

Die Sonnenblume – mehr als nur eine Zierpflanze

Sonnenblumenöl als nachwachsender Rohstoff

Von Wolfgang Friedt

Am Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I der Justus-Liebig-Universität werden seit mehr als vier Jahrzehnten verschiedene Ölpflanzen gezüchtet – darunter die Sonnenblume (*Helianthus annuus*). Seit fünf Jahren werden zell- und molekularbiologische Techniken – ein methodisches Repertoire aus der „Biotechnologie“ – für die Anwendung bei der Sonnenblume weiterentwickelt und in der Züchtung von „Basismaterial“ für nachwachsende Rohstoffe erprobt. Ziel ist es, neue Genotypen zu entwickeln, die als Grundstoffe für die oleochemische Entwicklung neuer Materialien auf pflanzlicher Basis geeignet sind.

Pflanzliche Öle finden bisher noch vor allem im Nahrungsmittelbereich Verwendung. Das Sonnenblumenöl ist dabei aufgrund seiner günstigen Fettsäurezusammensetzung als eines der wertvollsten Speiseöle zu betrachten. Inzwischen eröffnen sich für Pflanzenöl oder -fett auch zunehmend alternative Verwertungsrichtungen – insbesondere als Grundstoff für die Oleochemie (vgl. Tabelle 1). Auch für diese Zwecke ist die Sonnenblume, neben Raps und Öllein, die interessanteste Ölpflanze für mitteleuropäische Anbauverhältnisse. Bei der Sonnenblume sind es vor allem die Ölsäure (Kurzschreibweise C18:1) und die Linolsäure (C18:2), aus denen die Samenlipide (Triglyzeride) zusammengesetzt sind (vgl. Abb. 1a, b). Die Fettsäurezusammensetzung des Öles – und hierbei insbesondere die jeweilige Hauptfettsäure – bestimmt den jeweiligen Verwendungszweck (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Verwendungsmöglichkeiten der Fettsäuren im Sonnenblumenöl

Hauptfettsäuren	Verwendungszwecke
Linolsäure (C18:2)	Speiseöle Diätmargarine
Ölsäure (C18:1)	Fritierfette Verwendung in der Oleochemie – kurzkettige Fettsäuren – Erdölersatz (Treibstoffe, Olefine)

Während für die Qualität des Speiseöls insbesondere die Linolsäure – auch als Vitamin F bekannt – wertgebend ist, stellt für chemische Reaktionen und Weiterverarbeitungen insbesondere die Ölsäure die wertbestimmende Fettsäure dar. In der o. g. Kurzschreibweise deutet sich an, daß es sich um Fettsäureketten mit 18 Kohlenstoffatomen handelt, wobei die Linolsäure zwei, die Ölsäure dagegen nur eine ungesättigte Doppelbindung aufweist. Der Grad der chemischen Sättigung ist maßgebend für die Reaktionsfähigkeit der Fettsäure und damit für die jeweilige Verwendung.

Wie bereits angedeutet, sind neue Sonnenblumen-Sorten mit unterschiedlichster Ölqualität auf züchterischem Wege durchaus realisierbar. Primäres Ziel der Züchtung ist ein möglichst hoher Ertrag. Dafür ist auch eine ausreichende Stabilität notwendig, d.h., daß unter verschiedenen Bedingungen – also Standorten und Jahren mit variierendem Witterungsverlauf und Krankheitsbefall – etwa gleiche Erträge erwartet werden können. Und schließlich wird von dem erzeugten Erntegut eine zufriedenstellende Qualität z.B. des Öles verlangt, damit es von der weiterverarbeitenden Industrie und vom Endverbraucher akzeptiert wird.

