

Pflanzenöle als Nachwachsende Rohstoffe - mit besonderer Berücksichtigung von Lein und Sonnenblume

W. Friedt, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I, Justus-Liebig-Universität, Gießen

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 Fettsäuren - in Frage. Bei diesen bewährten landwirtschaftlichen Kulturarten, wie Raps (*Brassica napus*), Sonnenblume (*Helianthus annuus*) und Lein (*Linum usitatissimum*) stehen adaptierte und leistungsfähige Sorten für eine ökonomisch tragfähige Erzeugung von Industrie-Pflanzenöl zur Verfügung. Die Qualitätsansprüche der oleochemischen Industrie sind mit den verfügbaren Kulturpflanzenarten erfüllbar, insbesondere wenn das Fettsäuremuster mit Hilfe genetisch-züchterischer Methoden weiter verändert bzw. den Erfordernissen der Weiterverarbeiter und Endverbraucher noch besser angepaßt werden kann.

Im Weltmaßstab beträgt die Produktion pflanzlicher Öle und Fette derzeit ca. 60 Mio. t. Rapsöl (Canola) rangiert mit 14% an dritter Stelle der Weltjahresproduktion - hinter Soja (27%) und Palmöl (17%). In Europa ist das Verhältnis deutlich zu Gunsten des Rapsöles verschoben; mit ca. 2,5 Mio. t jährlich nimmt es hier die Spitzenposition ein. In der Bundesrepublik Deutschland dominiert der Rapsanbau mit über 1 Mio. ha vor der Sonnenblume (1992 ca. 55.000 ha) und Öllein (1992 ca. 95.000 ha). Im wesentlichen trägt dazu die hohe Ertragsstabilität bei, die den Raps als adaptierte Ölpflanze unter nord- und mitteleuropäischen Klimaverhältnissen auszeichnet. Eine weitere Ertragsoptimierung bleibt vorrangiges Ziel in der Züchtung bei gleichzeitiger Reduzierung des pflanzenbaulichen Inputs.

Eine Reihe anderer Ölpflanzen - wie Leindotter, Gelbsenf, Brauner Senf, Ölradie, Crambe, Mohn u.a. - werden als potentielle Alternativen für eine Erzeugung nachwachsender Rohstoffe diskutiert. Diese Arten bedürfen jedoch noch einer intensiven züchterischen Bearbeitung, ebenso wie diejenigen Pflanzenarten, die Fettsäuren mit spezifischer Wirkung enthalten - z.B. Gamma-Linolensäure [Nachtkerze (*Oenothera biennis*), Boretsch (*Borago officinalis*)] und Petroselinensäure [Doldenblütlern, z.B. Koriander (*Coriandrum sativum*)]; vgl. auch Lühs und Friedt (1993a, b).

Die jeweilige Ölqualität, die von der aufnehmenden Hand vorgegeben wird, stellt das Zuchtziel dar, das der Pflanzenzüchter anstrebt. Mit Hilfe der genannten, adaptierten Ölpflanzen - nämlich Raps, Lein und Sonnenblume - sind die folgenden, primären Ziele heute schon realisierbar: (1) ein maximaler Gehalt an Ölsäure (C18:1); (2) ein hoher Gehalt an Linolensäure (C18:3), sowie (3) ein gesteigerter Gehalt an Erucasäure (C22:1).

Zuchtziel "maximaler Ölsäure-Gehalt"

Die Ölsäure (C18:1) wird bisher vor allem 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 sogenannte 'High-oleic' Typen von Raps und Sonnenblume (vgl. Tab. 1).

Tabelle 1. Vergleichende Gegenüberstellung von Ölgehalt, Ölzusammensetzung und Ertragsleistung aktueller Lein-, Sonnenblumen- und Winterraps-Sorten (Gießen, Groß-Gerau und Raicholzhausen, Mittelwerte verschiedener Jahre)

	Fettsäuren (% gesamt)*					Ölgehalt (%)	Samenertrag (dt/ha)
	18:1	18:2	18:3	22:1	sonst.		
Öllein	15	15	60	-	10	42-46	20-30
Leindotter	20	16	25	5	34	30-38	20-30
Sonnenblume							
- aktuelle Sorten	24	65	0	-	11	45-50	29-46
- Ölsäure-Typ	88	3	1	-	8	45-50	25-40
Raps							
- 00-Sorten	62	20	9	1	8	40-45	30-50
- Erucasäure-Typ	13	14	8	55	10	40-45	30-40

* Reihenfolge: gesättigte Fettsäuren, Öl- (18:1), Linol- (18:2), Linolensäure (18:3) und Erucasäure (22:1); letztere kommt nur bei den Kruziferen vor. Die Hauptfettsäure ist jeweils unterstrichen.

