

Pflanzenzüchtung – Kontinuität und Wandel

Wolfgang Friedt, Gießen

Der Beginn systematischer Pflanzenzüchtung wird gewöhnlich mit der Wiederentdeckung der Mendelschen Regeln datiert – also etwa um die Jahrhundertwende. Über die Entdeckung Mendels hinaus waren im 19. Jahrhundert eine Fülle weiterer, für die Züchtungsforschung wesentlicher biologischer Erkenntnisse gewonnen worden, auf deren Basis sich eine moderne Genetik und Pflanzenzüchtung entwickeln konnte, zum Beispiel erste Befunde über Zellkern, Chromosomen und Befruchtung. Die besondere Bedeutung der Entdeckung der Vererbungsgesetzmäßigkeiten ist darin zu sehen, daß sich mit ihrer Hilfe die Vorgänge bei der Neukombination von Merkmalen, der Rekombination, erstmals plausibel erklären ließen. Die formale Zuordnung von Merkmalen und Erbfaktoren – den Genen – schaffte die gedankliche Grundlage für Zuchtplanung und Kombinationszüchtung mit Hilfe von Kreuzung und Selektion. Bis heute sind diese beiden Schritte, die Schaffung neuer Variation durch Bastardierung unterschiedlicher Ausgangsformen und die nachfolgende Auslese in den aufspaltenden Generationen, die grundlegenden Prinzipien der Pflanzenzüchtung geblieben.

Ebenso bemerkenswert wie die Kontinuität der züchterischen Methodik ist die Konstanz der grundlegenden züchterischen Ziele: Von Anfang an ging es darum, Erträge zu steigern, aber auch dar-

um, einen jährlich in etwa wiederkehrenden *Ertrag* zu sichern, d.h. die aus früheren Jahrhunderten oft berichteten Mißernten mit nachfolgenden Hungersnöten zu verhindern. Die Verbesserung der Ertragsleistung durch Züchtung ist in der Tat erstaunlich; gerade zu Beginn unseres Jahrhunderts setzte eine fast sprunghafte Steigerung der Erträge ein (Abb. 1). Diese ist unschwer auf die nun erst in großem Stile einsetzende züchterische Aktivität zurückzuführen, die sich u. a. auch an der zunehmenden Zahl von Zuchtbetriebsgründungen in dieser Zeit ablesen läßt. Untersuchungen in Weihenstephan an den „Nürnberger Linien“, dem Nachbau keimfähiger Gersten- und Hafer-Körner aus dem Grundstein des Nürnberger Stadttheaters, lassen eine Verdopplung der potentiellen Kornerträge seit 1832 von etwa 40 auf heute 80 dt/ha erkennen. In Gefäßversuchen zeigte sich im einzel-

Prof. Dr. Wolfgang Friedt, Jahrg. 1946, studierte Agrarwissenschaften an der Universität Bonn und promovierte 1978 an der Technischen Universität München-Freising/Weihenstephan. 1984 Habilitation an der Universität Bayreuth. Nach wissenschaftlicher Tätigkeit seit 1971 an wissenschaftlichen Institutionen ist W. Friedt seit 1985 als Professor im Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung an der Justus-Ludwig-Universität Gießen tätig.

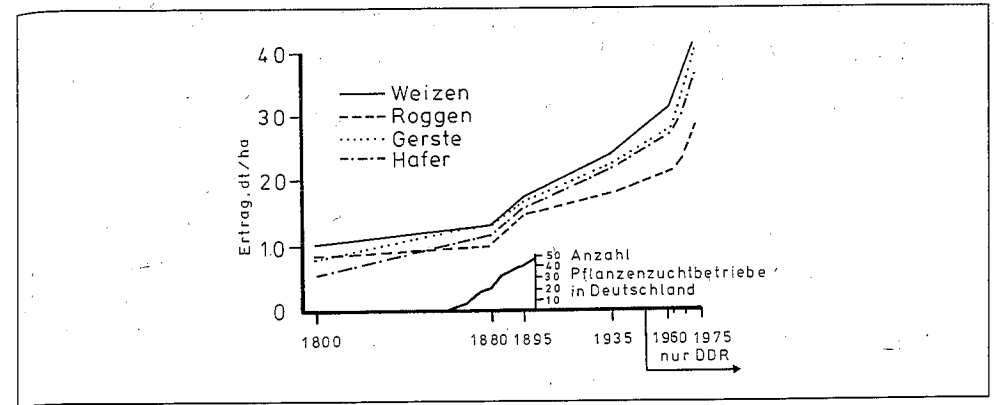


Abb. 1. Entwicklung der Kornerträge bei heimischen Getreidearten seit dem Beginn des 19. Jahrhunderts (nach Fuchs).