Genetische Grundlagen für die Züchtung

Die Sonnenblumensaat für den landwirtschaftlichen Anbau besteht heute ausschließlich aus

vitalen und leistungsfähigen „Hybriden“; das sind Sorten, die aus der gezielten Kreuzung zweier oder mehrerer geeigneter Linien resultieren. „Geeignete“ Linien sind solche, die eine gute Kombinationsfähigkeit aufweisen, d.h. in der Kreuzung besondere Leistungsvorteile aufweisen. Die kommerzielle Erzeugung von Hybridsaatgut wird durch die Verwendung männlich steriler Mutterlinien ermöglicht; es handelt sich dabei um sogenannte CMS-Linien (CMS = cytoplasmatische männliche Sterilität). CMS führt dazu, daß in den Blüten keine funktionsfähigen Staubgefäße und damit keine befruchtungsfähigen Pollen gebildet werden. Wie wir heute wissen, kommt cytoplasmatische männliche Sterilität durch Wechselwirkungen zwischen Genen im Zellplasma – genauer in den Mitochondrien, den „Kraftwerken“ der Zelle, – und Erbanlagen im Zellkern, der „Schalt- und Steuerzentrale“ zustande (vgl. Abb. 2 und 3). Die Art und Weise dieser Wechselwirkungen ist noch nicht genau geklärt. Sicher ist nur, daß sowohl Gene aus dem Zellkern – d.h. der Kern-DNS (nDNA) – als auch mitochondrielle Gene (MtDNA) an der Ausprägung der cytoplasmatischen männlichen Sterilität beteiligt sind. Neueste Befunde der Gießener Pflanzenphysiologen um Professor Klaus Zetsche (Fachbereich Biologie) verdeutlichen, daß die Erbsubstanz der Mitochondrien von CMS-Linien im Vergleich zu „normalen“, fertilen Linien strukturelle Unterschiede aufweist. Vermutlich ist das Produkt eines bestimmten Mitochondriengens – d.h. ein Protein – als Botenstoff bei der Auslösung von CMS beteiligt. Weitere molekularbiologische Untersuchungen im Rahmen eines Schwerpunktprogrammes der DFG mit dem zentralen Thema „Genetische Mechanismen für die Hybridzüchtung“ sollen den vollständigen Wirkungsmechanismus aufklären helfen.

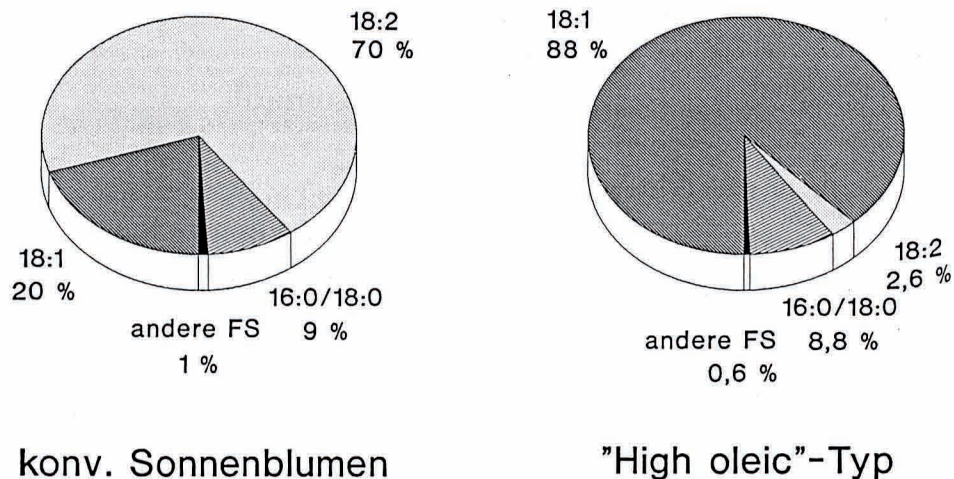


Abb. 1: a) Vergleich der Fettsäuremuster von herkömmlichen („konventionellen“) Sonnenblumen und „High oleic“-Typen.

