



praxisorientierte Weiterentwicklung erfahren. Zusammenfassend sind heute die im folgenden genannten „Bio-Techniken“ für mehr oder weniger gezielte Modifikationen von Einzelzellen oder Geweben verfügbar; erst wenn aus den modifizierten Zellen/Geweben auch intakte Pflanzen regeneriert werden können, sind diese Techniken auch für die Pflanzenzüchtung relevant (vgl. Abb. 1):

- (1) somatische Gewebe- oder Zellkultur zur schnellen Vermehrung über die Regeneration von Pflanzen aus Kallus, z. B. bei Kartoffel, Gerste und Weizen (vgl. Wenzel & Foroughi-Wehr, 1990) sowie Kruziferen-Arten (Brassicaceae, vgl. Jain et al., 1989).
- (2) Antheren- oder Mikrosporenkultur zur Regeneration haploider Pflanzen („Haploid-Technik“), z. B. bei Kartoffel und Raps (Wenzel et al., 1985), Gerste (Foroughi-Wehr & Wenzel, 1990) oder Lein (Nichterlein et al., 1989).
- (3) Kultur unreifer Embryonen (Embryokultur, „embryo rescue“) zur Erzeugung haploider Pflanzen aus weiten Kreuzungen, z. B. der Kulturgerste mit der Wildgerste *H. bulbosum* („Bulbosum-Methode“, vgl. Snape et al., 1986).
- (4) Embryokultur zur Rettung von „weiten“ Kreuzungen zwischen Kultur- und Wildformen, z. B. in der Familie der Poaceae (Gramineen: z. B. *Triticum x Secale* = Triticale) und in den Gattungen *Brassica*, *Linum* und *Helianthus* (Abb. 2; vgl. Kräuter und Friedt, 1989).
- (5) Protoplasten-Kultur und Regeneration für die Herstellung „asexueller“ Art- oder Gattungsbastarde, oder die gezielte Übertragung fremden genetischen Materials („Gentechnik), bisher v. a. in den Familien Solanaceae (Tabak, Kartoffel) und Brassicaceae (Kruziferen, Glimelius et al., 1986; Landgren und Glimelius, 1990).
- (6) Entwicklung indirekter, marker-gestützter Selektionsmethoden mit Hilfe molekularbiologischer Techniken – insbesondere über die Auswertung von „Restriktions-Fragment-Längen-Polymorphismen“ („RFLP-Technik“, vgl. Helentjaris et al., 1985; vgl. Abb. 3).
- (7) Anwendung der Gentechnologie (vgl. Dohmen, 1988) mit Hilfe geeigneter Vektorsysteme (z. B. *Agrobacterium tumefaciens*), bisher praktisch ausschließlich bei dikotyledonen Pflanzen – vor allem aus den Familien Solanaceae und Brassicaceae (siehe unten).

