

# Stand der Züchtung von Ölpflanzen\*

Von W. Friedt\*\*

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I der Justus-Liebig-Universität, Gießen

Verschiedene adaptierte Ölpflanzen – wie Raps (*Brassica napus*), Sonnenblume (*Helianthus annuus* L.) und Lein (*Linum usitatissimum* L.) – stehen kurzfristig für eine Erzeugung unterschiedlichster Ölsqualitäten zur Verfügung, da sie durch ganz spezifische Fettsäuremuster gekennzeichnet sind. Das „klassische“ Rapsöl („Rüböl“) ist von Natur aus ebenso wie andere Kruziferen reich an Erucasäure (C22:1), das Samenöl traditioneller Sonnenblumensorten enthält hohe Anteile an Linolsäure (C18:2), während Leinsamenöl normalerweise reich an Linolensäure (C18:3) ist. Mit Hilfe der Züchtung ist es jedoch gelungen, extreme Veränderungen dieser „natürlichen“ Fettsäuremuster zu schaffen: so z. B. Rapsorten, die praktisch frei von Erucasäure sind (0/00-Sorten), Sonnenblumen-Mutanten, die extreme Ölsäureanteile aufweisen, und Lein-Genotypen mit sehr niedrigen Linolensäureanteilen. Allerdings ist das Ertragspotential „alternativer“ Varietäten häufig niedriger als dasjenige adaptierter Sorten. Bei weiterer Differenzierung der Sortimente sind daher auch in Zukunft weiterhin Ertragsverbesserungen erforderlich, allerdings bei gleichzeitiger Berücksichtigung der Umweltverträglichkeit der Ölsaatzproduktion. Dementsprechend müssen die Pflanzenproduktions-Systeme optimiert werden. Weitere züchterische Fortschritte dürfen mit der breiten Einführung neuer „Biotechniken“ in die Züchtungspraxis erwartet werden. Die erfolgreiche Etablierung der „Haploid-Methodik“ bei Raps (*Brassica*-Arten) und Lein sowie die Schaffung neuer genetischer Variation durch interspezifische Kreuzungen bei Raps und Sonnenblume sind eindrucksvolle Beispiele für den züchterischen Nutzen der Biotechnologie. Eine Weiterentwicklung der „Protoplasten-Technologie“ kann hier noch breitere Möglichkeiten erschließen helfen. Schließlich sind bereits heute notwendige Voraussetzungen für eine praktische Anwendung der Gentechnologie in der Pflanzenzüchtung gegeben: effiziente Vektoren und Transformationsmethoden sind grundsätzlich vorhanden. Allerdings müssen in Einzelfällen noch verschiedene Probleme – wie vor allem das der Regeneration aus transformierten Zellen oder Geweben – gelöst werden, bevor eine gezielte Übertragung agronomisch wichtiger Gene (z. B. solche mit Funktion in der Fettsäurebiosynthese) praxisreif wird.

## Hintergrund

Gemessen an der Vielfalt der in der Welt vorkommenden ölhaltigen Pflanzen kommen zur Zeit nur wenige unter den Klimabedingungen Mitteleuropas für eine Erzeugung industriell nutzbarer Öle – z. B. mit spezifischen langkettigen oder seltenen Fettsäuren – in Frage. Bei diesen schon bewährten landwirtschaftlichen Kulturarten, wie Raps, Sonnenblume (regional begrenzt) und Lein, stehen brauchbare, d. h. leistungsfähige und adaptierte Sorten für eine ökonomisch tragfähige Erzeugung von Industrie-Pflanzenöl zur Verfügung. Die Qualitätsansprüche der oleochemischen Industrie sind mit den