Heutiges Rapsöl für Speisezwecke enthält etwa 60% Ölsäure (Tab. 1). In verschiedenen Instituten und Züchtungsfirmen wird derzeit an der Entwicklung von ölsäurereichen Rapsorten - mit deutlich gesteigertem Ölsäureanteil - gearbeitet. Hinsichtlich der agronomischen Leistungseigenschaften dürfen aufgrund der beachtlichen "Flexibilität" der Rapspflanze in fortpflanzungsbiologischer und leistungsmäßiger Hinsicht in Verbindung mit den gegebenen, sehr vielversprechenden Anwendungsmöglichkeiten von "Biotechniken" zukünftig noch wesentliche Verbesserungen erwartet werden.

Die Rapspflanze gilt als ein fakultativer Fremdbefruchter, d.h. Rapsamen entstehen sowohl durch Fremd- als auch durch Selbstbefruchtung, wobei letztere im allgemeinen überwiegt. Daher sind aktuelle Rapsorten (noch) überwiegend "Linienarten". Dagegen ist die Sonnenblume ein ausgesprochener Fremdbefruchter; Bienen und Hummeln gehören zu den wichtigsten "Bestäubern". Aktuelle Sonnenblumensorten sind ausnahmslos "Hybridsorten", die in den meisten Fällen aus der Kreuzung zweier ausgewählter Inzuchtlinien entstehen. Als Mütter verwendet man männlich sterile Linien (sog. CMS-Linien), deren Bestäubung durch eine ferti-