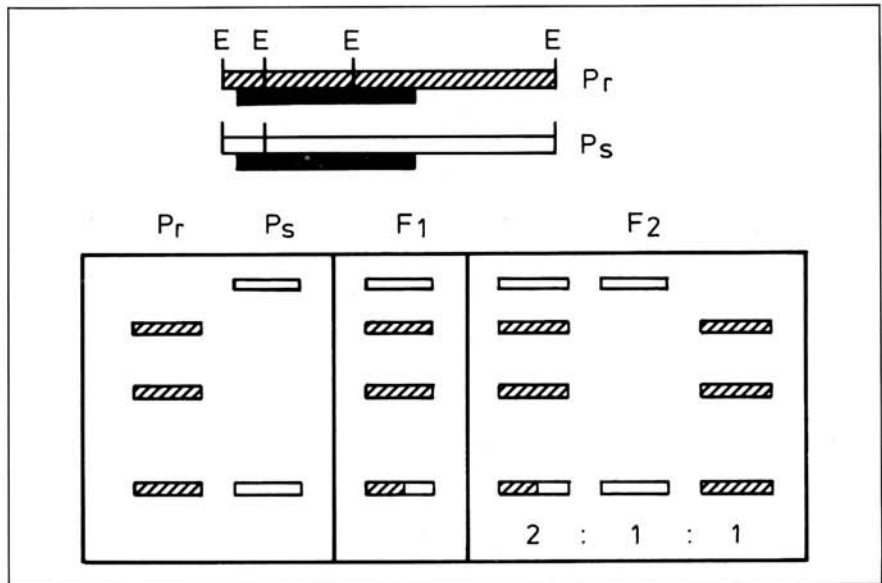


Abb. 3: Die RFLP-Technik (vgl. Graner, 1988) kann es ermöglichen, in frühen Züchtungsgenerationen unabhängig vom Zielmerkmal (z. B. Resistenz) eine – indirekte – Selektion erfolgreich durchzuführen. In dem schematischen Beispiel unterscheiden sich die beiden Eltern (Pr, Ps) durch ein Krankheits-Resistenzgen. Der betreffende DNS-Abschnitt weist eine unterschiedliche Zahl von Schnittstellen (eine bzw. zwei) eines Restriktionsenzym (E) auf. Für diesen DNS-Bereich ist eine Sonde – eine DNA-Kopie (cDNA) – verfügbar, die für die Selektion in der F2-Generation eingesetzt werden kann. Aufgrund der Größe der nach Restriktionsverdau erhaltenen DNS-Fragmente lassen sich diese elektrophoretisch auftrennen, so daß sich in der F2 bestimmte Muster, die Homozygotie (Elterntypen) oder Heterozygotie in dem betreffenden Gen (DNS-Abschnitt) anzeigen. Voraussetzung für die erfolgreiche Anwendung dieser Technik ist vor allem, daß eine ausreichende Zahl an DNA-Sonden für das „Screening“ zur Verfügung steht.

### Können Zell- und Gewebekultur-Techniken die pflanzenzüchterische Arbeit vereinfachen und beschleunigen helfen?

Der Einsatz von Zell- und Gewebekultur-Techniken in der Pflanzenzüchtung wird zwar zunehmend propagiert und teilweise auch schon praktiziert, bleibt aber noch immer durch genotypisch bedingte, weniger gute Reaktionen verschiedener Arten (z. B. Sonnenblume, vgl. Gürel et al., 1991) eingeschränkt; selbst bei generell gut reagierenden Arten ist z. T. eine beträchtliche Variation zwischen verschiedenen Genotypen feststellbar – z. B. beim Lein (Nichterlein et al., 1989). Aufgrund zahlreicher Untersuchungsergebnisse scheint „Gewebekulturtauglichkeit“ eine zwar komplexe, aber immerhin heritable (erbliche) Eigenschaft zu sein (z. B. Foroughi-Wehr & Friedt, 1984). Deshalb dürften Zuchtfortschritte hinsichtlich dieses Merkmals in Kombination mit agronomischen Leistungseigenschaften möglich sein. Tatsächlich haben verschiedene Untersuchungen bei Gerste und z. T.

auch bei Weizen und Roggen gezeigt, daß hochleistungsfähige Sorten, wie die Wintergerste „Igri“ oder die Ölleinsorte „Atalante“, bereits eine sehr gute androgenetische Eignung aufweisen (Foroughi-Wehr & Friedt, 1984; Nichterlein et al., 1989). Doppelhaploide Linien aus Kreuzungen solcher Sorten können durchaus mit konventionell selektierten Stämmen konkurrenzfähig sein (Friedt & Foroughi-Wehr, 1986; Foroughi-Wehr & Wenzel, 1990). Jüngste Fortschritte in Kultur und Regeneration von isolierten Mikrosporen bei Gramineen wie z. B. bei Weizen (Datta & Wenzel, 1987) deuten an, daß es in Zukunft möglich werden kann, im Ein-Zell-Stadium eine *in vitro*-Selektion – z. B. auf Krankheitsresistenz – durchzuführen (vgl. Wenzel & Foroughi-Wehr, 1990). Auch isolierte somatische Einzelzellen – „Protoplasten“ – könnten für einen praktischen Einsatz in der Getreide- und Maiszüchtung interessant werden, nachdem die Regeneration intakter Pflanzen aus Protoplasten nun auch bei diesen Arten wiederholt berichtet wurde (z. B. Moroz et al., 1990).

## Die Anwendung von Biotechniken ist nicht immer unproblematisch!

Der Einsatz der beschriebenen Biotechniken kann zweifellos neue Möglichkeiten für die Züchtungserforschung eröffnen – im Sinne einer Weiterentwicklung der klassischen Zuchtmethoden. Vor allem können solche Techniken dazu beitragen, die Züchtung in jungen Generationen zu beschleunigen und zu vereinfachen – z. B. durch Integration von Haploid-Schritten (s. o.). Abgekürzt wird dabei jedoch bestenfalls die Phase der Selektion in den spaltenden Generationen (Abb. 4, Schnell, 1985). Nicht verkürzt werden kann dagegen die Prüfungs-Phase der Sortenkandidaten; sie muß im Gegenteil möglicherweise noch intensiviert werden. Damit wird nach wie vor ein wesentlicher Aufwand an Zeit und Kapazität in der wiederholten Testung der selektierten Linien an möglichst vielen verschiedenen Standorten im möglichst vielen Jahren erforderlich sein, wodurch stets ein wesentlicher Teil des Zuchtganges in Anspruch genommen wird.

