenten im 1. Teilungsschritt und einer Spindelverschmelzung im 2. Teilungsschritt die 21-chromosomigen unreduzierten Gameten innerhalb einer Pflanze genetisch verschieden sein. Die genetische Verschiedenheit der unreduzierten Gameten von Pflanze zu Pflanze ist auf Grund des heterozygoten Ausgangsmaterials, ganz gleich wie die 21-chromosomigen Gameten gebildet worden sind, selbstverständlich. Schon von mehreren Autoren ist auf die genetische Verschiedenheit der unreduzierten Gameten innerhalb einer heterozygoten Pflanze hingewiesen worden. RENNER (1929) schreibt, daß wechselnde Chromosomenkombinationen dann auftreten, wenn nach den homöotypischen Teilungen die Spindeln verschmelzen. v. BERG (1934) hat eindringlich auf eine mögliche genetische Verschiedenheit von unreduzierten Gameten in einer Pflanze hingewiesen. Er bezeichnet solche Gameten,

Tabelle 1. Durchgeführte Artbastardierungen (1955) und deren Ergebnisse.

Krz. Kombination	durchgeführte Kreuzungen	geerntete Sprossen	davon zur Aussaat verwendet	erzielte lebensfähige Pflanzen	Anzahl der Bastardpflanzen mit der Chromosomenzahl		
					21 (3x)	28 (4x)	42 (6x)
<i>Ch. scoparius</i> 4x × <i>Ch. cheiri</i> 2x	69	69	27	258	258	—	—
<i>Ch. cheiri</i> 2x × <i>Ch. scoparius</i> 4x	69	69	69	9	5	3	1

die die somatische Chromosomenzahl haben und untereinander qualitativ verschieden sind, als „pseudosomatische“. Auch HÅKANSSON (1929) schreibt, daß infolge einer „Chromosomenverdoppelung nach der Reduktion“ eine große Variabilität zustande kommt, die durch eine Chromosomenelimination noch vermehrt werden kann. THOMPSON (1931) konnte bei *Triticum*-Bastarden nachweisen, daß nach einer unterschiedlichen, teilweisen Paarung und Reduktion im zweiten Teilungsschritt eine „Restitution“ stattfindet und auf diesem Wege unreduzierte Gameten gebildet werden, die sich genetisch voneinander unterscheiden.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß bei dem 3x-Bastard (aus *Ch. scoparius* 4x × *Ch. cheiri* 2x) Gameten mit 21 und 14 Chromosomen beobachtet werden. Das Verhältnis beider Valenztypen zueinander ist variabel. Zwischen den einzelnen 3x-Pflanzen besteht innerhalb der 14-chromosomigen, aber auch innerhalb der 21-chromosomigen Gameten eine genetische Verschiedenheit, da die Ausgangsarten als Fremdbefruchter heterozygot waren.

„Künstliche“ Kreuzungen mit dem 3x-Bastard

Zur befruchtungsbiologischen Analyse wurde der 3x-Bastard selbst und mit seinen beiden Elternformen (*Ch. scoparius* 4x und *Ch. cheiri* 2x) sowie schließlich mit *Ch. allionii* 6x gekreuzt. Der 3x-Bastard konnte nur als Mutter verwendet werden, da eine reziproke Kreuzung wegen der hohen männlichen Sterilität fast unmöglich war. Um die erzielten verschiedenen Bastardformen sicher deuten zu können, mußte zuvor geklärt werden, ob der 3x-Bastard zu apomiktischer

Samenbildung neigt. Diese Untersuchung war um so notwendiger, als man früher häufig Apomixis in engen Zusammenhang mit Bastardierung und Sterilität brachte (ERNST 1918 und andere).

Nach Entfernung der Staubblätter wurden die Einzelblüten mit einem Stannirolföhen isoliert. Etwa drei Tage später konnte die Bestäubung vorgenommen werden, der sich eine erneute Isolierung der Einzelblüten anschloß. Erfolgte eine Behandlung mit Phaenyllessigsäureäthylester (P₂A₂E), so wurde er mit einigen Tropfen Äthanol in einer 0,01%igen Lösung mit Hilfe einer Injektionsspritze etwa 24 Std. nach der Bestäubung auf die Narbe gebracht. Die Aufzucht der Bastardsamen erfolgte mit der modifizierten Aussaatmethode (vgl. S. 355). Die cytologischen Untersuchungen konnten dann mit der KES-Quetschmethode an Wurzelspitzen vorgenommen werden.

Zunächst wurden einzelne Blüten kastriert und isoliert. 103 so behandelte Blüten ergaben keinen keimfähigen Samen. 111 Blüten, die zusätzlich noch mit Wuchsstoff behandelt worden waren, zeigten das gleiche Ergebnis. Es wurden außerdem Bestäubungen mit gattungsfremdem Pollen (*Matthiola annua* SWEET¹) vorgenommen. Bei 103 Bestäubungen mit und 207 Bestäubungen ohne Wuchsstoff bildete sich ebenfalls kein keimfähiger Samen. Alle Experimente ergaben übereinstimmend, daß apomiktische Vorgänge mit den dafür üblichen Behandlungsmethoden bei unserem 3x-Bastard nicht nachgewiesen werden konnten. Diese Feststellung wird noch bekräftigt durch das Ergebnis der vorgenommenen „künstlichen“ Selbstungen der 3x-Bastarde. Bei 648 idiogam und xenogam durchgeführten Bestäubungen erfolgte ebenfalls kein Ansatz von keimfähigem Samen. Auch hier erzielten wir bei Anwendung von Wuchsstoff (414 Bestäubungen) das gleiche Resultat.

Bastard 3x (2n = 21) × *Ch. cheiri* 2x (2n = 14)

Die durchgeführten 637 Bestäubungen ergaben 178 keimfähige Samen, aus denen 164 Pflanzen hervor-

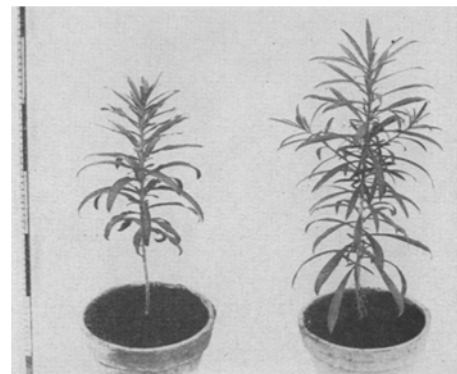


Abb. 5. Kreuzung Bastard 3x × *Ch. cheiri* 2x, (von links nach rechts) Pflanzen mit der Valenz 3x und 4x.

gingen. Das Ergebnis spricht für eine relativ hohe Fertilität der weiblichen Gameten des 3x-Bastardes. Die cytologische Untersuchung zeigte, daß von 164 lebensfähigen Pflanzen

80 = 21 Chromosomen (3x)

81 = 28 Chromosomen (4x)

hatten (Abb. 5).