nen, daß ein Großteil der Ertragssteigerung auf eine verbesserte Anpassung der neuen Sorten an unsere modernen Anbaubedingungen, d.h. höhere pflanzenbauliche Intensität, zurückzuführen ist; sie sind z. B. standfester und können so höhere Düngergaben besser verwerten. Die Verbesserung der Leistungsfähigkeit unserer Nutzpflanzen ist daher zweifellos in erster Linie auf eine fortwährende Optimierung der Pflanzenproduktion insgesamt zurückzuführen. Aufgrund verschiedener Schätzungen kann der Anteil der Pflanzenzüchtung an der gesamten Leistungssteigerung unserer landwirtschaftlichen Nutzpflanzen mit 25% oder mehr beziffert werden.

Wandel der Anforderungen

Aus den Untersuchungen mit den „Nürnberger Linien“ geht aber auch hervor, daß der Lauf der Zeit einen Wandel der Bewertung und Rangordnung der Zuchtziele mit sich gebracht hat. Die landwirtschaftlichen Produktionstechniken sowie die Verzehrsgewohnheiten sind fortwährendem Wandel unterworfen, und mit ihnen ändern sich zwangsläufig die Anforderungen an

die landwirtschaftlichen Erzeugnisse und damit letztlich die Zuchtziele. Kam es früher vor allem auf eine Steigerung der Produktion überhaupt an, so steht heute neben der Quantität insbesondere die *Produktqualität* im Vordergrund.

Diesem Wandel der Anforderungen an ihre Produkte konnte die Pflanzenzüchtung nur durch ein hohes Maß an Kreativität im Umgang mit der bereits vorhandenen, umfassenden genetischen Variabilität begegnen. Der erblichen Vielfalt innerhalb der Arten war man sich seit langem bewußt und ihrer Kreuzung zur Schaffung neuer Kombinationen hatte man sich schon lange vor Mendel gezielt bedient; z. B. schon in den orientalischen Hochkulturen des Altertums. Die oft empfohlene Erweiterung der genetischen Variation durch Kreuzungen mit Wild- oder Primitivformen stößt jedoch besonders heute bei steigendem Leistungsniveau auf immer größere Schwierigkeiten, denn die Einkreuzung solchen fremden Materials ist zunächst stets mit einer deutlichen Leistungsminderung verbunden. Erst im Laufe langjähriger Züchtungsprogramme können verbesserte Stämme ausgelesen werden. Ein anschauliches Beispiel

für die Problematik dieses Vorgehens gibt die Wintergerstensorte ‚Vogelsanger Gold‘. Diese Sorte geht auf eine Kreuzung mit *Hordeum spontaneum nigrum* zurück, von der sie ihre Mehltau-resistenz ererbt hat. Aber erst nach lang-jähriger Rückkreuzungszüchtung konnte die fertige Sorte im Kölner Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung ausgelesen werden. Trotz ihrer überraschenden Ertragsleistung kann ‚Vogelsanger Gold‘ heute wegen ihrer schlechten Kornqualität als ein gewisser Rückschritt in der Wintergerstenzüchtung angesehen werden.