Die Anwendungsmöglichkeiten biotechnischer Züchtungsschritte werden zunächst im wesentlichen auf die „klassischen“ Objekte, d. h. vor allem Solanaceae (z. B. Tabak, Kar-

toffel und Tomate) und Brassicaceae (v. a. Raps, Rüben und Senf) sowie wenige andere, „reagierende“ Arten – wie die Gerste – beschränkt bleiben; unter den führenden Weltwirtschaftspflanzen ist also lediglich die Kartoffel einer „biotechnischen Züchtung“ heute schon sehr gut zugänglich. Selbst bei diesen sogenannten „in vitro Kultur-tauglichen“ Pflanzen ist jedoch das Problem der genotypisch bedingten, unterschiedlichen *in vitro*-Reaktion verschiedener Genotypen (z. B. Friedt et al., 1983) wohl nach wie vor für die züchterische Praxis noch nicht ganz zufriedenstellend gelöst. Aber darüber hinaus liegen zahlreiche Hinweise dafür vor, daß Regenerate aus Zell- und Gewebekulturen häufig Veränderungen aufweisen, die als „somaklonale Variation“ beschrieben werden. Nachdem solche Variation vielfach auf Veränderungen der Chromosomenzahl oder -struktur zurückgeführt werden konnte, haben Müller et al. (1990) nunmehr belegen können, daß auch molekulare Veränderungen an der DNA (z. B. Methylierung) somaklonale Variation verursachen können. Da solche Veränderungen häufig mit einer unerwünschten Beeinträchtigung von Leistungseigenschaften einhergehen, stellen sie ein unkalkulierbares Handicap für den Züchter dar.

## Was dürfen wir von der Gentechnik bzw. von molekularbiologischen Methoden für die Zukunft erwarten?

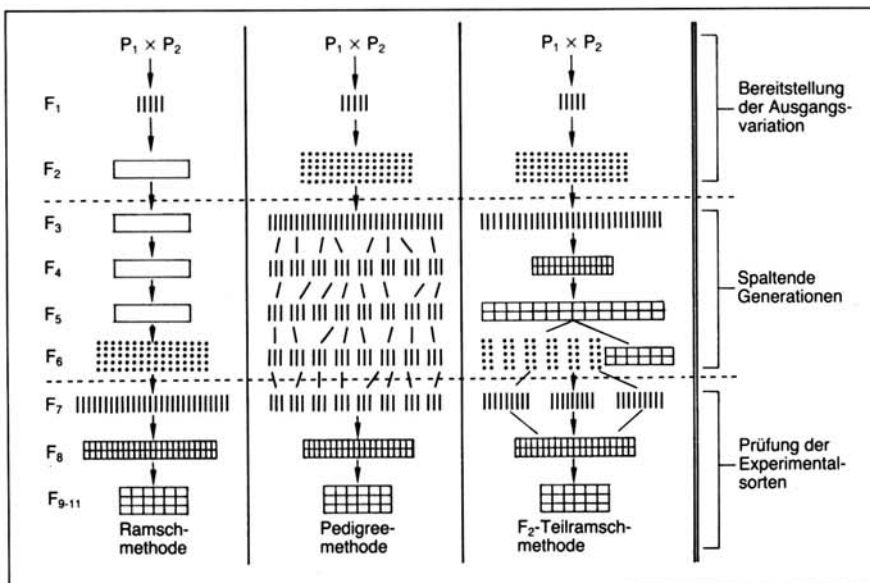
Als aussichtsreichste Systeme für die Anwendung der Gentechnik, d. h. die direkte Übertragung fremder genetischer Information (DNA) bei Nutzpflanzenarten kommen heute wohl in erster Linie drei Übertragungswege (Vektorsysteme) in Betracht (vgl. Beitrag Steinbiss in Dohmen, 1988):

(a) über die T-DNA (Ti-Plasmid) von Agrobakterien (*Agrobacterium tumefaciens*, vgl. u. a. Herrera-Estrella et al., 1984; Mariani et al., 1990),  
 (b) durch DNA pflanzlicher Viren (z. B. Cauliflower Mosaic virus, CaMV),

(c) mit Hilfe transponierbarer DNA-Sequenzen – sogenannter „Transposone“ oder Kontrollelemente.