Außerdem erhielten wir drei Pflanzen (2%) mit 49 Chromosomen (7x). Abgesehen von den drei 49-chromosomigen Pflanzen ergab diese Kreuzung

¹ eigene Zuchtstämme.

49% 21-chromosomige Typen und
49% 28-chromosomige Typen.

Das Ergebnis war zu erwarten, da der 3x-Bastard 14- und 21-chromosomige und der zur Rückkreuzung verwandte Elter bei normaler Reduktionsteilung 7-chromosomige Gameten bildet. Als Resultat entstanden deshalb 21- und 28-chromosomige Formen. Neben diesen 28-chromosomigen Pflanzen aus der Kreuzung Bastard $3x \times Ch. cheiri$ 2x waren ebenfalls 28-chromosomige Formen aus der reziproken Artkreuzung $Ch. cheiri$ 2x $\times Ch. scoparius$ 4x entstanden (vgl. S. 355). Beide 4x-Typen sind weitgehend genomatisch



Abb. 6. Kreuzung Bastard $3x \times Ch. scoparius$ 4x, (von links nach rechts) Pflanzen mit der Valenz 4x und 5x.

ähnlich zusammengesetzt und aus der Verschmelzung von einer unreduzierten und einer reduzierten Gamete hervorgegangen.

Bastard $3x$ ($2n = 21$) $\times Ch. scoparius$ 4x ($2n = 28$).

105 durchgeführte Kreuzungen ergaben 9 keimfähige Samen, aus denen auch 9 Pflanzen aufwuchsen. (Da nur Blüten alter Pflanzen zur Verfügung standen, gelang die Kreuzung schwer. Bei einer Wiederholung des Versuches konnte aber festgestellt werden, daß diese Kreuzung bei Blüten junger Pflanzen relativ leicht gelingt.) Von den 9 erhaltenen Pflanzen haben

2 = 28 Chromosomen (4x)

7 = 35 Chromosomen (5x),

(Abb. 6).

Auch dieses Ergebnis kann leicht gedeutet werden, da der 3x-Bastard 14- und 21-chromosomige und $Ch. scoparius$ bei normaler Reduktionsteilung 14-chromosomige Gameten bildet.

Bastard $3x$ ($2n = 21$) $\times Ch. allionii$ 6x ($2n = 42$).

565 Kreuzungen ergaben nur 11 keimfähige Samen, von denen 9 zu lebensfähigen Pflanzen aufwuchsen. Die cytologischen Untersuchungen zeigten folgendes Ergebnis:

1 Pflanze = 35 Chromosomen (5x)

1 Pflanze = 42 Chromosomen (6x)

1 Pflanze = 49 Chromosomen (7x)

6 Pflanzen = 63 Chromosomen (9x)

(Abb. 7).

Auf Grund der Gametenbildung beider Kreuzungspartner wären hier nur 5x- und 6x-Formen zu erwarten gewesen. Wir erhielten auch tatsächlich je eine Pflanze dieser Valenz, aber außerdem mehrere, die 9x-allopolyploide Typen darstellen. Diese 63-chromosomigen Pflanzen können nur durch die Vereinigung einer unreduzierten weiblichen (3x) mit einer unreduzierten männlichen (6x) Gamete entstanden sein. Damit ist das Auftreten von unreduzierten Gameten nicht nur

bei $Ch. cheiri$ 2x und $Ch. scoparius$ 4x, sondern auch bei $Ch. allionii$ 6x nachgewiesen.

Interessant ist die Entstehung der orthoploiden 6x-Pflanze. Sie muß aus zwei 21-chromosomigen Gameten entstanden sein, von denen die eine reduziert, die andere unreduziert war. Beide Gameten sind trotz gleicher Chromosomenzahl genomatisch außerordentlich verschieden. Über die Entstehung der anorthoploiden 7x-Form läßt sich vorerst noch nichts Eindeutiges aussagen. Ihre Bildung ist genau so unklar wie die der anorthoploiden 7x-Pflanzen aus der Kreuzung Bastard $3x \times Ch. cheiri$ 2x (Abb. 8).



Abb. 7. Kreuzung Bastard $3x \times Ch. allionii$ 6x, (von links nach rechts) Pflanzen mit der Valenz 5x, 6x und 9x.

Bei den beschriebenen „künstlichen“ Kreuzungen ist eine Tatsache bemerkenswert. Wird der 3x-Bastard mit seinen Eltern rückgekreuzt, dann gelingt die Kreuzung relativ leicht. Unreduzierte Gameten kommen nur bei dem 3x-Bastard, aber nicht bei den Eltern zur Befruchtung. Die Kreuzung des 3x-Bastardes mit der natür-



Abb. 8. 7x-Pflanzen. Links: Kreuzung Bastard $3x \times Ch. cheiri$ 2x; rechts: Kreuzung Bastard $3x \times Ch. allionii$ 6x.

lichen 6x-Form, $Ch. allionii$, die zweifellos selbst einen Art- oder Gattungsbastard darstellt, ist nur sehr schwer möglich. In diesem Fall manifestieren sich dann aber unreduzierte Gameten nicht nur bei dem 3x-Bastard, sondern auch bei der 6x-Form. Hier ergibt sich eine auffallende Analogie zu der ursprünglichen Artkreuzung, die sehr leicht gelingt, und ihrer reziproken Kreuzung, die nur sehr schwer möglich ist (vergleiche Seite 356). Bei der sehr schwer gelingenden reziproken Artkreuzung ($Ch. cheiri$ 2x $\times Ch. scoparius$ 4x) entfällt weitgehend

der Vorteil, den normalerweise reduzierte Gameten haben. Bei der noch schwerer gelingenden Kreuzung des 3x-Bastards mit *Ch. allionii* 6x hat man sogar den Eindruck, daß sich die unreduzierten Gameten erheblich leichter befruchten als die reduzierten. Von 9 lebensfähigen Pflanzen sind allein 6 durch die Verschmelzung zweier unreduzierter Gameten entstanden.