Für die Erzeugung von fertilen Hybriden (vgl. Abb. 4) benötigt man Vaterlinien, die die Sterilität wieder aufheben („restaurieren“) können – sogenannte „Restorerlinien“. Diese besitzen im Zellkern bestimmte, dominant wirkende Gene, die wiederum in Wechselwirkung mit mt-Genen für funktionsfähige Pollen sorgen.

Nur die besten Mutter- und Vaterlinien, die u.a. widerstandsfähig gegen Krankheitserreger sein müssen, ergeben aufgrund ihrer guten Kombinationseignung sehr gute Hybriden. Folglich finden solche Eltern sehr häufig Verwendung in der Hybridzüchtung. Diese Vorgehensweise bedingt eine immer stärkere Einengung der genetischen Vielfalt (Variabilität), die u.U. eine zunehmende Anfälligkeit gegen verschiedene Krankheitserreger zur Folge haben kann. Daraus ergibt sich dann die Notwendigkeit erhöhter Aufwendungen zur Gesunderhaltung oder Therapie der Pflanzen – z.B. mit chemischen Pflanzenschutzmitteln.

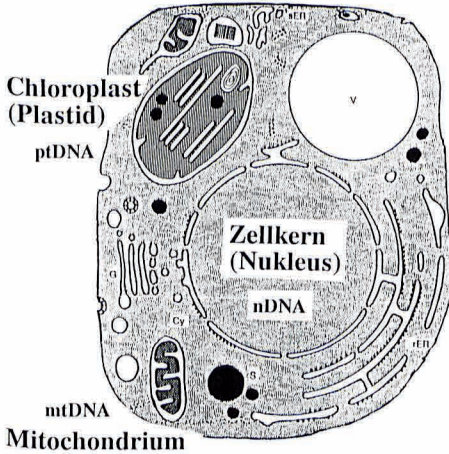


Abb. 3: Schematische Darstellung einer Zelle zur Verdeutlichung der genetischen Wechselwirkungen zwischen dem Zellkern und den Mitochondrien.

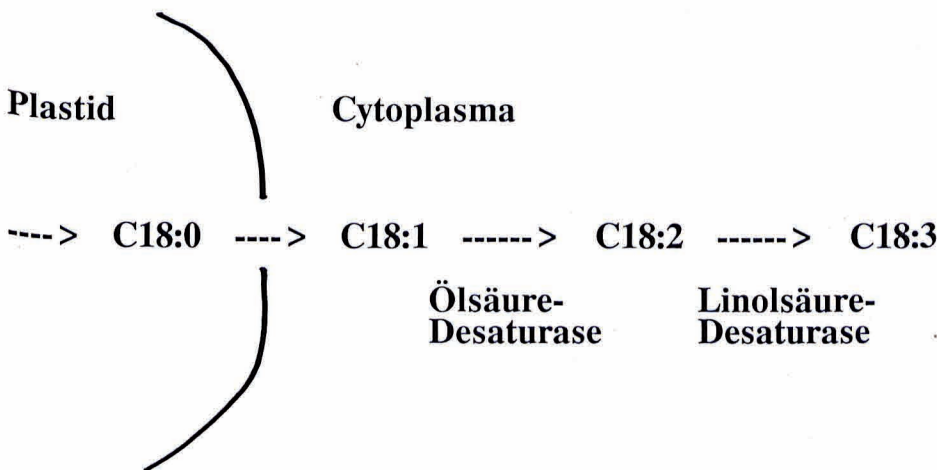


Abb. 1: b) Stark vereinfachtes Schema der Fettsäure(FS)-Biosynthese bei der Sonnenblume: Über zyklische Verlängerungsschritte im Plastiden entsteht letzten Endes die gesättigte FS Stearinsäure (C18:0); daraus wird im Cytosol (Plasma) durch Desaturation zuerst die Ölsäure, aus der durch weitere Desaturationen zunächst die Linol- und schließlich die Linolensäure entsteht.