Es gibt noch immer grundlegende Probleme, welche die Anwendungsmöglichkeiten von „Biotechniken“ – und damit auch der „Gentechnik“ – in der Züchtung wirtschaftlich wichtiger Nutzpflanzen, wie der Getreidearten, einschränken. Dazu gehört die nach wie vor nicht reproduzierbar – d. h. nach Belieben – mögliche Regeneration von intakten Pflanzen aus Protoplasten. Immerhin wurde in jüngerer Zeit wiederholt über die erfolgreiche Regeneration von Protoplasten beim Reis berichtet (z. B. Abdullah et al., 1986), so daß hier generell Fortschritte auch bei unseren einheimischen Getreidearten möglich sind. Damit könnte letztlich auch eine praktische Anwendung der Gentechnik, beispielsweise durch „vektorfreen“ Transport (Potrykus et al., 1985a,b), realisierbar werden. Für eine Transformation mit Hilfe von Agrobakterien schienen die Getreidearten zunächst nicht zugänglich zu sein, da sie wie fast alle Monokotyledonen (Ausnahme z. B. Hoykaas-van Slogteren et al., 1984) bisher nicht als Wirtspflanzen für *Agrobacterium tumefaciens* bekannt waren. Es ist zwar über die Transformation von Mais (*Zea mays*) mit *A. tumefaciens* berichtet worden (Graves und Goldman, 1986), die stabile Integration des Fremdgenes in das Mais-Genom bleibt jedoch nachzuweisen. Eine nutzbringende Anwendung der Gentechnik in der praktischen Getreidezüchtung ist daher vorerst noch ein Wunschgedanke.

Abb. 4: Der Züchtungsgang bei selbstbefruchtenden Pflanzen läßt sich in drei Phasen gliedern. Bio- und Gentechnik dürften im wesentlichen in der Bereitstellung der Ausgangsviariation von Bedeutung sein. Dagegen wird die markergestützte Selektion – z. B. mit RFLP – in den spaltenden Generationen als sehr aussichtsreich bewertet.



**Die Einsatzmöglichkeiten der „Gentechnik“ in der Pflanzenzüchtung werden voraussichtlich begrenzt bleiben!**

Grenzen ganz anderer, grundsätzlicher Natur sind der praktischen Anwendung der Gentechnik in der Pflanzenzüchtung wohl auch in Zukunft durch die quantitativ-genetische Struktur vieler züchterischer Zielmerkmale, wie Ertragshöhe und Ertragsstruktur, vorgegeben. Zweifellos ist die qualitative und quantitative Ausprägung vieler morphologischer und physiologischer Merkmale durch nachweisbare Haupt-Effekte einzelner Gene bestimmt. Viele solcher „Majorgene“ sind mit Hilfe klassisch-genetischer Methoden den betreffenden Chromosomen zugeordnet und dort z. T. relativ genau lokalisiert worden; so konnten recht umfangreiche und detaillierte Gen- oder Chromosomenkarten für Tomate, Mais oder Gerste zusammengestellt werden. Nur wenigen dieser Genloci kommt jedoch eine wesentliche Bedeutung für die agronomische Leistung der Pflanzen zu, wie es z. B. für Gene, welche die Reaktion gegen Krankheiten beeinflussen, zutrifft (z. B. Gene für Resistenz gegen *Erysiphe graminis*, vgl. Wolfe & Limpert, 1987). Die Mehrzahl der Gene – sogenannte „Marker-Gene“ – ist jedoch lediglich wegen ihrer deutlichen morphologischen Effekte, d. h. ihrer guten Eignung als genetische Marker, für die Erforschung der Genetik von Wert gewesen (z. B. die große Zahl von Chlorophyllmutationen).

Ein direkter Zugriff auf die strukturellen Gene, also die kodierende

DNA, ist indes mit der Kenntnis der chromosomalen Position der Gene allein noch nicht möglich. Mit Hilfe geeigneter „Gensonden“ gelingt es heute jedoch, immer mehr relevante Gene als DNA-Sequenzen zu fassen. Der derzeit noch feststellbare Mangel an verfügbaren physikalischen Genen bei wichtigen landwirtschaftlichen Nutzpflanzen wird also mit zunehmendem gentechnischen Fortschritt behoben werden können. Schon heute ist die Züchtung einer besonderen Kategorie von Resistenz, der „Herbizid-Resistenz“, in greifbare Nähe gerückt; an dieser nicht nur für die chemische Industrie, sondern auch für die Landwirtschaft so interessante Eigenschaft wird an verschiedenen Stellen intensiv gearbeitet (Zitat).