Zusammenfassend läßt sich aus den „künstlichen“ Kreuzungen mit unserem 3x-Bastard feststellen, daß die bei dem 3x-Bastard in den jungen Antheren beobachteten 14- und 21-chromosomigen Gameten auch in den Samenanlagen gebildet werden (Abb. 9). Außerdem ergab sich, daß in bestimmten Fällen unreduzierte Gameten bei der Befruchtung gegenüber reduzierten sogar in einen Vorteil gelangen.

„Natürliche“ Kreuzungen mit dem 3x-Bastard

Alle bisher beschriebenen Kreuzungen beruhten auf „künstlichen“ Bestäubungen. Es mußte versucht werden, ob bei „natürlichen“ Bastardierungen, d. h. bei freiem Abblühen, diese Ergebnisse bestätigt, bzw. ergänzt werden konnten. Zu diesem Zweck wurden 14 Bastardpflanzen (3x) gemeinsam mit 30 Pflanzen von *Ch. cheiri* (2x) und 30 Pflanzen von *Ch. allionii* (6x)

erleichterte uns die Analyse der aus den Bastardsamen aufgewachsenen Pflanzen. Die einzelnen 3x-Bastardpflanzen ergaben eine sehr unterschiedliche Anzahl keimfähiger Samen (Tab. 2). Die 3x-Typen sind sicher, die 4x-Typen sehr wahrscheinlich aus freien Bestäu-

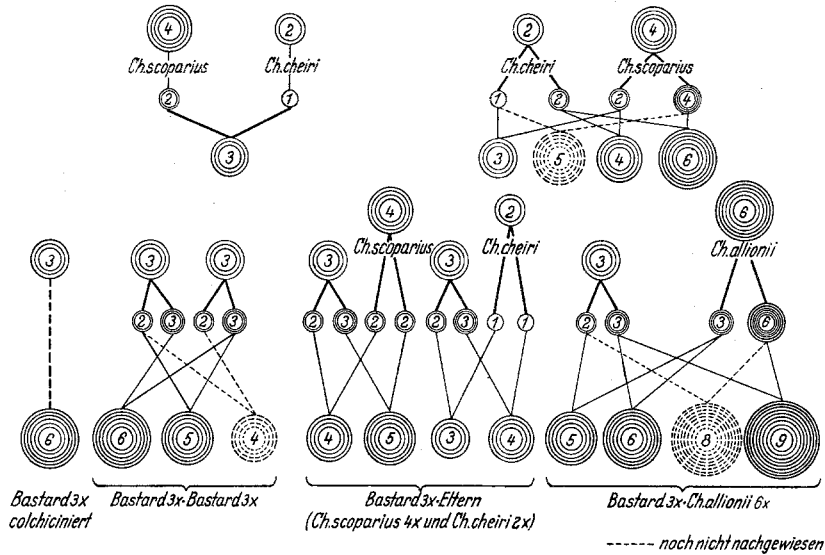


Abb. 9. Schema über die Entstehung der verschiedenen Valenztypen (x = 7).

bungen mit *Ch. cheiri* hervorgegangen. Auch bei den „künstlich“ durchgeführten Kreuzungen des 3x-Bastards mit *Ch. cheiri* erhielten wir 3x- und 4x-Formen zu gleichen Teilen. Die aus „künstlichen“ Kreuzungen gewonnenen Pflanzen stimmen auch morphologisch

Tabelle 2. Befruchtungsergebnis der Bestäubungsgruppe.

Pfl. Nr. des 3x-Bastardes	lebensfähige Pflanzen	Davon Pflanzen mit der Chromosomenzahl				
		21 (3x)	28 (4x)	35 (5x)	42 (6x)	63 (9x)
28/3	—					
28/2	3	2	1			
28/8	1		1			
28/11	4	3	1			
28/15	1	1				
28/16	4	2	2			
28/27	1	1				
28/43	4	4				
28/84	1	1				
28/92	5	5				
28/100	1	1				
28/77	12	6	5		1	
28/9	54	8	37	5	3	1
28/42	37	19	7	4	6	1
Summe:	128	53	54	9	10	2
Prozent:	100	41,4	42,1	7,0	7,8	1,6



Abb. 10. 5x-Pflanzen. Links: Kreuzung Bastard 3x x *Ch. allionii* 6x; rechts: Kreuzung Bastard 3x x Bastard 3x.



Abb. 11. 6x-Pflanzen. Links: Kreuzung Bastard 3x x *Ch. allionii* 6x; rechts: Kreuzung Bastard 3x x Bastard 3x.

zu einer Befruchtungsgruppe zusammengestellt und einer freien Bestäubung überlassen. Von *Ch. scoparius* (4x) standen zur Zeit des Versuches keine blühenden Pflanzen zur Verfügung, so daß sie nicht mit einbezogen werden konnten. Dieser anfängliche Mangel

mit den aus freien Bestäubungen hervorgegangenen Pflanzen überein. Bei unseren freien Bestäubungen erhielten wir außerdem zwei Pflanzen, die sich als 9x-Formen erwiesen. Bei diesen handelt es sich um Kreuzungen mit *Ch. allionii*. Auch dort hatte die „künstliche“ Kreuzung in überwiegendem Maße 9x-Pflanzen ergeben, die aus der Verschmelzung zweier unreduzierter Gameten beider Eltern entstanden sind. Diese Bastardformen aus der „künstlichen“ und der „natürlichen“ Kreuzung stimmen ebenfalls überein. Weiterhin wurden von uns nach der freien Bestäubung 5x- und 6x-Typen erzielt. Die 5x- und 6x-Formen könn-

ten nach der Chromosomenzahl aus „natürlichen“ Kreuzungen mit *Ch. allionii* hervorgegangen sein, da auch bei „künstlicher“ Kreuzung solche Valenzen, wenn auch nur in geringem Maße, auftraten. Der gesamte Habitus, insbesondere aber die Blattform, Länge und Breite der Haare auf den Blättern, spricht eindeutig dafür, daß die 5x- und 6x-Bastarde nicht aus Kreuzungen mit *Ch. allionii* (6x) entstanden sind (Abb. 10 u. 11). Da *Ch. cheiri* der Chromosomenzahl nach auch nicht als Kreuzungspartner in Frage kommt, können die 5x- und 6x-Typen nur aus der Befruchtung von Gameten des 3x-Bastardes hervorgegangen sein. Die 3x-Bastarde bilden 14- und 21-chromosomige Gameten. Die 35-chromosomigen Pflanzen können dann aus der Vereinigung einer 21- mit einer 14-chromosomigen Gamete des 3x-Bastardes entstanden sein. Die 42-chromosomigen Pflanzen lassen sich aus einer Verschmelzung von zwei unreduzierten Gameten des 3x-Bastardes erklären. Für diese Entstehung der 5x- und 6x-Typen spricht eindeutig die morphologische Ausprägung der Bastardpflanzen. Bemerkenswert ist, daß aus den zahlreichen „künstlichen“ autogamen und xenogamen Bestäubungen des 3x-Bastardes niemals keimfähiger Samen erzielt werden konnte.