## Present State of Breeding of Oilcrops

Different oil crops are characterized by specific fatty acid patterns. For example, rapeseed (*Brassica napus*) is naturally rich in erucic acid (C22:1), traditional genotypes of sunflower (*Helianthus annuus* L.) contain high levels of linoleic acid (C18:2) in their seed oil, and linseed (oilflax, *Linum usitatissimum* L.) oil is normally rich in linolenic acid (C18:3). Extreme modifications of these "natural" fatty acid patterns are possible by breeding. Impressive examples are, (1) the elimination of erucic acid from rapeseed oil, which made it possible to use this vegetable oil for human consumption, (2) the development of sunflower cultivars with high oleic acid, and (3) the selection of linseed mutants with extremely low linolenic acid contents. However, the yield potential of these "alternative" genotypes is usually lower than that of those which are predominantly used for oil production: i.e., "normal" (high-linolenic) linseed, "normal" (high-linoleic) sunflower, and "0/00" (low-erucic and low-glucosinolate) rapeseed cultivars. Even in these cases, the yield potential of modern varieties is not completely exhausted. Further improvements of plant production systems can help to improve both, the economical yield and the ecological acceptability of agricultural production of vegetable oils. Further progress in breeding can be achieved through the application of biotechnology, i.e. tissue and cell culture and molecular methods. Considerable progress in this field has been reported for rapeseed (*Brassica* sp.), but also for oilflax. In these species, it is possible to obtain haploid plants reproducibly through microspore- or anther-culture which results in a time gain of several years for the production of inbred lines. Interspecific hybridization is another interesting supplementary technique for providing wide crosses, i.e. to create new genetic variability. Interspecific crosses have been successfully carried out by application of the embryo rescue technique, for example in the crucifer family and in the genus *Helianthus*. Consequently, related species can be used as gene sources for an improvement of agronomic characters. For extremely recalcitrant species, the protoplast fusion technique is considered to be an elegant method to achieve wide crosses. However, the regeneration of intact plants is not feasible in all cases, e.g. in sunflower. Last but not least, necessary prerequisites for an application of genetic engineering in plant breeding are principally available, e.g. efficient vector and transformation systems have been developed. Therefore, the transfer of agronomically important genes, e.g. for oil quality (i.e. fatty acid biosynthesis), to cultivated species is no utopia any more – provided that entire plants can be regenerated from the manipulation cell(s) or tissue.

verfügbaren, adaptierten Kulturpflanzenarten jedoch nur dann erfüllbar, wenn das Fettsäuremuster mit Hilfe genetisch-züchterischer Methoden entsprechend verändert bzw. den Erfordernissen besser angepaßt werden kann.

Eine Reihe weiterer Ölpflanzen, wie Leindotter, Gelbsenf, Brauner Senf, Ölmadie, Crambe, Mohn u. a., werden als potentielle Alternativen für eine Erzeugung nachwachsender Rohstoffe diskutiert. Die genannten Arten, von denen die ersten fünf der Familie der *Brassicaceae* (Kruziferen) angehören, waren in früherer Zeit in Deutschland bereits im Anbau oder im Versuch und sind somit für unsere Klimabedingungen geeignet. Daß sie aus dem Anbau verdrängt worden sind, liegt vor allem an der unzureichenden Ertragsleistung im Vergleich zu anderen Kulturarten. Eine Erzeugung von industriell nutzbaren Rohstoffen wird nicht schon allein dadurch gewährleistet, daß Pflanzen propagiert werden, die im Wettbewerb mit anderen Kulturen längst ausgeschieden sind. Es ist sicher richtig, möglichst viele Alternativen in

\* Vortrag im Rahmen der Expertentagung „Perspektiven für die Verwendung nativer Fette und Öle“, Bildungszentrum Kloster Banz, Staffelstein, Ofr., 26. – 28. September 1990.

\*\* Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. W. Friedt, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I, Justus-Liebig-Universität, Ludwigstraße 23, D-6300 Gießen.

Tabelle 1

Vergleichende Gegenüberstellung der Qualitätseigenschaften und Ertragsleistung verschiedener Genotypen von Lein, Sonnenblume und Raps (Ergebnis verschiedener Jahre aus Gießen, Groß-Gerau und Rauschholzhausen)

| SPEZIES     | Genotyp         | Fettsäuren (% Gesamtfettsäuren) |      |      |      |      |       | Ölgehalt (%) | Kornertrag (dt/ha) | Ölertrag (dt/ha) |
|-------------|-----------------|---------------------------------|------|------|------|------|-------|--------------|--------------------|------------------|
|             |                 | 16:0                            | 18:0 | 18:1 | 18:2 | 18:3 | 22:1* |              |                    |                  |
| LEIN        | „normal“        | 5                               | 4    | 18   | 16   | 57   | —     | 42–46        | 22–30              | 10–14            |
|             | „low linolenic“ | 9                               | 5    | 36   | 48   | 2    | —     | —            | —                  | —                |
| SONNENBLUME | „normal“        | 6                               | 5    | 24   | 64   | 1    | —     | 45–50        | 29–46              | 14–21            |
|             | „high oleic“    | 3                               | 4    | 90   | 2    | 1    | —     | —            | —                  | —                |
| RAPSA       | „0/00“          | 4                               | 1    | 62   | 22   | 10   | 1     | 40–45        | 30–50              | 15–20            |
|             | „alt“           | 4                               | 1    | 12   | 11   | 9    | 56**  | —            | —                  | —                |

\* Reihenfolge: Stearin-, Palmitin-, Öl-, Linol-, Linolen- und Erucasäure; letztere kommt nur bei Kreuzifern (v.a. Raps) vor;

\*\* zusätzlich ca. 7% Eicosensäure (C20:1)

die Überlegungen einzubeziehen; es ist aber nicht minder wichtig, eine kritische Wertung vorzunehmen bzw. darauf hinzuweisen, daß die diskutierten „alternativen Ölpflanzen“ noch intensiv züchterisch bearbeitet werden müssen, um sie konkurrenzfähig zu machen.