Eine prinzipiell schwerwiegende Begrenzung für den Einsatz der Gentechnik ist zweifellos die schon erwähnte Tatsache, daß viele agronomische Leistungseigenschaften polygenischer Natur sind, also durch zahlreiche, über das gesamte Genom verteilte Gene – mit mehr oder weniger starken Effekten auf die Merkmalsausprägung – determiniert sind. Dies ergibt sich allein schon aus der morphologischen oder physiologischen Struktur vieler Leistungsmerkmale; beispielsweise ergibt sich der Flächenertrag des Rapses aus der Multiplikation folgender Ertragskomponenten: Einzelkorngewicht × Anzahl Körner pro Schote × Anzahl Schoten pro Trieb × Anzahl Triebe pro Pflanze × Anzahl Pflanzen pro Flächeneinheit. Die Effekte vieler einzelner Gene können sich dabei im Hinblick auf die Quantität des Merkmals addieren, wie es erwiesenermaßen für den Ertrag zutrifft, aber

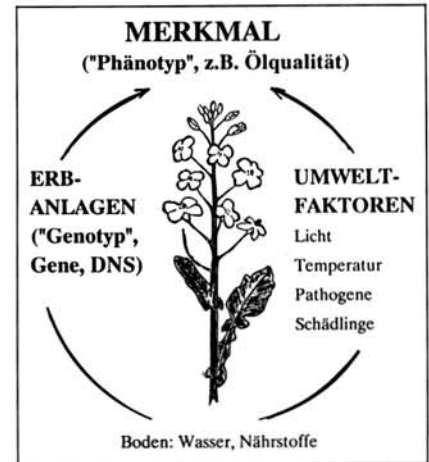


Abb. 5: Die Ausprägung des Genotyps („Genexpression“) erfolgt immer in Wechselwirkung mit „Umweltfaktoren“. Der Phänotyp stellt also das Ergebnis der Effekte vielfältiger Einflußgrößen dar. Dadurch wird die Erfassung des genotypischen Wertes – des „Erbwertes“ – anhand des phänotypischen Wertes erschwert. Der Anteil der durch den Genotyp verursachten – also der „wahren“ genetischen – Variation an der Gesamtvariation (der phänotypischen Variation) wird auch als „Heritabilität“ (Erblichkeitsmaß) bezeichnet.

zweifellos auch für andere quantitative Merkmale wie etwa „partielle“ Resistenzen gegen Pilzpathogene (z. B. Chae & Fischbeck, 1979). Solche polygenisch vererbten Merkmale werden zusätzlich in z. T. beträchtlichem Maße durch Umweltfaktoren (Temperatur, Nährstoffversorgung, etc.) modifiziert. Aufgrund des Zusammenwirkens beider Einflußgrößen, Genotyp und Umwelt (Abb. 5), kommt eine charakteristische, kontinuierliche (quantitative) Merkmalsvariation zustande.

Die züchterische Selektion auf solche Merkmale ist schwierig, da die

relativen Beiträge von Genotyp und Umwelt zur Merkmalsausprägung zunächst (v. a. in jungen Generationen) nicht oder nur schwer differenzierbar sind. Der phänotypische Wert läßt also nicht unmittelbar auf den genotypischen Wert („Zuchtwert“) schließen; aus dem Erscheinungsbild eines Individuums oder einer Linie kann mithin nicht unmittelbar auf seine erbliche Leistung geschlossen werden. Unter diesen Voraussetzungen wird die einmalige Auslese auf den Phänotyp nur teilweise zum angestrebten Erfolg führen, und zwar um so eher, je ausgeprägter die Erbllichkeit („Heritabilität“) des betreffenden Merkmals ist (vgl. Abb. 5). Die phänotypische Leistung der Nachkommenschaft zeigt danach stets einen je nach Heritabilität mehr oder weniger ausgeprägten „Rückschlag“ auf den genotypischen Wert, der selbst nach wiederholter Auslese auf den Phänotyp nur annähernd erreicht wird.

Der genotypische Wert kann nur mit Hilfe quantitativ-genetischer Methoden aus mehrortigen und mehrjährigen Leistungsprägungen *geschätzt* werden, und zwar mit zunehmender Zahl von Umwelten (Orte, Jahre) genauer. Das gilt für jedes quantitative Merkmal bei beliebigen Pflanzenarten und unabhängig davon, mit welcher Züchtungsmethode sie entwickelt worden sind. Für die Züchtung auf solche Merkmale läßt der Einsatz der Gentechnik auf absehbare Zeit keine entscheidenden Vorteile gegenüber konventionellen Züchtmethoden erwarten (vgl. auch Friedt, 1988; 1989).