Besondere Beachtung verdient die 6x-Form, welche nach freier Bestäubung aus zwei unreduzierten Gameten des 3x-Bastardes wahrscheinlich durch eine Fremdbefruchtung entstanden ist. Aus der reziproken Artkreuzung *Ch. cheiri* 2x × *Ch. scoparius* 4x war ebenfalls durch die Verschmelzung zweier unreduzierter Gameten eine 6x-Pflanze hervorgegangen. Diese beiden orthoploiden 6x-Formen sind durch eine reguläre Befruchtung entstanden. In beiden Fällen sind dabei unreduzierte Gameten verschmolzen, die nach Vorgängen in der Meiose gebildet werden. Neben diesen beiden 6x-Formen wurde in der üblichen Weise durch Colchicinierung des 3x-Bastardes noch eine weitere 6x-Form induziert. Sie entstand durch eine Chromosomverdoppelung in der Mitose (vgl. S. 354).

Zusammenfassend läßt sich feststellen: 1. Die „natürlichen“ Kreuzungen des 3x-Bastardes mit *Ch. cheiri* 2x zeigen entsprechende Ergebnisse wie die „künstlichen“. 2. Von den insgesamt 128 Pflanzen aus der Bestäubungsgruppe sind nur zwei Pflanzen vorhanden, die aus einer Befruchtung des 3x-Bastardes mit *Ch. allionii* 6x hervorgegangen sind. Diese „natürliche“ Kreuzung gelingt also außerordentlich schwer. Da beide Pflanzen aus der Befruchtung von unreduzierten Gameten gebildet worden sind, scheinen die unreduzierten Gameten bei der „natürlichen“ Kreuzung im Vergleich zu der „künstlichen“ Kreuzung noch mehr im Vorteil zu sein. 3. Während die 3x-Bastarde bei „künstlicher“ autogamer und xenogamer Kreuzung niemals keimfähige Samen ergaben, bastardieren sich bei freiem Abblühen auch Gameten des 3x-Bastardes miteinander. Hier ergibt sich ein entscheidender Unterschied zwischen einer „natürlichen“ und einer „künstlichen“ Kreuzung.

Diskussion

Durch die einzelnen beschriebenen Kreuzungen erhielten wir in der Gattung *Cheiranthus* L. idiotypisch neue Formen mit bisher schon bekannten sowie bisher noch nicht beobachteten Valenzen (vgl. Abb. 9). Das Ausgangsmaterial bestand aus drei „natürlichen“ orthoploiden Arten mit den Sätzen 2x, 4x und 6x.

Neben neuen orthoploiden 4x- und 6x-Formen wurden mehrere neue anorthoploide Formen mit den Valenzen 3x, 5x, 7x und eine 9x-Form erzeugt. Während drei Wege zu 4x-Formen führten, konnten sogar auf vier Wegen 6x-Formen hergestellt werden. Die 3x- sowie die 5x-Formen erhielten wir durch drei verschiedene Kreuzungskombinationen. Die 9x-Form konnte nur auf einem Wege erzeugt werden. Schließlich trat in der Kreuzung Bastard 3x × *Ch. cheiri* 2x und Bastard 3x × *Ch. allionii* 6x je eine 49-chromosomige Form auf.

Das vorliegende experimentell erzeugte Material zeigt die engen Beziehungen zwischen Hybridisation und Polyploidie. Eine ganze Reihe allopolyploider Formen konnte durch die Bastardierung in den verschiedensten Kreuzungskombinationen hergestellt werden. Auch an diesen Allopolyploiden wird deutlich, daß es sich bei der Polyploidie mehr um eine besondere Form der Kombination als um eine spezielle Art der Mutation handelt (BECKER 1953). Betrachtet man bei dem vorliegenden Material aus der Gattung *Cheiranthus* die verschiedenen Möglichkeiten, welche zu allopolyploiden Formen führten, dann können wir grundsätzlich zwei Entstehungsarten unterscheiden. Die Erhöhung der Valenzstufen findet entweder unmittelbar durch Störungen in der Mitose oder mittelbar nach bestimmten Vorgängen in der Meiose durch eine Befruchtung statt. Der erstgenannte Entstehungsmodus ließ sich nur einmal verwirklichen. Aus dem 3x-Artbastard wurden durch identische Chromosomenverdoppelungen in der Mitose mit Hilfe von Colchicin 6x-Pflanzen erzeugt. Dies ist der übliche Weg zur „künstlichen“ Herstellung polyploider Formen (OEHLER 1941).

Die viel zahlreicheren anderen allopolyploiden Typen des vorliegenden Materials beruhen ausnahmslos auf befruchtungsbiologischen Vorgängen. Dabei interessieren besonders die Formen, welche durch die Beteiligung von unreduzierten Gameten entstanden sind. In verschiedenen Kreuzungskombinationen haben sich entweder zwei unreduzierte Gameten oder eine unreduzierte und eine reduzierte Gamete vereinigt. Diese Gameten können entweder genomatisch gleichartig oder genomatisch verschieden sein. Auf Grund dieser Möglichkeiten ergeben sich vier unterschiedliche Entstehungsweisen. (Alle polyploiden Formen, die unter Beteiligung von normal reduzierten Gameten von *Ch. cheiri*, *Ch. scoparius* oder *Ch. allionii* und den teilweise reduzierten 14-chromosomigen Gameten des 3x-Bastardes entstanden sind, bleiben bei dieser Gruppierung unberücksichtigt.)

1. Zwei unreduzierte Gameten gleichartiger genomatischer Zusammensetzung verschmelzen miteinander. Diese Entstehungsweise wurde in dem vorliegenden Material durch die Vereinigung zweier unreduzierter 3x-Gameten des 3x-Bastardes realisiert. Die „natürlichen“ allopolyploiden Pflanzen sind meistens auf diesem Wege entstanden (OEHLER 1941).