Grenzen der „Mutationszüchtung“

Die Züchtungsforschung trat in eine gänzlich neue Phase, als erstmals auch bei Pflanzen über die Auslösung von erblichen Veränderungen – *Mutationen* – durch Gammastrahlen berichtet wurde (Tab. 1). Heute, nach sechs Jahrzehnten Erfahrung in der Auslösung und züchterischen Bearbeitung von Mutationen muß festgestellt werden, daß der Nutzen von Mutationen für die praktische Züchtung auf relativ wenige Fälle beschränkt geblieben ist. Zweifellos gehen eine Reihe von Sorten auf Mutationen zurück; als herausragendes positives Beispiel ist etwa die Züchtung der Süßlupine zu nennen. Dennoch ist es verfehlt, die „Mutationszüchtung“ als eine eigenständige Züchtungsmethode anzusprechen; es handelt sich hierbei vielmehr um eine spezielle Technik zur Erweiterung der genetischen Variabilität. In dieser Hinsicht erhoffte man sich lange Zeit eine neuartige genetische Vielfalt schaffen zu können, wie sie in der natürlichen Formenmannigfaltigkeit nicht anzutreffen ist. Besondere Anstrengungen haben sich auf die Induktion von Resistenzgenen etwa gegen pilzliche Krankheitserre-

ger, wie beispielsweise Mehltau (*Erysiphe graminis*), konzentriert. Diese Arbeiten mündeten in eine umfassende Analyse der Mehltauresistenzgene in unserem einheimischen Gerstensortiment. Eine mit Hilfe der Virulenzanalyse gewonnene Übersicht über wirksame Resistenzgene ist von großem Nutzen bei der Wahl von Kreuzungseltern, denn eine bereits große Verbreitung eines Gens macht seine baldige Überwindung durch neue virulente Rassen (Pathotypen) absehbar. Aufgrund dieses Mechanismus war man in den zurückliegenden Jahrzehnten gezwungen, die Palette von Resistenzgenen fortwährend zu erweitern. Obwohl jedoch zweifellos eine große Zahl von induzierten Mutanten mit Krankheitsresistenz isoliert worden ist, so darf doch festgestellt werden, daß es auf diese Art grundsätzlich nicht möglich ist, die natürliche Formenmannigfaltigkeit zu erweitern.

Gen-, Chromosomen- und Genommutationen

Unter den Mutationen im weiteren Sinne wird je nach Größe der betroffenen Erbsubstanz zwischen Gen-, Chromosomen- oder Genom-Mutationen unterschieden; letztere betreffen Veränderungen der Chromosomenzahl. Seit langem ist bekannt, daß eine Erhöhung der Chromosomenzahl, als *Polyploidie* bezeichnet, oftmals mit einer Vergrößerung der Zellen und Organe einhergeht. Seit der Entdeckung der polyploidisierenden Wirkung von Colchicin (Tab. 1) können solche Formen praktisch nach Belieben hergestellt werden. Aufgrund der Organvergrößerungen erhoffte man sich analoge Zunahmen des Massenertrages, wie sie bei Pflanzen mit vegetativ genutzten Organen, etwa der Zuckerrübe, auch tatsächlich beobachtet werden.

Tab. 1. Einige wichtige Daten zur Entwicklung der modernen Pflanzengenetik und -züchtung.

1866	Formulierung der Mendelschen Vererbungsregeln
1871	Entdeckung der DNS („Nuclein“, <i>Miescher</i>)
1928	Mutationsauslösung durch X-Strahlen (<i>Stadler</i>)
um 1900	Wiederentdeckung der Mendelschen Regeln
1909	Beschreibung des Nucleotids (<i>Levene</i>)
um 1930	Kommerzielle Mais-Hybriden in USA
1932	Polyploidisierung durch Hitzeschock
1937	Polyploidisierung mit Colchicin (<i>Blakeslee u. a.</i>)
1944	DNS als Träger der genetischen Information identifiziert (<i>Avery</i>)
1953	Doppelhelix-Modell als Strukturvorschlag für DNA (<i>Watson & Crick</i>)
1966	Vollständige Entschlüsselung des genetischen Code (<i>Nirenberg, Khorana</i>)
1973	Konstruktion rekombinanter DNA (Plasmid)
1975	Entdeckung des Ti-Plasmids in Agrobacterium (<i>Schell u. a.</i>)
	Nachweismethode für rekombinante DNS (<i>Southern</i>)
1976	Totalsynthese eines Gens (<i>Khorana</i>)
1980	Erster Gen-Transfer mit Hilfe des Ti-Plasmids
1984	Erster Gen-Transfer mit CaMV
1985	Erster „vektorfreier“ Transfer (<i>Potrykus u. a.</i>)
	Regeneration intakter Pflanzen aus Reisprotoplasten (Japan)