Abb. 2: Blütenkörbe; links: fertile Pflanze – in den Röhrenblüten sind die dunkel erscheinenden Staubbeutel (Antheren) deutlich erkennbar; rechts: cytoplasmatisch männlich sterile (cms) Pflanze, im Blütenkorb sind nur Röhrenblüten mit entfalteten Narbenästen – jedoch keine Staubgefäße – zu sehen.

Erhaltung der genetischen Vielfalt

Dieser Entwicklung versucht man durch eine grundlegende Erweiterung der genetischen Variabilität in der Kulturform (*Helianthus annuus*) entgegenzuwirken. Zu diesem Zwecke werden Kultursorten mit verwandten Wildformen aus der Gattung *Helianthus* gekreuzt. Hierdurch kann z.B. eine weiter

modifizierte Ölqualität oder eine verbesserte Gesundheit erzielt werden. Die Anwendung von Zell- und Gewebekulturtechniken im Laufe eines Züchtungsprogrammes trägt dazu bei, den Zuchtgang zu beschleunigen und damit die angestrebten Ziele schneller zu realisieren. Beispielsweise erlaubt die sogenannte Embryokultur-Technik („embryo rescue“) eine erfolgreiche Aufzucht interspezifischer Bastarde – sogenannter „weiter Kreuzungen“. Hierbei werden heranwachsende, noch unreife Embryonen aus dem Fruchtknoten der befruchteten, mütterlichen Blüte in einem frühen Entwicklungsstadium herauspräpariert und unter keimfreien Bedingungen im Labor (*in vitro*) zur Pflanze herangezogen (Abb. 5a–d). Dieser „Umweg“ ist deshalb erforderlich, weil solche weiten Kreuzungen wegen geringer Vitalität und Lebensfähigkeit der Embryonen unter natürlichen Bedingungen nur sehr schwer gewonnen werden können. Es treten Unverträglichkeitsreaktionen auf, die ein Ausreifen intakter Samen behindern. Ferner ist durch die Aufzucht der Embryonen *in vitro* die Möglichkeit gegeben, vier bis fünf Generationen pro Jahr zu erzeugen, wodurch der Zuchtgang erheblich verkürzt werden kann.

Weitere „Biotechniken“ können hierbei zusätzlich hilfreich sein. So erlaubt die *in vitro*-Kultur von Antheren oder Pollen (Mikrosporen) eine rasche Gewinnung reinerbiger (homozygoter) Linien von heterozygoten (gemischterbigen) Spenderpflanzen aus Kreuzungen verschiedener Eltern. Aus den