2. Es vereinigen sich zwei unreduzierte Gameten, die aber aus verschiedenen Genomen bestehen. Aus der Kreuzung Bastard 3x × *Ch. allionii* 6x entstanden Pflanzen mit 63 Chromosomen. Diese 9x-Pflanzen lassen sich ohne weiteres als eine Vereinigung einer unreduzierten Gamete des 3x-Bastardes mit einer unreduzierten Gamete von *Ch. allionii* interpretieren. Ebenso konnte auf diese Weise eine zweite 6x-Form aus der reziproken Artkreuzung *Ch. cheiri* 2x × *Ch.*

scoparius 4x gewonnen werden. Es befruchteten sich auch hier zwei unreduzierte genomatisch verschiedene Gameten.

3. Zwei Gameten, die gleichartige Genome enthalten, von denen die eine Gamete reduziert, die andere unreduziert ist, kommen zur Verschmelzung. Aus der Rückkreuzung des 3x-Bastardes mit *Ch. scoparius* 4x ging eine anorthoploide 5x-Form hervor, die aus einer unreduzierten Gamete des 3x-Bastardes und einer reduzierten Gamete von *Ch. scoparius* 4x entstanden ist. Hierher gehören auch die aus der freien Bestäubung des 3x-Bastardes hervorgegangenen 5x-Pflanzen. Der aus der Rückkreuzung des 3x-Bastardes mit *Ch. cheiri* 2x hergestellte orthoploide 4x-Typ ist ebenfalls für diese Entstehungsweise charakteristisch. Ähnlich ist u. a. die von KOSTOFF 1938 beschriebene 4x-allopolyploide Form von *Nicotiana* entstanden.

4. Es verbinden sich eine reduzierte und eine unreduzierte Gamete, die aber aus verschiedenen Genomen besteht. Aus der Kreuzung des 3x-Bastardes mit *Ch. allionii* 6x resultierte eine 42-chromosomige Form, die aus einer unreduzierten Gamete des 3x-Bastardes und einer reduzierten Gamete von *Ch. allionii* 6x entstanden ist. Auf diesem Wege konnte auch eine zweite 4x-Form aus der reziproken Artkreuzung *Ch. cheiri* 2x · *Ch. scoparius* 4x hergestellt werden. Dabei vereinigte sich eine unreduzierte Gamete von *Ch. cheiri* 2x mit einer reduzierten von *Ch. scoparius* 4x. Für diese Entstehungsweise lassen sich aus der Literatur viele Beispiele anführen (vgl. OEHLER 1941).

Auch diese Einteilung zeigt: So einformig der Weg zur Polyploidie über die Mitose ist, so vielförmig sind die Wege über die Meiose. Außerdem werden bei einer Polyploidisierung in der Mitose die Chromosomen lediglich identisch verdoppelt. Bei der Befruchtung von Gameten, die genomatisch gleichartig zusammengesetzt sind, war man allgemein der Ansicht, daß beide Gameten auch genetisch völlig gleich sein müßten. Da aber unser Ausgangsmaterial heterozygot ist, also keine reinen Linien darstellt, sind auch die einzelnen Pflanzen bestimmter Kreuzungskombinationen, z. B. alle 3x-Bastardpflanzen, genetisch (intragenomatisch) verschieden. Entstehen polyploide Formen nach einer Fremdbefruchtung, dann sind die beiden unreduzierten Gameten zwar genomatisch gleichartig, müssen aber intragenomatisch verschieden sein. Auch bei der Bildung von polyploiden Typen in der Evolution war das Ausgangsmaterial sicher heterozygot. Es haben sich durch eine Fremdbefruchtung genomatisch wahrscheinlich gleichartige, aber intragenomatisch verschiedene Gameten vereinigt. Bei der Entstehung von polyploiden Formen durch die Verschmelzung von genomatisch verschiedenartigen Gameten ist eine Fremdbefruchtung die Voraussetzung. Entsprechendes gilt für die Befruchtung von einer unreduzierten Gamete mit einer reduzierten.

Für das Entstehen polyploider Formen nach einer Befruchtung ist die Häufigkeit des Auftretens befruchtungsfähiger unreduzierter Gameten besonders wichtig. In diesem Zusammenhang sind die Befruchtungsergebnisse der Kreuzungen mit dem 3x-Bastard sehr aufschlußreich. Über seine zur Befruchtung kommenden 2x- und 3x-Gameten läßt sich folgendes aussagen:

1. Im Durchschnitt aller Kreuzungen mit den 3x-Bastarden wurden etwa gleich viele 2x- und 3x-Gameten befruchtet.

2. Bei den einzelnen 3x-Bastardpflanzen schwankt dieses Verhältnis sehr erheblich. Zwischen der Befruchtung von nur 14- oder nur 21-chromosomigen Gameten finden sich alle Übergänge.

3. Das Verhältnis befruchteter 14- und 21-chromosomiger Gameten des 3x-Bastardes ist aber auch innerhalb einer Pflanze variabel. Die gleiche Pflanze zu verschiedenen Zeiten bestäubt, kann einmal relativ viel, ein anderes Mal überhaupt keinen keimfähigen Samen bilden. Entstehen Samen, so werden einmal mehr 2x- ein anderes Mal mehr 3x-Gameten befruchtet.

Die angeführten Ergebnisse deuten darauf hin, daß enge Beziehungen zwischen Gametenbildung, Befruchtungsergebnis und Außenbedingungen bestehen. Die genaue Erforschung der optimalen Außenfaktoren sowie der spezifischen Beziehungen zwischen Außenfaktoren, Bildung und Vereinigung von bestimmten Gametentypen ist besonders für die Entstehung von Polyploiden von entscheidender Wichtigkeit. Es liegen zu diesem Fragenkomplex auch Angaben anderer Autoren vor. EGHIS (1927) und RYBIN (1927) beobachteten bei kaltem Wetter an *Nicotiana*-Bastarden befruchtungsfähige unreduzierte Gameten. TERNOVSKY (1935) erwähnte ebenfalls, daß sich im Herbst bzw. unter niedrigeren Temperaturen bei *Nicotiana* leichter unreduzierte Gameten befruchten. Auch STRAUB (1939) konnte bei verschiedenen Arten aus der Gattung *Gasteria* nachweisen, daß bei niedrigeren Temperaturen zu einem großen Prozentsatz Gonen mit der somatischen Chromosomenzahl sowie mit aneuploiden Chromosomenzahlen entstehen. KOSTOFF (1938) schließlich gibt an, daß sich befruchtete unreduzierte Gameten bei *Nicotiana* besonders unter hohen Temperatur- und ungenügenden Feuchtigkeitsbedingungen feststellen lassen. Neben diesen „natürlichen“ Einwirkungen können auch „künstliche“ Agentien zu einer verstärkten Bildung von unreduzierten Gameten führen. Schon 1910 berichtet NĚMEC über das Auftreten von unreduzierten Gameten bei *Larix* nach einer Chloroformeinwirkung. 1937 machte LUTKOV bei *Raphanobrassica* dieselbe Beobachtung. Aus allen Angaben geht eindeutig hervor, daß spezifische Beziehungen zwischen den Außenbedingungen und der Gametenbildung sowie der Befruchtung bestehen.