Bei Nutzung generativer Organe – der Samen – ist dies jedoch in der Regel nicht der Fall. Bei identischer Verdopplung eines diploiden Chromosomensatzes liegen vier homologe, also gleiche Sätze (Genome) vor, die in den Reifungsteilungen aufgrund von Mehrfachpaarungen, sogenannten Multivalenten, Störungen verursachen; diese führen letzten Endes zu partieller Sterilität. Gerade bei der selbstbefruchtenden Gerste (*Hordeum vulgare*) liegen hierzu umfangreiche Untersuchungsergebnisse vor und sie zeigen, daß die Aussichten einer durchgreifenden züchterischen Stabilisierung der Fertilität und des Kornertrages äußerst begrenzt sind. Trotz einer beträchtlichen Steigerung des Samenansatzes aufgrund regelmäßigerer Reifungsteilungen bleibt der Kornertrag der selektierten tetraploiden Stämme deutlich hinter dem diploiden Sorten zurück.

Wesentlich günstiger als bei der Gerste sind zweifellos die Voraussetzungen für eine erfolgreiche *Polyploidiezüchtung* beim fremdbefruchteten Roggen

(*Secale cereale*). Untersuchungen haben gezeigt, daß die meiotischen Teilungen regelmäßiger verlaufen als bei der Tetra-gerste und demzufolge weniger aneuploide Pflanzen auftreten. Infolgedessen sind Tetraroggenstämme diploiden Sorten vielfach ertraglich ebenbürtig und können sogar Weizensorten übertreffen. Weitere Ertragsreserven könnten hier möglicherweise mit der Züchtung von *Hybriden* erschlossen werden. Gerade beim Roggen werden derzeit besondere Anstrengungen zur Züchtung von Hybridsorten unternommen. Frühere Arbeiten hatten schon gezeigt, daß eine Maximierung der Heterosis in tetraploiden gegenüber diploiden Hybriden durchaus möglich ist.

Neue Wege nach Entdeckung der DNS

Ein Datum von besonderer Bedeutung für die moderne Genetik und Züchtungsforschung fällt in das Jahr 1944; es steht für die Entdeckung der DNS

(DNA) als der für die Vererbung maßgeblichen Substanz (Tab.1). Dieses Erkenntnis eröffnete neue Wege, um über eine rein formale Genetik hinaus auf molekularer Ebene direkt in die Erbsubstanz einzugreifen. Das Ende eines Kapitels rein klassischer Genetik deutete sich damit an. Ein knappes Jahrzehnt später fand es seinen endgültigen Abschluß mit einem Ereignis, das von bahnbrechender Bedeutung für die Entwicklung der modernen *Molekulargenetik* war: die Aufklärung der Struktur der DNA (Tab.1).

In der Folgezeit wurden darüber hinaus Techniken der *Gewebe- und Zellkultur* (Abb.2) entwickelt, die erst die Voraussetzungen für die Anwendung molekulargenetischer Methoden in der Pflanzenzüchtung schafften. Eine davon war die experimentelle Herstellung ha-

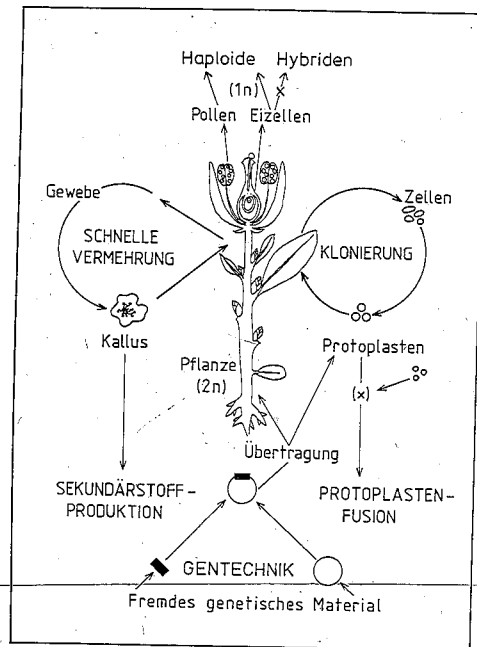


Abb.2. Übersicht zu den Anwendungsmöglichkeiten der Biotechnologie (Zell- und Gewebekulturen, Gentechnik) bei landwirtschaftlichen Nutzpflanzen (Original G. Wenzel, verändert).