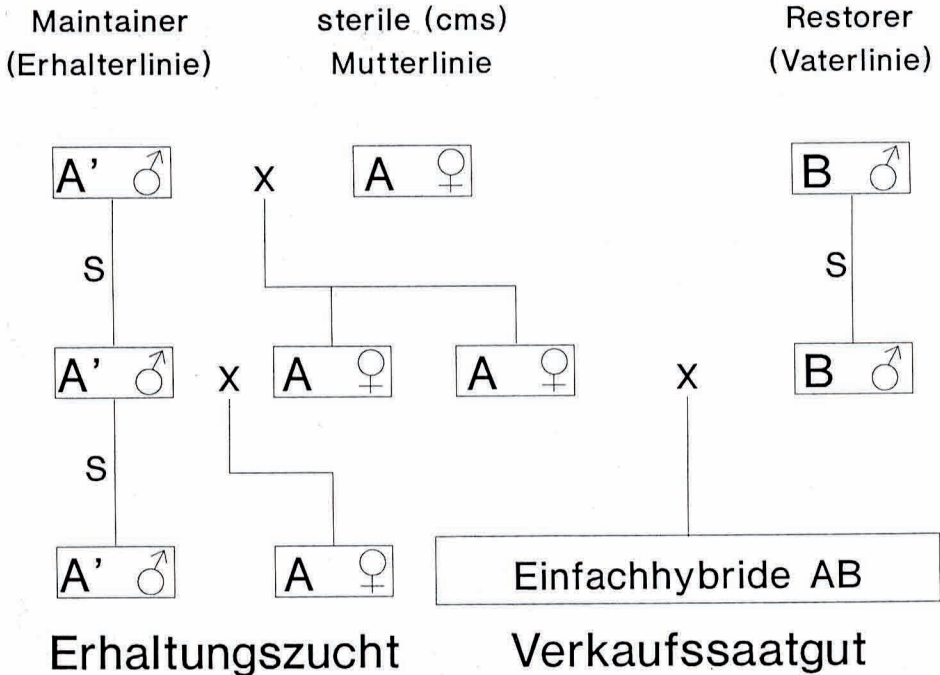
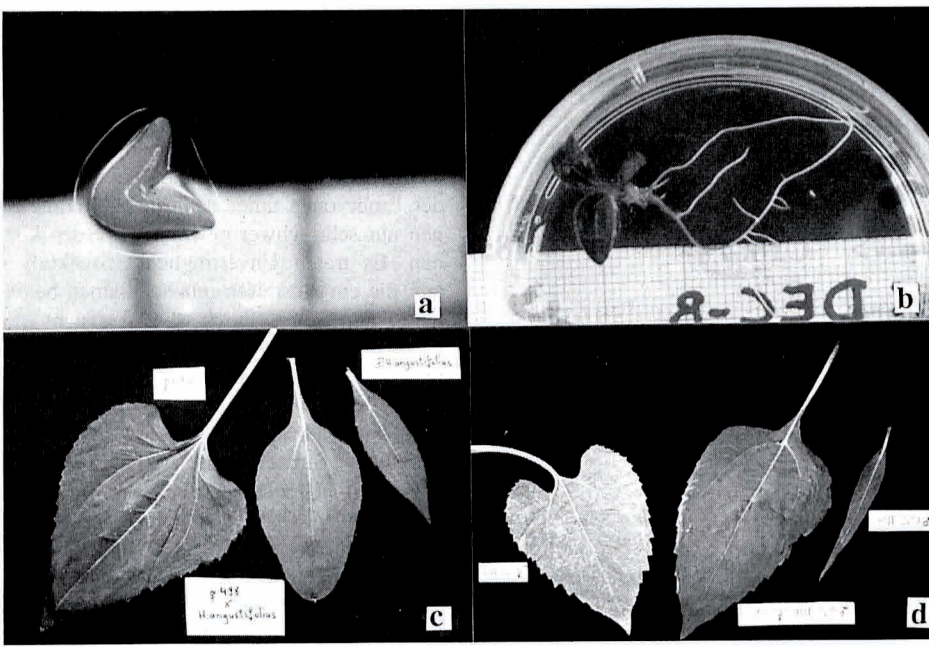


Abb. 4: Schema zur Züchtung einer Hybridsorte (Einfach-Hybride) – die kommerzielle Hybride entsteht aus der Bestäubung einer männlich-sterilen CMS-Mutterlinie (A) mit einem Restorer-Vater (B); während der Restorer durch Selbstung (S) bzw. Isolation erhalten werden kann, ist für die Erhaltung der A-Linie (CMS-Mutter) jeweils Bestäubung mit der kerngenetisch identischen, aber fertilen Maintainer-Linie A' (normales Plasma) erforderlich.

Abb. 5: Artkreuzungen mit Sonnenblumen; oben links (a): Embryo einer Artkreuzung in der Sterilkultur in vitro; oben rechts (b): junger Artbastard aus Embryokultur in vitro; unten links (c): Blattmorphologie eines Artbastardes und seiner Eltern – links: Sonnenblumen-Mutterlinie (*Helianthus annuus*, cms), Mitte: Kreuzungspflanze *H. annuus* x *H. angustifolius*, rechts: Wildform *H. angustifolius*; unten rechts (d): von links nach rechts – Blatt einer *H. annuus*-Mutterpflanze, der Artkreuzung *H. annuus* x *H. nuttallii* und der Wildform *H. nuttallii* (vgl. Kräuter, R. 1990: 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.