Das vorliegende Material zeigt, daß bei anorthoploiden und orthoploiden Formen in der Gattung *Cheiranthus* auch ein gewisser Prozentsatz unreduzierter Gameten gebildet wird. Diese unreduzierten Gameten manifestieren sich allerdings nur in bestimmten Kreuzungskombinationen. Dabei zwingt der Vergleich der Artbastardierungen *Ch. scoparius* 4x · *Ch. cheiri* 2x mit der reziproken Artkreuzung *Ch. cheiri* 2x × *Ch. scoparius* 4x zu der Auffassung, daß zwischen reduzierten und unreduzierten Gameten „Konkurrenzbedingungen“ bestehen. Die „natürlichen“ und „künstlichen“ Kreuzungen des 3x-Bastardes mit *Ch. allionii* 6x zeigen, daß sogar in bestimmten Kreuzungskombinationen die unreduzierten Gameten gegenüber den reduzierten eindeutig im Vorteil sind. Diese Vorgänge können durchaus als eine „Selektion“ gewertet werden. Dabei kann man vorerst noch nicht entscheiden, ob diese „Selektionsvorgänge“ vor, während oder nach der Befruchtung stattfinden.

Alle bisher erörterten Ergebnisse zeigen, daß für das Polyploidieproblem die Art der Entstehung poly-

ploider Formen von besonderer Wichtigkeit ist. Eine Polyploidisierung beruht entweder auf bestimmten Vorgängen während der Meiose oder auf Störungen in der Mitose. „Mitotisch“ und „meiotisch“ entstandene polyploide Formen sind auch schon von anderen Autoren nebeneinander beobachtet worden. Den verschiedenen Entstehungsarten wurde aber bisher keine entscheidende Bedeutung beigemessen.

GREENLEAF (1941, 1942) untersuchte die genische Sterilität¹ von zwei verschiedenen entstandenen 4x-allopolyploiden *Nicotiana*-Formen. Die eine war aus dem Artbastard *Nicotiana silvestris* SPEGAZ et COMES \times *Nicotiana tomentosiformis* GOODSP., den GREENLEAF dekapierte (Callusmethode), hervorgegangen. Die andere Form war von KOSTOFF durch Rückkreuzungen des gleichen Bastardes mit den Eltern erzeugt worden. Den prinzipiellen Unterschied beider Entstehungsarten charakterisierte GREENLEAF, indem er die von KOSTOFF hergestellte Form eine „numerische“ — und den von ihm erzielten Typ eine „strukturelle“ amphidiploide Form nannte. Aus dieser Bezeichnung geht schon eindeutig hervor, daß auch für GREENLEAF trotz genomatischer Gleichheit die beiden polyploiden Formen genetisch verschieden sind. GREENLEAF bemerkte auch, daß die von KOSTOFF erzielte 4x-Form genetisch nicht einheitlich ist, während es sich bei dem von ihm hergestellten 4x-Typ um eine genetisch exakte Duplikation handelt. KOSTOFFS allopolyploide Form war durch Vorgänge in der Meiose, GREENLEAFS dagegen nach Vorgängen in der Mitose entstanden. Entscheidend ist bei diesem Vergleich, daß die auf „mitotischem“ Wege produzierte polyploide Form weiblich steril ist. Die aus einer Befruchtung auf Grund der Bildung von unreduzierten Gameten hervorgegangenen polyploiden Pflanzen zeigen diesen negativen Effekt nicht. CLAUSEN (1941) untersuchte 2x-, 4x- und 8x-Bastardformen von *N. silvestris* — *N. tomentosiformis*. Die 4x-Typen sind die gleichen, welche KOSTOFF und GREENLEAF herstellten. Dabei bestätigte CLAUSEN nicht nur den bereits von GREENLEAF festgestellten unterschiedlichen Fertilitätsgrad, sondern findet auch deutliche morphologische Unterschiede.

Schließlich scheint das häufig beobachtete Herabregulieren (breakdown) mit der Entstehung von polyploiden Typen zusammenzuhängen. Dieses Herabregulieren ist, so weit uns bekannt, bisher nur bei polyploiden Formen beobachtet worden, welche nach einer „mitotischen“ Chromosomenverdoppelung entstanden sind. Darüber berichten F. v. WETTSTEIN (1924) bei Moosen, GREIS (1940) bei Gerste, v. ROSEN (1949) bei Rüben, HERTZSCH (1951) bei Wicken und QUADT (1955) bei Tomaten. Die „mitotisch“ entstandenen polyploiden Formen sind im allgemeinen durch eine gewisse Labilität ihrer experimentell erzeugten Valenzstufen gekennzeichnet. Diese Erscheinung bereitet der Polyploidiezüchtung große Schwierigkeiten und macht es erforderlich, daß bei ihr mit großem Aufwand eine dauernde cytologische Kontrolle durchgeführt werden muß, die sich technisch als stark begrenzender Faktor erweist.

Betrachtet man die bekannten Polyploiden auf ihre Entstehungsart hin, so ist sicher, daß fast alle natürlichen Polyploiden auf Grund bestimmter Vorgänge in der Meiose durch eine Befruchtung von unred-

zierten Gameten entstanden sind. Fast alle induzierten Polyploiden dagegen wurden durch direkte Chromosomenverdoppelungen in der Mitose erzielt.

Die diskutierten Ergebnisse zeigen, daß für die experimentelle Erzeugung von züchterisch wertvollen polyploiden Pflanzen die Art und Weise ihrer Herstellung von entscheidender Bedeutung ist. Wir sind der Ansicht, daß auch in der Pflanzenzüchtung nach Möglichkeit die Polyploidisierung über die Meiose erfolgen sollte.