Ebenso wie der Industriepflanzenanbau wirtschaftlichen Ansprüchen gerecht werden muß, besteht die berechnete Förderung nach ökologisch vertretbarer Erzeugung hier ebenso wie in der modernen Pflanzenproduktion generell. Diesbezüglich läßt der Anbau von industriellen Ölpflanzen keine besonderen oder zusätzlichen Risiken für die Umwelt erwarten. Es kann gezeigt werden, daß im Hinblick auf Düngung und Pflanzenschutz sogar eine Verringerung der Belastung möglich ist. Darüber hinaus kann der Anbau bestimmter Industriepflanzen – wie etwa des Lein – möglicherweise zu einer Dekontaminierung von Schwermetall- oder Pathogen-versuchten Böden beitragen helfen.

#### Züchtungsziele aus Sicht der chemischen Industrie

Eine Realisierung der von der aufnehmenden Hand vorgegebenen Zuchtziele sollte sinnvollerweise zunächst bei den genannten, heute bereits anbauwürdigen Pflanzenarten angestrebt werden. Denn für eine ökonomische Erzeugung von Ölen, die Fettsäuren mit spezifischer Wirkung enthalten – z. B.  $\gamma$ -Linolensäure aus der Nachkerze (*Oenothera biennis*) bzw. dem Boretsch (*Borago officinalis*) oder Petroselinäure aus Doldenblütlern wie dem Koriander (*Coriandrum sativum*) – müssen diese und andere o. g. Pflanzenarten züchterisch noch wesentlich hinsichtlich ihrer Ertragsleistungen verbessert werden.

Die folgenden, primären Ziele sind jedoch mit Hilfe der vorher genannten, adaptierten und leistungsfähigen Ölpflanzen – nämlich Raps, Lein und Sonnenblume – heute schon realisierbar; dabei geht es in jedem Fall um die Maximierung des Anteiles einer Fettsäure im Öl (Abb. 1 und Tab. 1).

#### a) hoher Gehalt an Ölsäure (C18:1)

Ölsäure wird bisher praktisch ausschließlich aus dem Abfallprodukt Rindertalg gewonnen, wobei ein maximaler technischer Reinheitsgrad von ca. 70% erzielbar ist. Daher sind Pflanzenöle mit einem höheren Ölsäuregehalt für die fettchemische Industrie in jedem Falle interessant. Die vielversprechendsten Kulturarten hierfür

sind in Mitteleuropa der Raps und die Sonnenblume (sog. 'high-oleic' Typen). Heutiges Rapsöl für Speisewecke enthält maximal 60% Ölsäure; allerdings sind auch hier ölsäure-reichere Typen in Entwicklung (vgl. Tab. 1).

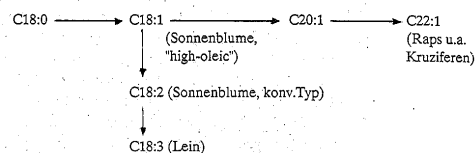


Abb. 1. Wesentliche Schritte der Fettsäurebiosynthese ausgehend von der Stearinsäure (C18:0) zur Ölsäure (C18:1) – von dort entweder über weitere Elongation (Kettverlängerungen) zur Eicosen- (C20:1) und Erucasäure (C22:1) oder über Desaturierung (Einfügung von Doppelbindungen) zur Linol- (C18:2) und Linolensäure (C18:3); in Klammern: Pflanzen, bei denen die jeweilige Fettsäure am stärksten vertreten ist

Die derzeit für die Speiseölgewinnung angebaute Sonnenblume sind zwar ausnahmslos Linolensäure-Typen, aber in jüngster Zeit wurden in den U. S. A. Sorten mit bis zu 90% Ölsäure im Öl entwickelt. Für unsere Verhältnisse ist neben der Selektion möglichst frühreifer Linien mit maximalem Ölsäureanteil auch die Auslese auf Resistenz gegen Krankheitserreger wie *Botrytis* und *Sclerotinia* unabdingbar für einen ausgedehnten, ökonomisch und ökologisch vertretbaren Anbau von „Industriesonnenblumen“.