ploider Pflanzen aus Keimzellen. Erst heute findet diese Möglichkeit ein nennenswertes Echo von seiten der züchterischen Praxis, seit mit Hilfe effizienter Techniken *haploide Pflanzen* verfügbar sind: Die heute gebräuchlichsten Techniken sind die Antherenkultur und die Art- oder Gattungskreuzung (Abb.2 und 3). Die *Antherenkultur*, d.h. die Kultur von unreifen Staubbeutel (bzw. von unreifen Pollen), führt bei fast allen pflanzlichen Objekten zur Entwicklung sogenannter androgenetischer Haploider, während bei Art- und Gattungskreuzungen in der Regel die Eizelle zur parthenogenetischen Entwicklung stimuliert wird. Die Tatsache, daß dabei neben haploiden gelegentlich auch diploide und polyploide Pflanzen entstehen, hat vielfach zu dem Verdacht veranlaßt, hierbei handele es sich um unerwünschte, gemischterbige Individuen. Mit Hilfe geeigneter genetischer Systeme konnte im Grünbacher Institut für Resistenzgenetik am Beispiel der Gerste jedoch zweifelsfrei gezeigt werden, daß die Häufigkeit von heterozygoten, diploiden androgenetischen Pflanzen praktisch gleich Null ist.

Aufgrund der Erbllichkeit des Merkmals „Antherenkulturtauglichkeit“ ist es heute möglich, entsprechende Zuchtprogramme mit Hilfe der Antherenkultur durchzuführen. Aus der Kooperation mit mehreren Saatzüchtfirmen entstand erstmals eine ausreichende Zahl doppelhaploider Sommer- und Wintergerstenstämme, die heute konkrete Aussagen über den Wert der „Haploidentechnik“ im Vergleich zu konventionellen Zuchtmethoden zulassen. Aufgrund der Ergebnisse von Leistungsprüfungen können wir feststellen, daß beide Verfahren grundsätzlich dazu geeignet sind, hochleistungsfähige Genotypen zu erstellen.