### Zusammenfassung und Perspektiven für die Zukunft

Obwohl die Einführung molekularbiologischer Techniken in Form der Gentechnologie in die pflanzenzüchterische Praxis seit geraumer Zeit propagiert wird und heute zunehmend mehr realisierbar erscheint, konnte dieser „Technologie-Transfer“ aus den geschilderten Gründen noch nicht vollzogen werden.

Im wesentlichen wird der Einsatz von Bio- und Gentechniken in der Pflanzenzüchtung heute noch durch folgende technischen Hindernisse gehemmt bzw. durch grundsätzliche Grenzen limitiert:

1. nicht gegebene oder unbefriedigende Regenerierbarkeit von Geweben, vor allem aber von Einzel-Zel-

len und Protoplasten bei Monokotyledonen, insbesondere bei den Poaceae (inkl. Getreidearten);

2. nicht gegebene oder unzureichende Infektiosität von Agrobakterien bei Poaceen;

3. polygenische Natur vieler Leistungseigenschaften (quantitative Merkmale);

4. Erfordernis der Prüfung in mehreren Umwelten, d. h. Jahren und Lokalitäten zur Schätzung erblich bedingter vs. umweltabhängiger Varianzanteile.

Kommerzielle Pflanzenzüchtung wird daher heute noch weitgehend „konventionell“ praktiziert – und zwar äußerst erfolgreich. Die grundlegenden biologisch-genetischen und biometrischen Gesetzmäßigkeiten sind den Pflanzenzüchtern dabei wohlbekannt, werden jedoch in der Praxis wenig gebraucht. Nach wie vor basiert Pflanzenzüchtung, als mehr oder weniger routinemäßig betriebene Sortenzüchtung, wie sie seit mehr als einem Jahrhundert praktiziert wird, auf klassischer Manipulation von Genen „en masse“, also ganzer Genome, ohne daß dabei die Wirkung einzelner Gene auf die wichtigen quantitativen Merkmale (Kornertrag etc.) im einzelnen erfaßbar wäre. Für diese Art von Merkmalen, die in der züchterischen Bearbeitung vorrangig zu behandeln sind, wird dies wohl auch auf absehbare Zeit so bleiben.

Dagegen dürfte die genetische Manipulation mono- oder oligogen vererbter Merkmale – wie etwa von Krankheitsresistenzen oder anderen wichtigen Eigenschaften – in näherer Zukunft durchaus auch in der praktischen Pflanzenzüchtung realisierbar werden, so wie sie sich heute schon bei Solanaceae (Beispiel Kartoffel, vgl. Rosahl et al., 1986) oder bei Brassicaceae (Beispiel Raps, z. B. Mariani et al., 1990) abzeichnet.

Die Einsatzmöglichkeiten der Biotechnologie in der Getreidezüchtung bleiben zwar im wesentlichen auf Gewebe- und Zellkulturtechniken beschränkt. Da die technischen Hemmnisse jedoch überwindbar scheinen, dürfte es auch bei den Getreidearten eine Frage der Zeit bleiben, bis beispielsweise hoch-heritable (monogenische) Krankheits- und Streß-Resistenzen gentechnisch verbessert werden können. Dagegen ist für die schwierige Züchtung auf polygenisch vererbte, quantitative Merkmale mit geringer Heritabilität

auf absehbare Zeit wenig direkte Hilfe durch die Gentechnik – d. h. durch die Übertragung einzelner Gene – zu erwarten. Andererseits kann jedoch als sicher gelten, daß molekulargenetische Techniken – wie die erwähnte RFLP-Technik – schon sehr bald routinemäßig in vielen Zuchtprogrammen bei der schwierigen Selektion in frühen Generationen hilfreichen Einsatz finden werden. Die in rascher Folge zunehmenden Befunde über den grundsätzlichen (z. B. Helentjaris et al., 1985) und züchtungspraktischen Nutzen (Godshalk et al., 1990; Smith et al., 1990) der „RFLP-Technik“ belegen, daß eine Frühselektion von Linien mit herausragender Kombinations-eignung wenigstens beim Mais aufgrund molekulargenetisch ermittelter Verwandtschaftsgrade durchaus möglich und vielversprechend ist. Die intensive Forschungstätigkeit auf diesem Gebiet wird sicher dazu führen, daß dieses Instrumentarium auch bei anderen, bedeutenden Nutzpflanzenarten in absehbarer Zeit Anwendung finden wird.