#### b) hoher Gehalt an Linolensäure (C18:2)

Auch hier ist an erster Stelle die Sonnenblume zu nennen. Das Öl heutiger, hochleistungsfähiger Sonnenblumensorten („konventioneller Typ“) enthält die Linolensäure als Hauptfettsäure (ca. 70%, vgl. Tab. 1); hierzu gibt es derzeit keine Alternative. Das Ertragspotential moderner Sonnenblumen-Hybriden darf – in klimatisch günstigen Lagen – mit wenigstens 40 dt/ha beziffert werden<sup>2</sup>. Darüber hinaus kann davon ausgegangen werden, daß mit Hilfe einer noch besseren Ausschöpfung der „Heterosis“ (Bastardwüchsigkeit) mit zukünftigen Hybriden bei der fremdbefruchtenden Sonnenblume noch

höhere Ertragsleistungen erreichbar sein werden.

Auch der Raps könnte eine Alternative für die Gewinnung linolensäurereicher Öle werden, wenn es züchterisch gelingt, den C18:2-Gehalt weiter zu steigern. Ansätze dafür sind vorhanden, und insbesondere die große „Flexibilität“ der Rapspflanze in fortpflanzungsbiologischer und leistungsmäßiger Hinsicht in Verbindung mit den gegebenen Anwendungsmöglichkeiten von „Biotechniken“ lassen noch wesentliche Verbesserungen der agronomischen Leistungseigenschaften erwarten<sup>3</sup>.

#### c) hoher Gehalt an Linolensäure (C18:2)

Hierher gehören vor allem der Lein und der Leindotter. Die Leinpflanze wird bereits seit Jahrtausenden auf vielfältigste Weise genutzt – u. a. auch als Quelle für „Nichtnahrungöle“. Leinöl enthält durchschnittlich 60% (Tab. 1) und maximal bis zu 70% Linolensäure und ist daher eine der wenigen Quellen, aus der Linolensäure mit einer Reinheit von mehr als 95% hergestellt werden kann. Die Samenerträge beim Öllein variieren bei optimaler Produktionstechnik zwischen 20 und 30 dt/ha (Tab. 1); in der landwirtschaftlichen Praxis werden diese Erträge wegen mangelhafter Kenntnis der Kulturart Lein vielfach nicht erreicht. Eine intensive züchterische Bearbeitung ist daher erforderlich, um über eine wesentliche Verbesserung der Ertragshöhe und Stabilität den Öllein-Anbau für die Landwirtschaft ökonomisch interessanter zu gestalten. In dieser Richtung wurden in jüngster Zeit Fortschritte gemacht<sup>4</sup>. Allerdings ist zweifelhaft, ob in Zukunft weitere große Schritte nach vorne getan werden können, denn der Zuchtfortschritt bei dem selbstbefruchtenden Lein ist eher langsam, und die erzielten Fortschritte in der Biotechnologie haben bisher noch nicht entscheidend zu einer Beschleunigung beitragen können.

Auch bei Leindotter konnten die Erträge durch züchterische Bearbeitung mittlerweile auf über 20 dt/ha angehoben werden. Allerdings bedarf hier die Ölqualität noch einer wesentlichen Verbesserung, da neben Linolensäure (ca. 40%) erhebliche Anteile Eicosensäure (C20:1) und fünf weiterer Fettsäuren vorhanden sind. Eine weitere durchgreifende züchterische Verbesserung wäre somit auch hier Voraussetzung für die Bereitstellung marktfähiger Sorten.

#### d) hoher Gehalt an Erucasäure (C22:1)

Hier sind ausschließlich *Brassica*-Arten von Bedeutung, wie der Raps sowie die Senfarten *B. juncea* (Brauner Senf) und *Sinapis alba* (Weißer/Gelber Senf). Alle Arten sind von Natur aus reich an Erucasäure im Öl. In aktuellem Zuchtmaterial wurden die höchsten Gehalte mit mehr als 60% beim Weißen Senf gefunden. Dennoch kommt kurzfristig nur der Raps für eine ökonomisch vertretbare Erucasäuregewinnung in Betracht, da nur hier (1) leistungstärkere Winterformen mit einem Ertragspotential von wenigstens 50 dt/ha verfügbar sind und (2) Erucasäure-reiche Formen mit gleichzeitig niedrigen Glucosinolat-Gehalten derzeit schon in Zuchtprogrammen entwickelt werden, so daß eine Verwertung der Preßrückstände in der Tierfütterung in Zukunft möglich wird.