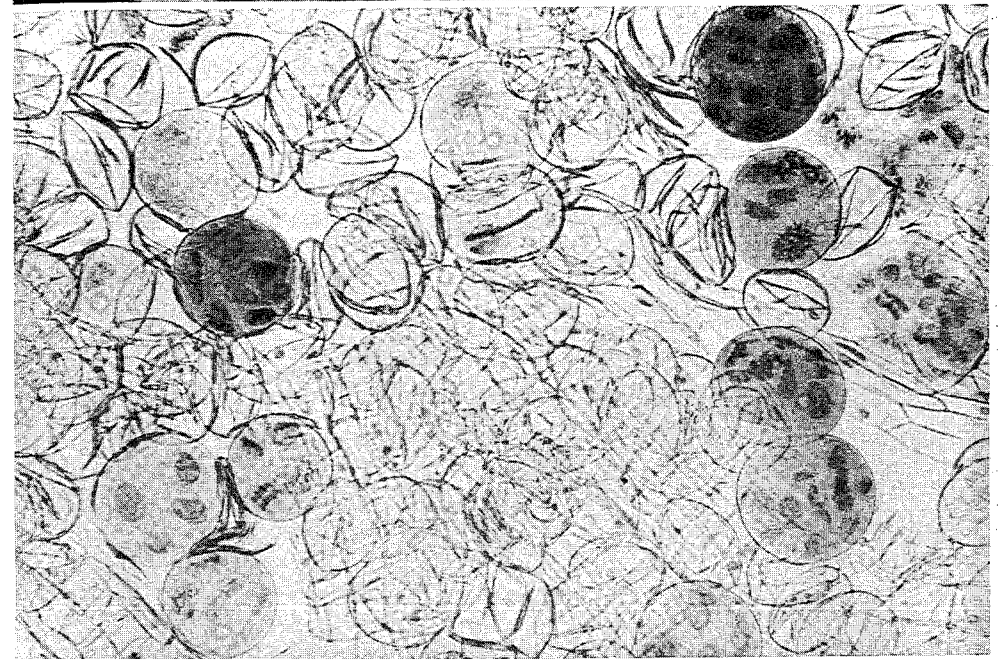
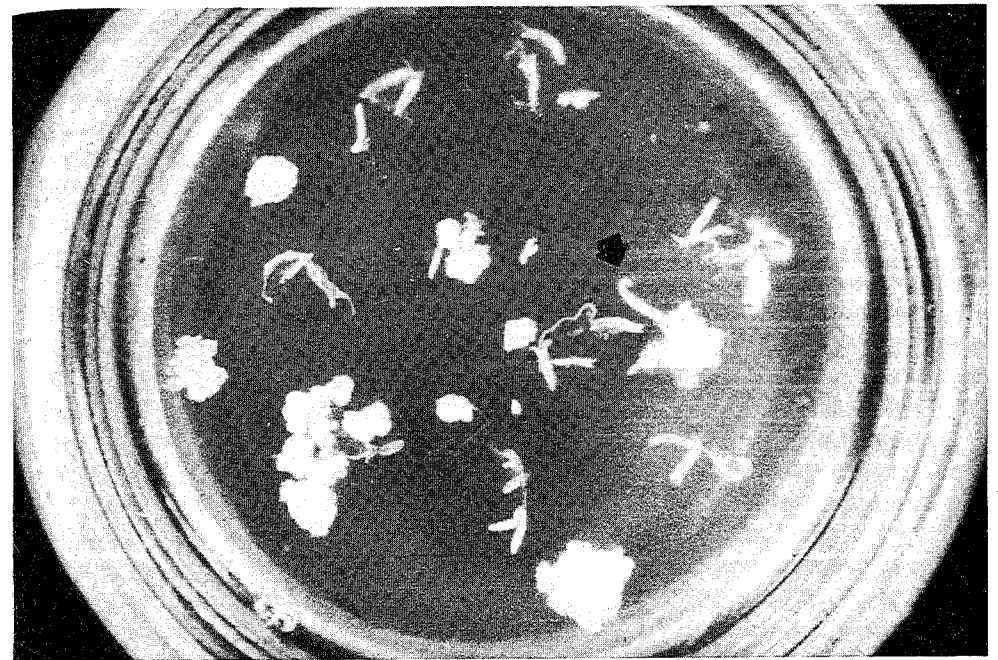


Abb.3. Antherenkultur bei Getreide (Beispiel Gerste). Oben: Petrischale mit Antheren (Staubbeuteln) auf Nährboden; einzelne Antheren zeigen Kallusbildung, in einem Fall auch die Entwicklung eines Pflänzchen (Pfeil). Unten: Blick in eine kultivierte Anthere: zahlreiche Mikrosporen (junge Pollenkörper) haben bereits Kernteilungen durchlaufen; die Kallusbildung hat damit begonnen (Original B. Foroughi-Wehr, Grünbach).

Artübergreifende Züchtung

Der alternative Weg zur Züchtung doppelhaploider Gerstenlinien, die „*Bulbosum-Methode*“, hat sich bei der Sommergerste in Kanada und England besonders gut bewährt und bringt dort hohe Ausbeuten an doppelhaploiden, rein erbigen Linien für die praktische Züchtung. Solche Kreuzungen zwischen *Hordeum vulgare* und *H. bulbosum* führen jedoch nur bei Verwendung ganz bestimmter Klone der Wildgerste zu Haploiden, verwendet man andere, so entwickeln sich echte diploide Artbastarde (vgl. Abb. 2).

Die *Art- und Gattungsbastardierung* ist sicherlich so alt, wie die Versuche zu Kreuzung von Pflanzen überhaupt, denn die Kreuzbarkeit stellte ja eines der wesentlichen Kriterien für die systematische Ordnung der Arten dar. Schon vor Mendel wurde erstmals über die Erzeugung von Bastarden zwischen Weizen und Roggen (*Triticum* × *Secale* = *Triticale*) berichtet. Damit wurde ein neuer Weg der artübergreifenden Züchtung eingeleitet, der erst ein ganzes Jahrhundert später seine Früchte in Form anbauwürdiger Triticale-Sorten tragen sollte. Triticale als vollständiges Produkt von Weizen- und Roggenen hat heute vor allem in England und Polen sowie auch in Deutschland in begrenztem Umfang Eingang in die landwirtschaftliche Praxis gefunden. Viel früher schon sind jedoch sekundäre oder tertiäre Produkte aus Weizen-Roggen-Bastarden in der praktischen Züchtung verwendet worden. Aus frühen Arbeiten in Weihenstephan ist ein umfangreiches „Weizen“-Material entstanden, das sich u. a. durch das Vorhandensein von Roggenmerkmalen auszeichnet, wie etwa die Behaarung des Halmes („hairy neck“). Interessant war und ist dieses Material für die