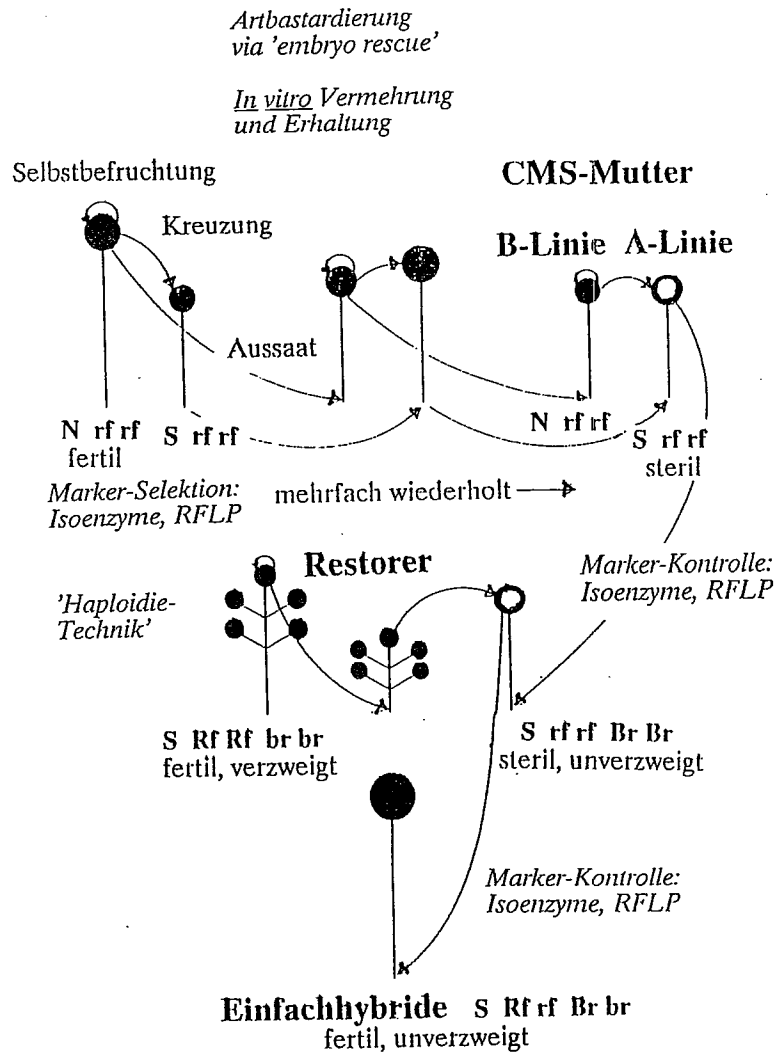


Abbildung 1. Übersicht zum Züchtungsgang bei der Sonnenblume: Entwicklung von Mutter- und Vaterlinien sowie Erstellung von Einfachhybriden mit Hinweisen zu den potentiellen Einsatzmöglichkeiten von zell- und molekularbiologischen Methoden.

Die derzeit für die Speiseölgewinnung angebauten Sonnenblumenhybriden sind zwar ausnahmslos Linolsäure-Typen, aber in jüngster Zeit wurden Sorten mit bis zu 90% Ölsäure im Öl als "Industriesonnenblumen" entwickelt (Tab. 1). Das Ertragspotential der Sonnenblume unter mitteleuropäischen Bedingungen ist zweifellos niedriger einzuschätzen als das des Rapses. Es darf jedoch erwartet werden, daß durch eine bessere Nutzung der "Heterosis" (Bastardwüchsigkeit) mit neuen Hybridsorten zukünftig noch höhere Ertragsleistungen als bisher erzielt werden können.

Eine beschleunigte Bereitstellung neuer, leistungsstabiler Hybriden könnte mit Hilfe von Biotechniken erreicht werden. Beispielsweise wäre auf dem Wege der Regeneration haploider, gametischer Zellen (Antheren- oder Mikrosporenkultur) eine vergleichsweise kurzfristige Erzeugung reinerbiger Linien (Inzuchtlinien) denkbar. Sofern diese Linien zufriedenstellende Eigenleistung (z.B. Krankheitsresistenz) und Kombinationseignung hinsichtlich der Ertragsleistung besitzen, dienen sie als elterliche Komponenten für die Erstellung von Hybriden (vgl. Abb. 1). Ansätze für eine praktische Anwendung von Zell- und Gewebekulturtechniken sind nunmehr auch bei der Sonnenblume vorhanden (vgl. Tab. 2). Es sind jedoch noch deutliche Fortschritte hinsichtlich der Regenerierbarkeit intakter Pflanzen aus Einzelzellen und Geweben notwendig, bevor eine breite Anwendung dieser Techniken in der Züchtungspraxis sinnvoll sein wird (vgl. Friedt, 1992a, b).

Tabelle 2. Durchschnittlicher "Response" von Sonnenblumen-Antheren, die im Tetraden-Stadium der Mikrosporen auf verschiedenen Nährmedien *in vitro* kultiviert wurden

Genotyp	A	K	K(%A)	S(%K)	S(%A)*
B11 A3	786	454	57.8	2.2	1.5
DO 131	435	251	57.7	3.2	1.9
FRANKASOL	393	94	23.9	0	0
MH 1-2	428	124	29.0	3.0	0.7
SUNBRED 262	450	96	21.3	0	0

*) A = Anzahl kultivierte Antheren, K = Anzahl Antheren mit Kallusbildung, K(%A) = % Antheren mit Kallusbildung, S(%K) = % Kallusse mit Sproßbildung, S(%A) = % Antheren mit Sproßentwicklung; Quelle: Gürel et al., 1991.

Darüber hinaus dürften zukünftig molekularbiologische Methoden bedeutende züchtungsmethodische Hilfsmittel werden. Beispielsweise könnte eine indirekte, markergestützte Selektion den züchterischen Aufwand im Laufe der Entwicklung von Inzuchtlinien und der Produktion von kommerziellen Hybriden wesentlich reduzieren helfen. So kann an die Verwendung von Markern für bestimmte Ölqualitäten (Fettsäuremaxima) gedacht werden, die ein rasches Screening großer Züchtungspopulationen sowie die Reinheitskontrolle von Linien und Hybriden ermöglichen (vgl. Abb. 1).