haploiden Pollenzellen der „normalen“, diploiden Pflanzen können wiederum haploide Pflanzen regeneriert werden. Die Zellen dieser Haploiden besitzen lediglich den einfachen Chromosomensatz – im Gegensatz zu den diploiden Spenderpflanzen. Die experimentelle Verdoppelung der Chromosomenzahl der haploiden führt zu sogenannten „doppelhaploiden“ Pflanzen, die absolut reinerbig sind – also im Gegensatz zu den Ausgangspflanzen reine Linien darstellen; solche Linien sind das Basismaterial für die nachfolgende Züchtung der oben besprochenen Hybridsorten. Obwohl die Antheren- oder Mikrospermenkultur bei verschiedenen Nutzpflanzenarten – wie Kartoffel und Raps – bereits breite Anwendung findet, ist gerade bei der Sonnenblume wegen der schwierigen Regenerierbarkeit von Einzelzellen das Ergebnis noch nicht zufriedenstellend.

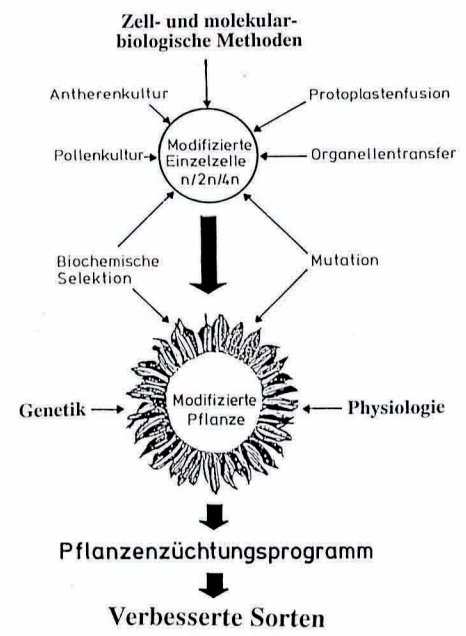


Abb. 6: Die Biotechnologie eröffnet dem Pflanzenzüchter neue Wege, d.h. eine Erweiterung seiner methodischen Möglichkeiten bei der Entwicklung von Ausgangsmaterial für die Selektion. Die eigentliche Züchtung und Prüfung der Sortenkandidaten erfolgt dabei nach wie vor im Feld – und zwar mehrjährig und mehrortig.

Perspektiven

Die Entwicklung von ertragreichen, an europäische Bedingungen angepassten Ölsonnenblumen-Sorten aus nordamerikanischen Wild- und Primitivformen hat wenigstens fünf Jahrzehnte intensiver züchterischer Arbeit erfordert. Bei systematischer Nutzung der heute verfügbaren, zell- und molekularbiologischen Techniken (Abb. 6) und der darauf

aufbauenden, praktischen Züchtungsmethoden dürfte die züchterische Entwicklung neuer, gesünderer Hybriden mit modifizierter Ölzusammensetzung in wesentlich kürzerer Zeit realisierbar sein.