Züchter jedoch primär wegen seiner Resistenzen gegen Mehltau und Rost. Weihenstephaner Untersuchungen an Chromosomen-Additionen, Substitutionen und Translokationen in Weizen-Roggen-Nachkommen haben beispielsweise gezeigt, daß in vielen Linien lediglich Roggenchromosom 1 oder ein Segment davon auffindbar ist. Dieses Segment besitzt offenbar einen besonderen Selektionsvorteil, u. a. aufgrund seiner Mehltau- und Rostresistenzgene. Leider enthält Chromosom 1R aber auch unerwünschte Gene, die Veränderungen der Kornproteine des Weizens mit sich bringen und so seine Verwertung für Qualitätsmehle ausschließen. Gene für die Hauptvorratsproteine, Glutenine und Gliadine, sind vor allem auf den homoeologen („verwandten“) Chromosomen-Gruppen 1 und 6 lokalisiert, z. B. auf Chromosom 1B. Die Schwierigkeiten der Züchtung von Weizen mit guter Backfähigkeit bei Anwesenheit des Roggensegments 1R beruhen daher auf der engen Kopplung erwünschter Gene, etwa für Krankheitsresistenz, mit einem Komplex von Genen für unerwünschte Proteinvarianten. Mit der Manipulation von Chromosomen oder Chromosomensegmenten – ein Weg, den man auch als „*Chromosomen-Engineering*“ bezeichnen könnte – konnte diese enge Kopplung bisher nicht aufgelöst werden.

Isolation, Manipulation und Übertragung von Genen

Was auf konventionellem Weg auch mit Hilfe langjähriger Rückkreuzungsprogramme bisher nicht erreichbar war, nämlich der Einbau einzelner, funktionseller Gene aus einer Sorte oder Art in eine andere, das erhofft man sich heute durch die *Gentechnik* (genetic engineer-

ing, vgl. Abb. 2). Darunter ist die gezielte Isolation, Manipulation und Übertragung physikalischer Gene in Form von DNS-Molekülen zu verstehen. Die Grundlagen dafür wurden seit der Aufklärung des genetischen Code (vgl. Tab. 1) in rascher Folge erarbeitet. Verschiedene molekulargenetische Systeme bieten sich heute auch bei Pflanzen für eine praktische Gentechnik an: solche, die den Einsatz geeigneter Vektoren erfordern – wie etwa das Ti (Tumor-induzierende)-Plasmid von *Agrobacterium tumefaciens* oder das Blumenkohl-Mosaik-Virus (Cauliflower Mosaic Virus, CaMV), aber auch sogenannte „vektorfremde“ Systeme. Letztgenannter Weg hat gerade in jüngster Zeit besonderes Aufsehen erregt. Beispielsweise ist es gelungen, ein Gen für Kanamycin-Resistenz aus Bakterien in den Tabak zu übertragen. Eine genetische Transformation mit Ti-Plasmid hat den Vorteil, daß sie an der intakten Pflanze durchgeführt werden kann, bisher aber eben praktisch nur bei Dikotyledonen. Dagegen ist der vektorfreie Transfer bis dato nur mit „nackten“ Zellen (Protoplasten) möglich, die bei Monokotyledonen bis vor kurzem nicht zu Pflanzen regeneriert werden konnten. In einer Reihe von jüngsten Veröffentlichungen wird jedoch über die erfolgreiche Regeneration von Reisprotoplasten berichtet, so daß es möglicherweise nur eine Frage der Zeit ist, bis man die offenstehenden technischen Probleme auch bei anderen Getreidearten lösen können. Das letztlich entscheidende Stadium der Ertragsprüfung ist jedoch bislang noch nicht erreicht worden.