Der Raps als partieller Fremdbefruhter gestattet die Anwendung verschiedenartiger Züchtungsmethoden bis hin zur effizienten Applikation von „Biotechniken“. Eine denkbare zukünftige Kombination der Entwicklung

verbesserter Linien über Haploide (Antheren-, Mikrosporenkultur) mit einer systematischen Nutzung der „Heterosis“ in Form von Synthetischen Sorten oder Hybriden dürfte noch wesentlich verbesserte Winterrassorten hervorbringen<sup>5</sup>.

#### Neue Wege in der Pflanzenzüchtung

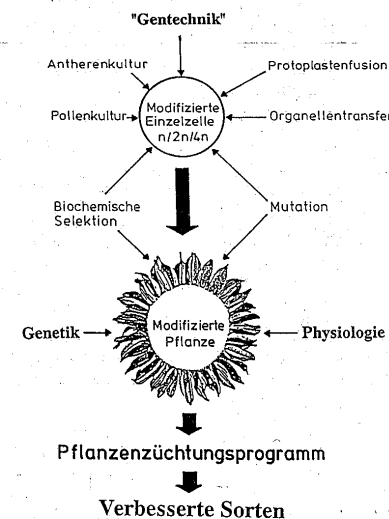


Abb. 2. Bio- und Gentechnik eröffnen dem Pflanzenzüchter neue Wege, d. h. eine Erweiterung seiner methodischen Möglichkeiten bei der Entwicklung von Ausgangsmaterial für die Selektion; die eigentliche Züchtung und Prüfung der Sortenkandidaten erfolgt dabei nach wie vor im Feld, und zwar mehrjährig und mehrreutig

#### Schlußfolgerungen und Ausblick

Mehrere adaptierte Ölpflanzen – wie Raps, Sonnenblume und Lein – stehen kurzfristig für eine Erzeugung der verschiedensten Öle als Industrie Grundstoffe zur Verfügung. Weitere Pflanzen können im Rahmen weiterer, intensiver züchterischer Bearbeitung mittel- bis längerfristig erschlossen werden. Dabei können moderne, zellbiologische Züchtungsmethoden – oft zusammenfassend als „Biotechnologie“ bezeichnet – zu einer wesentlichen Beschleunigung und evtl. auch Vereinfachung des Züchtungsprozesses beitragen<sup>5</sup> (Abb. 2). Mit Hilfe molekularbiologischer Methoden und der Gentechnologie wird es außerdem in absehbarer Zeit möglich werden, fast beliebige Ölqualitäten in unterschiedliche Pflanzenarten einzubringen.

Schließlich wird es aber auch in Zukunft erforderlich bleiben, die Leistungsfähigkeit und Stabilität der gezüchteten Genotypen – ob sie nun auf „klassische“ oder „moderne“ Weise erzeugt worden sind – unter variierenden Standortbedingungen und in verschiedenen Jahren zu prüfen. Da nicht allein genetische Faktoren – die Erbanlagen (der Genotyp) – die Leistungseigenschaften der Pflanzen determinieren, sondern darüber hinaus auch

Umweltfaktoren (insbesondere Boden und Witterung) die Ausprägung der Eigenschaften erheblich modifizieren können, wird es auch weiterhin notwendig bleiben, im Rahmen produktionstechnischer Versuche die Produktionsverfahren für neue Kulturen zu optimieren.

#### Literatur

- <sup>1</sup> *W. Friedt*, Qualität und Erweiterung des Artenspektrums, in: Pflanzenproduktion im Wandel (Hrsg. *G. Haug, G. Schuermann* u. *G. Fischbeck*), S. 102-122, VCH Weinheim, 1990.
- <sup>2</sup> *W. Friedt* u. *G. Scheuermann*, Aktuelle Ziele und Methoden der Sonnenblumenzüchtung, *Raps* 9, 96 [1991].

- <sup>3</sup> *W. Friedt* u. *W. Schilling*, Moderne Rapszüchtung – aktuelle Sorten und Perspektiven für die Zukunft, in: *Das Rapshandbuch*, Elanco, 1991.
- <sup>4</sup> *W. Friedt* u. *H. Umbach*, Möglichkeiten der Anpassung an die Erfordernisse der Nachfrage bei Öllein. Pflanzliche Öle im chemisch-technischen Sektor, Schriftenreihe des BML, Reihe A: Angewandte Wissenschaft, Heft 391, S. 161-173, Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, 1990.
- <sup>5</sup> *W. Friedt*, Trends und Anwendungsfelder der Biotechnologie in der Pflanzenzüchtung der nächsten 10 bis 15 Jahre, in: *Die Zukunft der Nutzpflanzen* (Hrsg. *S. Albrecht*), Gentechnologie: Chancen und Risiken, Bd. 24, 1990.