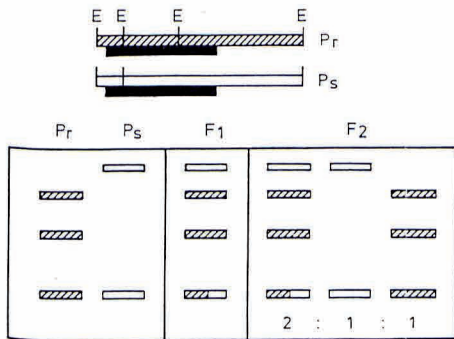


Abb. 7: Die RFLP-Technik kann es ermöglichen, in frühen Züchtungsgenerationen unabhängig vom Zielmerkmal (z.B. Resistenz) eine – indirekte – Selektion erfolgreich durchzuführen. In dem schematischen Beispiel unterscheiden sich die beiden Eltern (P_r , P_s) durch ein Krankheits-Resistenzgen. Der betreffende 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 F_2 -Generation eingesetzt werden kann. Aufgrund der Größe der nach Restriktionsverdau erhaltenen DNS-Fragmente lassen sich diese elektrophoretisch auftrennen, so daß sich in der F_2 bestimmte Muster ergeben, die Homozygotie (Elterntypen) oder Heterozygotie in dem betreffenden Gen (DNS-Ausschnitt) anzeigen. Voraussetzung für die erfolgreiche Anwendung dieser Technik ist vor allem, daß eine ausreichende Zahl an DNA-Sonden für das „Screening“ zur Verfügung steht (vgl. Graner, A. 1988: *Angewandte Gentechnologie in der Resistenzzüchtung am Beispiel der Spindelknollensucht der Kartoffel*. *Vortr. Pflanzzüchtg.* 13, 213–221).



Hierbei werden zukünftig auch molekularbiologische Techniken die Auswahl geeigneter Linien als Sorteneltern erleichtern. Zum Beispiel ermöglicht die RFLP-Technik (RFLP = Restriktions-Fragment Längen-Polymorphismus) die Erfassung feinsten Unterschiede in der DNS unterschiedlicher Genotypen. Hierzu wird die DNS mit Hilfe sogenannter Restriktionsenzyme verdaut; letztere können bestimmte Bausteinmuster (Basensequenzen) auf der DNS spezifisch erkennen. Aufgrund der unterschiedlichen Basenfolgen entstehen z.B. bei verschiedenen Sonnenblumen-Linien abweichende Fragment-Muster in einem elektrophoretischen Trennungsgel. Dieses Muster kann auf eine Trägerfolie abgeklatscht („geblotet“) und dort mit einer entsprechenden DNS-Probe als Indikator (eine sogenannte „Sonde“) inkubiert werden. Eine Reaktion als Ergebnis einer „Hybridisierung“ ist schließlich Hinweis auf die Übereinstimmung des betreffenden DNS-Fragmentes mit der Sonde. Auf diese Weise ist eine molekulargenetische Zuordnung dieses Fragmentes zu der bekannten Sonden-DNS möglich.

Die Abb. 7 gibt ein schematisches Beispiel für einen RFLP. Hier wird deutlich, daß die auftretenden Muster charakteristisch für den jeweiligen Genotyp sind – in diesem Falle Eltern, F_1 und F_2 ; es wird ein „genetischer Fingerabdruck“ hergestellt. Aber darüber hinaus können solche spezifischen Muster auch für die Identifizierung besonderer, erwünschter Eigenschaften verwendet werden. Beispielsweise ist denkbar und auch schon nach-

gewiesen, daß Resistenz- und Qualitätseigenschaften und selbst komplexe Ertragsmerkmale durch „genetische Marken“ mit Hilfe der RFLP-Technik indirekt identifiziert werden können. Auch in der Sonnenblumenzüchtung können solche neuen, molekularbiologischen Methoden in Zukunft die Selektion vereinfachen und beschleunigen helfen.

Zum Autor:



Prof. Dr. agr. Wolfgang Friedt, Jahrgang 1946, Studium der Agrarwissenschaften an der Universität Bonn, Promotion im Fach Pflanzzüchtung an der TU München in Freising-Weihenstephan, Habilitation für das Fach Genetik an der Universität Bayreuth, seit 1985 Professur für Pflanzzüchtung am Fachbereich Agrarwissenschaften der Justus-Liebig-Universität Gießen. Wissenschaftliche Schwerpunkte sind die Erforschung der genetischen Grundlagen für Qualitäts- und Resistenzeigenschaften – insbesondere bei Ölpflanzen. Entwicklung neuer, verbesserter Genotypen als Basis-material für „nachwachsende Rohstoffe“ mit Hilfe moderner, zell- und molekularbiologischer Züchtungsmethoden. Zahlreiche Publikationen auf dem Gebiet der angewandten Genetik und Pflanzzüchtung bei Getreide und Ölpflanzen.