Zuchtziel "hoher Linolensäure-Gehalt"

Für eine Erzeugung C18:3-reicher Öle kommen vor allem der Lein und der Leindotter in Betracht. Die Leinpflanze wird bereits seit Jahrtausenden auf vielfältigste Weise genutzt - u.a. auch als Quelle für technische Öle und Fette. Leinöl enthält durchschnittlich 60% und maximal bis zu 70% Linolensäure (Tab. 1) 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 maximal 30 dt/ha (Tab. 1); in der landwirtschaftlichen Praxis werden diese Erträge wegen mangelhafter Kenntnis und Anwendung der Produktionstechnik für die Kulturart Lein vielfach jedoch nicht erreicht. Es darf aber angenommen werden, daß durch eine weitere, intensive züchterische Bearbeitung und eine Optimierung der Produktionstechnik wesentliche Verbesserungen von Ertragshöhe und Stabilität erreichbar sind.

Wichtiges Hilfsmittel für eine beschleunigte Bereitstellung verbesserter Öllein-Sorten könnten zukünftig Zell- und Gewebekultur-Methoden sein. Anders als bei der Sonnenblume hat man beim Lein diesbezüglich jüngst erhebliche Fortschritte erzielt (vgl. Tab. 3).

Tabelle 3. Ausgewählte Ergebnisse von Antheren- und Mikrosporen-Kulturversuchen bei Öllein (*Linum usitatissimum*)

Genotyp	A	K	K (%A)	S (%K)	S (%A) *
Antheren-Kultur ¹⁾					
Atalante	669	188	28,1	43,0	12,0
Hella	599	226	37,7	7,9	2,7
Midas	719	63	8,8	8,1	0,7
Linie AR2	599	62	10,4	2,0	0,2
Mikrosporen-Kultur ²⁾					
F ₂ (Atalante x Szeged.62)		90	-	65,0	-
F ₂ (Pedig.2 x Kiszomb.41)		55	-	40,0	-

*) A = Anzahl kultivierte Antheren, K = Anzahl Antheren mit Kallusbildung, K(%A) = % Antheren mit Kallusbildung, S(%K) = % Kallusse mit Sproßbildung, S(%A) = % Antheren mit Sproßentwicklung; Quellen: ¹⁾ Nichterlein et al., 1991, ²⁾ Nichterlein und Friedt, 1993.

Die Regeneration intakter, haploider Pflanzen aus der Kultur von Antheren und Mikrosporen und deren Verdopplung führt zu homozygoten (doppelhaploiden) Linien, die bei dem selbstbefruchtenden Lein unmittelbar Sortenkandidaten darstellen. Mittlerweile befinden sich zahlreiche solcher Linien in Feldleistungsprüfungen, und es darf erwartet werden, daß hieraus in absehbarer Zeit kommerzielle Sorten resultieren werden.

Auch beim Leindotter konnten die Erträge durch züchterische Bearbeitung mittlerweile auf über 20 dt/ha angehoben werden (Tab. 1). Allerdings bedarf hier die Ölqualität noch einer wesentlichen Verbesserung, da neben Linolensäure (bis zu 40%) erhebliche Anteile der praktisch wertlosen Eicosensäure (C20:1, bis zu 20%) und wenigstens fünf weiterer Fettsäuren (C16:0, C18:0, C20:0, C20:2, C22:1) vorhanden sind. Eine durchgreifende züchterische Verbesserung, d.h. Vereinheitlichung der Ölqualität ist somit Voraussetzung für die eventuelle, zukünftige Entwicklung marktfähiger Sorten.

Zuchtziel "gesteigerter Erucasäure-Gehalt"

Für die Gewinnung von Ölen mit hohem Erucasäure-Gehalt kommen ausschließlich Kruziferen-Arten (*Brassicaceae*) in Betracht, wie der Raps sowie verschiedene Senfarten, die alle von Natur aus reich an Erucasäure im Öl sind. In aktuellem Zuchtmaterial wurden die höchsten Gehalte mit mehr als 60% beim Weißen Senf (*Sinapis alba*) sowie bei Crambe (*Crambe abyssinica*) gefunden. Dennoch kommt kurzfristig nur der Raps für eine ökonomisch vertretbare Erucasäuregewinnung in Betracht, da nur hier leistungsstärkere Winterformen mit einem Ertragspotential von wenigstens 50 dt/ha verfügbar sind und 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.