### Ausgewählte Literatur

- Abdullah, R., Cocking, E. C., Thomson, J. A.: Efficient plant regeneration from rice protoplast through somatic embryogenesis. *Biotechnology* 4: 1087–1090 (1986).
- Chae, Y.-A., Fischbeck, G.: Genetic Analysis of Powdery Mildew Resistance in Wheat Cultivar „Diplomat“. *Z. Pflanzenzüchtg.* 83: 272–280 (1979).
- Datta, S. K., Wenzel, G.: Isolated microspore-derived plant formation via embryogenesis in *Triticum aestivum* L. *Plant Science* 48, 49–54 (1979).
- Dohmen, K. (Hrsg.): *Gentechnologie – Die andere Schöpfung?* J. B. Metzler, Stuttgart, 176 S. (1988).
- Fischbeck, G., Plarre, W., Schuster, W.: *Lehrbuch der Züchtung Landwirtschaftlicher Kulturpflanzen*. Bd. 2: Spezieller Teil. P. Parey Verl., Berlin u. Hamburg (1985).
- Foroughi-Wehr, B., Friedt, W.: Rapid production of recombinant barley yellow mosaic virus resistant *Hordeum vulgare* lines by anther culture. *Theor. Appl. Genet.* 67, 377–382 (1984).
- Foroughi-Wehr, B., Wenzel, G.: Recurrent selection alternating with haploid steps – a rapid breeding procedure for combining agronomic traits in inbreeders. *Theor. Appl. Genet.* 80, 564–568 (1990).
- Friedt, W.: Bio- und gentechnische Pflanzenzüchtung – Hemmnisse, Grenzen und Perspektiven. In: Dohmen, K. (Hrsg.), *Gentechnologie – Die andere Schöpfung?* 68–78. J. B. Metzler, Stuttgart (1988).
- Friedt, W.: Trends und Anwendungsfelder der Biotechnologie in der Pflanzenzüchtung der nächsten 10 bis 15 Jahre. In: Albrecht, S. (Hrsg.), *Die Zukunft der Nutzpflanzen, Gentechnologie: Chancen und Risiken*, Bd. 24, 223 S. (1990).
- Friedt, W., Foroughi-Wehr, B.: Agronomic value of androgenetic doubled haploid lines as compared to conventionally selected spring bar-