Zusammenfassung

1. In der Gattung *Cheiranthus* wurde durch Kreuzung von *Cheiranthus scoparius* BROUSS. ex WILLD. (4x) \times *Cheiranthus cheiri* L. (2x) ein neuer Artbastard (3x) hergestellt. Die Kreuzung gelingt relativ leicht.

2. Der 3x-Bastard sowie die nach einer Colchicinbehandlung hergestellte allopolyploide 6x-Form „*Cheiranthus scoparius-cheiri*“ werden beschrieben.

3. Bei der reziproken Artkreuzung *Cheiranthus cheiri* L. 2x \times *Cheiranthus scoparius* BROUSS. ex WILLD. 4x entstanden Bastarde mit den Valenzen 3x, 4x und 6x. Die Kreuzung gelingt sehr schwer.

4. Der 3x-Bastard bildet 14- und 21-chromosomige Gameten, die im männlichen Geschlecht kaum, im weiblichen Geschlecht teilweise funktionsfähig sind.

5. Hinweise für eine apomiktische Samenbildung wurden bei dem 3x-Bastard nicht gefunden.

6. Nach auto- und xenogamen Bestäubungen bildete der 3x-Bastard keinen keimfähigen Samen.

7. Aus der Kombination Bastard 3x \times *Ch. cheiri* 2x konnten 3x- und 4x-Pflanzen hergestellt werden.

8. Aus der Kombination Bastard 3x \times *Ch. scoparius* 4x gingen 4x- und 5x-Formen hervor.

9. Aus der Kombination Bastard 3x \times *Ch. allionii* 6x entstanden eine 5x- und eine 6x-Pflanze. Darüber hinaus wurden einige 63-chromosomige Pflanzen (9x) festgestellt.

10. Trotz sehr hoher Sterilität setzten frei abgeblühte 3x-Bastarde, zu einer Befruchtungsgruppe mit *Ch. cheiri* 2x und *Ch. allionii* 6x zusammengefaßt, etwas Samen an. Das Auftreten von keimfähigen Samen ist bei den einzelnen Bastardpflanzen sehr unterschiedlich. Die daraus entstandenen 3x- und 4x-Pflanzen sind aus freien Bestäubungen mit *Ch. cheiri*, die 9x-Pflanzen aus freien Bestäubungen mit *Ch. allionii* und die 5x und 6x-Pflanzen aus Selbstungen des 3x-Bastardes hervorgegangen.

11. Die verschiedenen Entstehungsweisen, die zu polyploiden Formen führen, werden ausführlich erörtert und ihre Bedeutung für die Pflanzenzüchtung eingehend diskutiert.

Für die unermüdliche Hilfe bei der technischen Durchführung danke ich besonders herzlich Fr. H. ANDRESS. Mein herzlicher Dank gilt auch den technischen Assistentinnen der Abteilung, Frau H. MERTIN, Fr. R. MÜLLER, Fr. D. POHLE und Fr. I. REITER.

Literatur

1. BAYER, A.: Beiträge zur systematischen Gliederung der Cruciferen. Beih. z. Bot. Centralbl. 18, 119—180 (1905). — 2. BECKER, G.: Problematik der Pflanzenzüchtung. Festsitzung u. wissenschaftl. Tagung anläßl. d. zweijährigen Bestehens d. DAL zu Berlin. Rechenschaftsbericht und Vorträge, 37—59, Berlin 1953. — 3. v. BERG, K. H.: Cytologische Untersuchungen an den Bastarden des *Triticum turgidovillosum* und an einer F_1 -*Triticum turgidum* \times *villosum*. Z. f. ind. Abst. u. Vererbgs. 68, 94—126 (1934). — 4. BLARINGHEM, M. L.:

¹ Definition nach DOBZHANSKY 1953.

Sur une mutation de la Giroflée des murailles (*Cheiranthus Cheiri* L.) par avortement des étamines. Comp. rend. de l'acad. d. sciences 193, 124—127 (1931). — 5. BLARINGHEM, M. L.: L'habitus, ou individualité biologique des hybrides de crucifères (*Cheiranthus*, *Erysimum*, *Matthiola*, *Lunaria*). Comp. rend. de l'acad. d. sciences 196, 1850—1853 (1933). — 6. BLARINGHEM, M. L.: Sur la duplication des fleurs de la Giroflée des murailles (*Cheiranthus Cheiri* L.). Comp. rend. de l'acad. d. sciences 201, 5—8 (1935). — 7. BRIEGER, F.: Über die Vermehrung der Chromosomenzahl bei dem Bastard *Nicotiana tabacum* L. × *N. Ruscicola* BRITT. Z. f. ind. Abst. u. Vererbgs. 47, 1—53 (1928). — 8. CLAUSEN, R. E.: Polyploidie in *Nicotiana*. The American Naturalist Vol. LXXV (75), 291—306 (1941). — 9. CLAUSEN, J., D. D. KECK, and W. M. HIESEY: Experimental studies on the nature of species II. Plant evolution through amphiploidy and autopoloidy, with examples from the Madiinae. Carnegie Inst. Washington, Publ. No. 564, 1—174 (1945). — 10. CRANE, M. B., and C. D. DARLINGTON: The origin of new forms in *Rubus* I. Genetica 9, 241—277 (1927). — 11. DARLINGTON, C. D., and K. MATHER: The Elements of Genetics. George Allen & Unwin LTD. London 1950. — 12. DOBZHANSKY, TH.: Genetics and the origin of species. Third Edition, Revised. Columbia University Press New York 1953. — 13. EGHIS, S. A.: Experiments on interspecific hybridization in the genus *Nicotiana*. I. Hybridization between the species *N. rustica* L. and *N. Tabacum* L. Bull. of appl. Bot., Genetics and Plant-Breeding, Leningrad 17, 151—189 (1927). — 14. ERNST, A.: Bastardierung als Ursache der Apogamie im Pflanzenreich. Fischer Jena, 1918. — 15. GAIRDNER, A. E.: The inheritance of factors in *Cheiranthus cheiri*. Journ. of Genetics 32, 479—486 (1936). — 16. GREENLEAF, W. H.: Sterile and fertile amphidiploids: Their possible relation to the origin of *Nicotiana tabacum*. Genetics 26, 301—324 (1941). — 17. GREENLEAF, W. H.: Genic sterility in tabacum-like amphidiploids of *Nicotiana*. J. Genet. 43, 69—96 (1942). — 18. GREIS, H.: Vergleichende physiologische Untersuchungen an diploiden und tetraploiden Gersten. Züchter 12, 62—73 (1940). — 19. HÅKANSSON, A.: Die Chromosomen in der Kreuzung *Salix viminalis* × *caprea* von HERIBERT NILSSON. Hereditas 13, 1—52 (1929). — 20. HAYEK, A. v.: Entwurf eines Cruciferen-Systems auf phylogenetischer Grundlage. Beih. z. Bot. Centralbl. 27, 127—335 (1911). — 21. HERTZSCH, W.: Beobachtungen an polyploider *Vicia villosa*. Z. f. Pfl. Zchtg. 30, 210—217 (1951). — 22. JARETZKY, R.: Beziehungen zwischen Chromosomenzahl und Systematik bei den Cruciferen. Jahrb. f. wissensch. Bot. 76, 485—527 (1932). — 23. KOSTOFF, D.: Cytogenetic studies on