Als partieller Fremdbefruchter gestattet der Raps die Anwendung verschiedenartigster Züchtungsmethoden inklusive "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 Winterrapssorten hervorbringen (vgl. z.B. Lühs et al., 1992, Thierfelder et al., 1992).

Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß mehrere adaptierte Ölpflanzen - wie Raps, Sonnenblume und Lein - kurzfristig für eine Erzeugung der verschiedensten Öle als Industrie-rohstoffe zur Verfügung stehen. Weitere Pflanzen können im Rahmen weiterer, intensiver züchterischer Bearbeitung mittel- bis längerfristig erschlossen werden. Dabei können moderne, zellbiologische Züchtungsmethoden ("Biotechnologie") zu einer wesentlichen Beschleunigung und evtl. auch Vereinfachung des Züchtungsprozesses beitragen. Mit Hilfe molekularbiologischer Methoden und der Gentechnologie wird es aller Voraussicht nach in absehbarer Zeit möglich werden, 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 (der Genotyp) die Leistungseigenschaften der Pflanzen determinieren, sondern darüber hinaus auch Umweltfaktoren die Ausprägung der Eigenschaften u.U. erheblich modifizieren können, wird es auch weiterhin notwendig bleiben, im Rahmen produktionstechnischer Versuche die Produktionsverfahren für neue Kulturen zu optimieren. Damit werden Voraussetzungen für einen ökonomisch tragfähigen Ölsaatenanbau geschaffen.

Ebenso wie der Industriepflanzenanbau wirtschaftlichen Ansprüchen gerecht werden muß, besteht die berechtigte Forderung 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. Im Hinblick auf Düngung und Pflanzenschutz ist vielmehr zukünftig eine weitere Verringerung der Belastung möglich, wenn die Chancen der Züchtung krankheitsresistenter und nährstoffeffizienter Pflanzensorten noch systematischer und konsequenter als bisher genutzt werden.

Weiterführende Literaturhinweise

- FRIEDT, W., 1992a. Present state and future prospects of biotechnology in sunflower breeding. In: Field Crops Research 30 (G. Seiler, ed.), 425-442. Elsevier Sci. Publ., Amsterdam.
- FRIEDT, W., 1992b. Breeding and agronomic development of linseed and sunflower for technical markets. In: New Crops for Temperate Regions (K. Anthony, ed.), 222-234. Chapman & Hall, London.
- GÜREL, A., K. NICHTERLEIN und W. FRIEDT, 1991. Shoot regeneration from anther culture of sunflower (*Helianthus annuus*) and some interspecific hybrids as affected by genotype and culture procedure. Plant Breeding 106, 68-76.
- LÜHS, W. und W. FRIEDT, 1993a. Major oil crops, in: Designer Oilseed Crops (D.J. Murphy, ed.), VCH Press Ltd. (im Druck).
- LÜHS, W. und W. FRIEDT, 1993b. Non-food uses of vegetable oils and fatty acids, in: Designer Oilseed Crops (D.J. Murphy, ed.), VCH Press Ltd. (im Druck).
- LÜHS, W., W. ECKE und W. FRIEDT, 1992. Die züchterische Entwicklung von Raps (*Brassica napus* L.) mit einem maximalen Erucasäuregehalt im Öl. In: Bericht Vortragsagung "Nachwachsende Rohstoffe: Industrieraps - Biotechnologie", Forschungszentrum Jülich GmbH/BMFT, Ref. 323 (ed.), Jülich, Germany, 81-105.
- NICHTERLEIN, K. und W. FRIEDT, 1993. Plant regeneration from isolated microspores of linseed (*Linum usitatissimum*). Plant Cell Reports 12, 426-430.
- NICHTERLEIN, K., H. UMBACH und W. FRIEDT, 1991. Genotypic and exogenous factors affecting shoot regeneration from anther callus of linseed (*Linum usitatissimum* L.). Euphytica 58, 157-164.
- THIERFELDER, A., W. LÜHS und W. FRIEDT, 1992. Breeding of industrial oilcrops with the aid of biotechnology: a review. Industrial Crops and Products 1, 261-271.

Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. Wolfgang Friedt, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I, Justus-Liebig-Universität, Ludwigstr. 23, D-35390 Gießen.