Weit größere Hemmnisse für eine praktische Anwendung des „genetic engineering“, als sie die rein technischen Schwierigkeiten darstellen, könnten sich aus der genetischen Struktur der wich-

tigsten Leistungsmerkmale und des Ertrages ergeben. Denn es kann kein Zweifel darüber bestehen, daß viele über das gesamte Genom verteilte Gene an der Expression dieser Merkmale beteiligt sind. Dies gilt sicherlich auch für sogenannte quantitative Krankheitsresistenzen. Beispielsweise hat sich gezeigt, daß Gerstensorte eine ausgeprägte „horizontale“, „generelle“ oder „partielle“ Resistenz (gegen Mehltau) aufweisen kann, auch wenn keine eindeutig identifizierbaren Resistenzgene vorliegen. Beim Weizen konnte für die ausdauernde Mehlauresistenz der Sorte ‚Diplomat‘ eine Beteiligung von Resistenzgenen auf mindestens 14 verschiedenen Chromosomen nachgewiesen werden. Auf absehbare Zeit erscheint es zweifelhaft, ob so komplex vererbte Eigenschaften mit Hilfe der Gentechnik einfacher rekombinierbar und im züchterischen Sinne „verbesserbar“ sein werden als auf konventionellem Wege über sexuelle Kreuzungen.

Wandel der Methodik, Beständigkeit der Ziele

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die zurückliegenden Jahrzehnte für die Pflanzenzüchtung zweifellos gravierende Veränderungen und dabei entscheidende Verbesserungen der technischen Möglichkeiten gebracht haben: wie etwa die künstliche Mutagenese, die Polyploidisierung oder die Manipulation und Regeneration einzelner Zellen oder Organellen. Diese neuen Techniken haben Methodik und technischen Ablauf der Züchtung fortlaufend gewandelt, ihre Prinzipien und grundlegenden Ziele (Ertragshöhe, Ertragssicherheit/Resistenz und Qualität) dabei jedoch letztlich nicht verändert, sondern eher bestätigt. So werden auch heute noch die alt-

bewährten Zuchtmethoden, wie etwa die Pedigree- oder Stammbaum-Methode, in der Selbstbefruchterzüchtung praktiziert, mehr als sechs Jahrzehnte, nachdem sie in den ersten Hand- und Lehrbüchern beschrieben worden sind. Wandel und Kontinuität sind infolgedessen gleichrangige Bedingungen für den Fortschritt auch in der Pflanzenzüchtung: Bei sich wandelnden technischen Möglichkeiten werden die essentiellen Ziele stets mit Beständigkeit weiter verfolgt.

Literatur:

Fischbeck, G., Plarre, W., Schuster, W. (Hrsg.): Lehrbuch der Züchtung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Bd. 2. Berlin, Hamburg 1985. – Friedt, W.: Untersuchungen über die genetischen

Auswirkungen von Chromosomen- und Genommanipulationen und deren Bedeutung für die Getreidezüchtung. Habil.-Schrift. Bayreuth 1984. – Friedt, W.: Sechs Jahrzehnte Züchtungsforschung – Wandel und Kontinuität. Bayer. Landw. Jb., 1986. S. 433–445. – Fuchs, A.: Pflanzenzüchtung. Nutzpflanzen der Tropen und Subtropen Bd. IV. Leipzig 1980. – Horn, W./Jensen, C.J./Odenbach, W., Schieder, O. (Hrsg.): Genetic Manipulation in Plant Breeding. Berlin 1986. – Klingmüller, W.: Erbforschung heute. Weinheim 1982. – Kuckuck, H./Kobabe, G./Wenzel, G.: Grundzüge der Pflanzenzüchtung. Berlin/New York 1985. – Müntzing, A.: Triticale. Results and Problems. Berlin/Hamburg 1979. – Nitzsche, W., Wenzel, G.: Haploids in Plant Breeding. Berlin/Hamburg 1977. – Wienhues, F.: Gene aus Primitiv- und Wildformen in Kultursorten des Getreides. Frankfurt/M. 1970. – Zeller, F.J./Fischbeck, G.: Chromosomenadditionen, -substitutionen und -translokationen als Grundlagen für die Übertragung artfremden Erbmaterials in den Saatweizen (*Triticum aestivum* L.). Berlin/Hamburg 1974.