Nicotiana silvestris × *N. tomentosiformis* hybrids and amphidiploids and their bearing on the problem of the origin of *N. tabacum*. C. R. (Doklady) Acad. Sci. URSS 18, 459—462 (1938). — 24. LUTKOV, A. N.: On the artificial induction of polyploid gametes by treatment with low temperature and chloroform (engl. Zusammenfassung). Bull. of appl. Bot., Genetics and Plant-Breeding 7, 149—150 (1937). — 25. MANTON, J.: Introduction to the general cytology of the Cruciferae. Ann. Bot. Vol. XLVI 509—556 (1932). — 26. MELCHERS, G.: Die Ursachen für die bessere Anpassungsfähigkeit der Polyploiden. Z. Naturforschung I, 160—165 (1946). — 27. MÜNTZING, A.: Outlines to a genetic monograph of the genus *Galeopsis*. Hereditas XIII, 185—341 (1929/1930). — 28. NĚMEC, B.: Das Problem der Befruchtungsvorgänge und anderer cytologischer Fragen. Borntraeger Berlin, 1910. — 29. OEHLER, E.: Art- und Gattungsbastarde. Hdb. f. Pfl.-Zchtg. Bd. 1, Parey Berlin, 503—540 (1941). — 30. QUADT, F.: Beobachtungen an den Nachkommen tetraploider Tomatenbastarde. Züchter 25, 241—245 (1955). — 31. RENNER, O.: Artbastarde bei Pflanzen. Hdb. d. Vererbungsw. Bd. II, Borntraeger Berlin, 1929. — 32. ROSEN, G. v.: Problems and Methods in the Production of Tetraploids within the genus *Beta*. Socker Handlingar Ärgång 5, 197—217 (1949). — 33. ROSENBERG, O.: Die semiheterotypische Teilung und ihre Bedeutung für die Entstehung verdoppelter Chromosomenzahlen. Hereditas 8, 305—338 (1926/1927). — 34. RYBIN, V. A.: Polyploid hybrids of *Nicotiana tabacum* L. × *N. rustica* L. Bull. of appl. Bot., Genetics and Plant-Breeding, Leningrad 17, 235—240 (1927). — 35. STEBBINS jr., G. L.: Types of Polyploids: Their Classification and Significance. Advances in Genetics, Vol. I, Academic Press Inc., Publishers New York, N. Y. 403—429 (1950). — 36. STEBBINS jr., G. L.: Variation and Evolution in Plants. Columbia University Press New York, 1951. — 37. STRAUB, J.: Polyploidieauslösung durch Temperaturwirkungen. Z. Bot. 34, 385—481 (1939). — 38. TERNOVSKY, M. F.: Erscheinungen der Polyploidie bei Artbastarden von *Nicotiana*. Z. Züchtung, A: Pflanzenzüchtung 20, 268—289 (1935). — 39. THOMPSON, W. P.: Cytology and genetics of crosses between fourteen- and seven chromosome species of wheat. Genetics 16, 309 bis 324 (1931). — 40. WETTSTEIN, F. v.: Morphologie und Physiologie des Formwechsels der Moose auf genetischer Grundlage I. Ind. Abst. u. Vererbgs. 33, 1—236 (1924). — 41. WETTSTEIN, F. v.: Bastardpolyploidie als Artbildungsvorgang bei Pflanzen. Die Naturwissenschaften, 20. Jahrg. 981—984 (1932). — 42. WETTSTEIN, R. v.: Die Gattungen *Erysimum* und *Cheiranthus*. Österr. Bot. Zeitschr. XXXIX. Jahrg., 243—247; 281—284; 327—330 (1889).

Aus dem Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung (Erwin-Baur-Institut)
Abt. f. Kulturpflanzenzüchtung, Hamburg-Volksdorf

Untersuchungen über die Ursachen der Leistung von Kulturpflanzen

I. Das Verhalten der Komponenten des Stärkeertrages von Kartoffeln*

Von H. BÖRGER, W. HUHNE, D. KÖHLER, F. SCHWANITZ, und R. VON SENGBUSCH

Mit 10 Textabbildungen

Bereits vor mehr als 20 Jahren ist von v. SENGBUSCH darauf hingewiesen worden, daß viele der Eigenschaften, die den Ertrag und andere wichtige Merkmale der Kulturpflanze bestimmen, komplexer Natur sind. Sie setzen sich, wie damals eingehend aufgezeigt wurde, aus einer mehr oder minder großen Zahl von Teileigenschaften morphologischer, physiologischer oder chemischer Natur zusammen. Aus dem Zusammenwirken der Teileigenschaften ergibt sich die komplexe Eigenschaft in ihrer spezifischen Eigenart und Leistungshöhe. Die Zerlegung der komplexen Eigenschaften in Teileigenschaften kann nicht nur ihr

* Diese Arbeiten werden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert.

Zustandekommen verständlich machen, sie ist darüber hinaus ein wichtiger Weg zur züchterischen Bearbeitung und zu erfolgreichen Verbesserungen (Synthese) wichtiger Leistungsmerkmale der Kulturpflanzen (R. VON SENGBUSCH 1935).

Die folgende Arbeit leitet eine Reihe von Veröffentlichungen ein, in denen versucht werden soll, die Stoffproduktion der Pflanze, bzw. den vom Menschen genutzten Teil der gesamten Stoffproduktion, den wir als Ertrag zu bezeichnen pflegen, in Teileigenschaften zu zerlegen, die uns das Zustandekommen des komplexen Merkmals „Stoffproduktion“ sowie die geringere und höhere Leistungsfähigkeit der einzelnen Sorten einer Kulturart und ihrer Wildformen ver-