- ley: In: Horn, W., Jensen, C. J., Odenbach, W., Schieder, O. (Hrsg.), *Genetic Manipulation in Plant Breeding*, 299–302. W. de Gruyter, Berlin-New York (1986).
- Friedt, W., Lind, V., Walther, H., Foroughi-Wehr, B., Züchner, S., Wenzel, G.: The value of inbred lines derived from *Secale cereale* x *S. vavilovii* via classical inbreeding and androgenetic haploids. *Z. Pflanzenzüchtg.* 91, 89–103 (1983).
- Glimelius, K., Fahlesson, J., Sjödin, C., Sundberg, E., Djupsjöbacka, M.: Somatic hybridization and cybridization as potential methods for widening of the gene-pools within Brassicaceae and Solanaceae. In: Horn, W., Jensen, C. J., Odenbach, W., Schieder, O. (Hrsg.), *Genetic Manipulation in Plant Breeding*, 663–682. W. de Gruyter, Berlin-New York (1986).
- Godshalk, E. B., Lee, M., Lamkey, K. R.: Relationship of restriction fragment length polymorphisms to single-cross hybrid performance of maize. *Theor. Appl. Genet.* 80: 273–280 (1990).
- Graner, A.: Angewandte Gentechnologie in der Resistenzzüchtung am Beispiel der Spindelknollensucht der Kartoffel. *Vortr. Pflanzenzüchtg.* 13, 213–221 (1988).
- Graves, A. C. F., Goldman, S. L.: The transformation of *Zea mays* seedlings with *Agrobacterium tumefaciens*. *Plant Molecular Biology* 7, 43–50 (1986).
- Gürel, A., Nichterlein, K., Friedt, W.: Plant regeneration from anther culture of sunflower (*Helianthus annuus*) and some interspecific hybrids as affected by genotype and culture procedure. *Plant Breeding* (im Druck, 1990).
- Jain, R. K., Brune, U., Friedt, W.: Plant regeneration from in vitro cultures of anthers and cotyledon explants of *Sinapis alba* and its implications on breeding of crucifers. *Euphytica* 43, 153–163 (1989).
- Helentjaris, T., King, G., Slocum, M., Siedenstrang, C., Wegman, S.: Restriction fragment polymorphisms as probes for diversity and their developments as tools for applied plant breeding. *Plant Molecular Biology* 5: 109–118 (1985).
- Herrera-Estrella, L., van den Broek, G., Maenhaut, R., van Montagu, M., Schell, J.: Light-inducible and chloroplast-associated expression of a chimaeric gene introduced into *Nicotiana tabacum* using a Ti plasmid vector. *Nature* 310, 115–120 (1984).
- Hooykaas-van Slogteren, G. M. S., Hooykaas, P. J. J., Schilperoort, R. A.: Expression of Ti plasmid genes in monocotyledonous plants infected with *Agrobacterium tumefaciens*. *Nature* 311, 763–764 (1984).
- Kräuter, R.: Untersuchungen über interspezifische Hybridisierung in der Gattung *Helianthus* mit Hilfe von „embryo rescue“ und Charakterisierung der erstellten Hybriden. Dissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen, 130 S. (1990).
- Landgren, M., Glimelius, K.: Analysis of chloroplast and mitochondrial segregation in three different combinations of somatic hybrids produced within Brassicaceae. *Theor. Appl. Genet.* 80, 776–784 (1990).
- Mariani, C., de Beuckeleer, M., Truettner, J., Leemans, J., Goldberg, R. B.: Induction of male sterility in plants by a chimaeric ribonuclease gene. *Nature* 347, 737–741 (1990).
- Morocz, S., Donn, G., Nemeth, J., Dudits, D.: An improved system to obtain fertile regenerants via maize protoplasts isolated from a highly embryogenic suspension culture. *Theor. Appl. Genet.* 80, 721–726 (1990).
- Müller, E., Brown, P. T. H., Hartke, S., Lörz, H.: DNA variation in tissue-culture-derived rice plants. *Theor. Appl. Genet.* 80, 673–679 (1990).
- Nichterlein, K., Nickel, M., Umbach, H., Friedt, W.: Recent progress and prospects of biotechnology in breeding of linseed (*Linum usitatissimum* L.). *Fat Sci. Technol.* 91, 272–275 (1989).
- Potrykus, I., Shillito, R. D., Saul, M. W., Paszkowski, J.: Direct gene transfer – state of the art and future potential. *Plant Molec. Biol. Rep.* 3, 117–128 (1985a).
- Potrykus, I., Paszkowski, J.: Saul, M. W., Petruska, J., Shillito, R. D.: Molecular and general genetics of a hybrid foreign gene introduced into tobacco by direct gene transfer. *Mol. Gen. Genet.* 199, 169–177 (1985).
- Rosahl, S., Schmidt, R., Schell, J., Willmitzer, L.: Isolation and characterization of gene from *Solanum tuberosum* encoding patatin, the major storage protein of potato tubers. *Mol. Gen. Genet.* 203, 214–220 (1985).
- Schell, F. W.: Zuchtmethodische Prinzipien und Probleme bei vegetativer Vermehrung. *Vortr. Pflanzenzüchtg.* 8, 5–15 (1985).
- Simmonds, N. W.: Principles of Crop Improvement. Longman, London–New York, 408 S. (1979).
- Simmonds, N. W.: Gene manipulation and plant breeding. In: Gustafson, J. P., Ed. *Gene Manipulation in Plant Improvement*. Plenum Press, New York (1984).
- Smith, O. S., Smith, J. S. C., Bowen, S. L., Tenborg, R. A., Wall, S. L.: Similarities among a group of elite maize inbreds as measured by pedigree, F<sub>1</sub> grain yield, grain yield, heterosis, and RFLPs. *Theor. Appl. Genet.* 80: 833–840 (1990).
- Snape, J. W., Simpson, E., Parker, B. B., Friedt, T. W., Foroughi-Wehr, B.: Criteria for the selection and use of doubled haploid systems in cereal breeding programs. In: Horn, W., Jensen, C. J., Odenbach, W., Schieder O. (Hrsg.) *Genetic Manipulation in Plant Breeding*, 217–228. W. de Gruyter, Berlin–New York (1986).
- Wenzel, G., Foroughi-Wehr, B.: Progeny tests of barley, wheat, and potato regenerated from cell cultures after in vitro selection for disease resistance. *Theor. Appl. Genet.* 80, 359–365 (1990).
- Wenzel, G., Foroughi-Wehr, B., Friedt, W., Köhler, F., Oo, T.: Cell and tissue culture as supplementary tools in plant breeding exemplified in potato, oilseed rape and barley. *Hereditas Suppl.* 3, 15–25 (1985).
- Wolfe, M. S., Limpert, E. (Hrsg.): *Integrated Control of Cereal Mildews: Monitoring the Pathogen*. Martinus Nijhoff Publ., Dordrecht-Boston-Lancaster, 146 S. (1987).

Anschrift des Verfassers:  
 Prof. Dr. Wolfgang Friedt,  
 Institut für Pflanzenbau u. Pflanzenzüchtung I,  
 Justus-Liebig-Universität Gießen,  
 Ludwigstr. 23,  
 W-6300 Gießen