

Potentielle Industriepflanzen für die Erzeugung besonderer Fettsäuren

GERHARD RÜHL

Institut für Pflanzenbau

Einleitung

Eine ganze Reihe von Wildarten der Krautflora produziert ölhaltige Samen und diese können wegen ihres fetten Öls, das sich als Industriegrundstoff oleochemisch verarbeitet, als potentielle Nutzpflanzen angesprochen werden (Radatz und Hondelmann, 1981; Hondelmann und Radatz, 1982a,b,c und 1984; Hondelmann und Dambroth 1988, 1990).

Die derzeitige und zukünftig mögliche Bedeutung pflanzlicher Öle und Fette beschreibt Bra m m (1993). Für die aufskizzierten verschiedenen Verwendungszwecke sind Öle in verschiedenartiger Qualität erforderlich. Das bedeutet, hinsichtlich des Samenöls sind Parameter wie die Kettenlänge und der Sättigungsgrad der Fettsäuren im Fettmolekül von Bedeutung. Die Hauptfettsäuren sind im Bereich pflanzlicher Samenöle zumeist Ketten von 18 Kohlenstoffatomen, in die eine, zwei oder drei Doppelbindungen eingefügt sind. Bezüglich dieses Anteils der Fettsäuren in Samenölen bestehen art-spezifische Unterschiede.

Die wirtschaftlich besonders interessanten mittel- und kurzkettigen Fettsäuren können in Mitteleuropa aufgrund der bestehenden klimatischen Bedingungen durch den Anbau hier kultivierbarer Pflanzenarten nicht produziert werden. Somit bleiben die von Bra m m (1993) genannten häufigen Fettsäuren sowie eine Reihe natürlich vorkommender chemischer Modifikationen übrig. Bei diesen handelt es sich um Fettsäuren, die zum Beispiel konjugierte Doppel- oder Dreifachbindungen sowie Hydroxy- oder Epoxygruppen beinhalten. Abbildung 1 zeigt einige dieser besonderen Fettsäuren sowie die sie produzierenden Pflanzenarten (nach Meyer zu B e e r e n t r u p, 1986). Die Bedeutung dieser ungewöhnlichen Fettsäuren für die jeweilige Pflanzenart ist weitestgehend unbekannt. Für den Chemiker hingegen sind es sehr interessante Ausgangsverbindungen, bieten sie doch in der sonst reaktionsträgen (paraffinen) Kohlenwasserstoffkette neue Ansatzpunkte für zahlreiche erwünschte Derivatbildungen.

Nun handelt es sich bei diesen Arten ausnahmslos um Wildpflanzen, deren Nutzbarmachung an intensive Evaluierungs- und Züchtungsaktivitäten geknüpft ist. Eine Evaluierung der Wildarten unter dem Gesichtspunkt der Ölproduktion hat neben der Untersuchung auf Quantität und Qualität der fetten Öle vor allem die Möglichkeit ihrer landwirtschaftlichen Nutzung zu prüfen. Für die Domestikation - also die Überführung von Wildarten in eine für die pflanzenbauliche Nutzung geeignete Form - ist die Kenntnis bestimmter botanischer sowie agronomischer Daten bedeutsam, insbesondere die Frage nach der Möglichkeit eines reinen Bestandsanbaus überhaupt. Diejenigen Arten, die am natürlichen Standort ohnehin echte Bestandesbilder darstellen, dürften weniger schwierig zu behandeln sein als solitär oder verstreut wachsende. Besonders vorteilhaft sind dabei Wildarten der Ackerbegleitflora. Der Leindotter (Bra m m, 1993) bietet ein hervorragendes Beispiel für die Anpassungsfähigkeit einer derartigen Wildpflanze an die Bedingungen des Pflanzenbaus. Ein weiteres bedeutsames Kriterium ist die Art der Samenverbreitung, da bei-

spielsweise Schleuderfrüchte oder pappustragende Flugsamen äußerst nachteilig gegenüber festsetzenden, nicht ausstreuenden Fruchtbildungen sind.

Echte Wildarten in Kultur zu nehmen ist ein schwieriger und langwieriger Prozeß. Am Anfang steht die Sammlung von Vertretern aus ökologisch und geographisch divergenten Herkünften, um die inter- und intraspezifische Variationsbreite der Art zu erfassen. Diese Herkunftspopulationen werden pflanzenbaulichen und biochemischen Untersuchungen unterworfen und führen zur Entstehung vorselektierter Populationen. Diese Erstellung sogenannter Basispopulationen, die als Stämme mit verbesserten Merkmalsausprägungen das Ausgangsmaterial für die eigentlichen Züchtungsarbeiten darstellen, nimmt einen Zeitraum von etwa 10 bis 12 Jahren in Anspruch. In einer allgemeinen Formulierung zeigt die Abbildung 2 ein derartiges Entwicklungsprogramm.

Werden die Arbeiten breit genug angelegt, dürften auch die Basispopulationen sowohl in ausreichender Zahl vorhanden als auch in sich genetisch breit genug fundiert sein, um eine

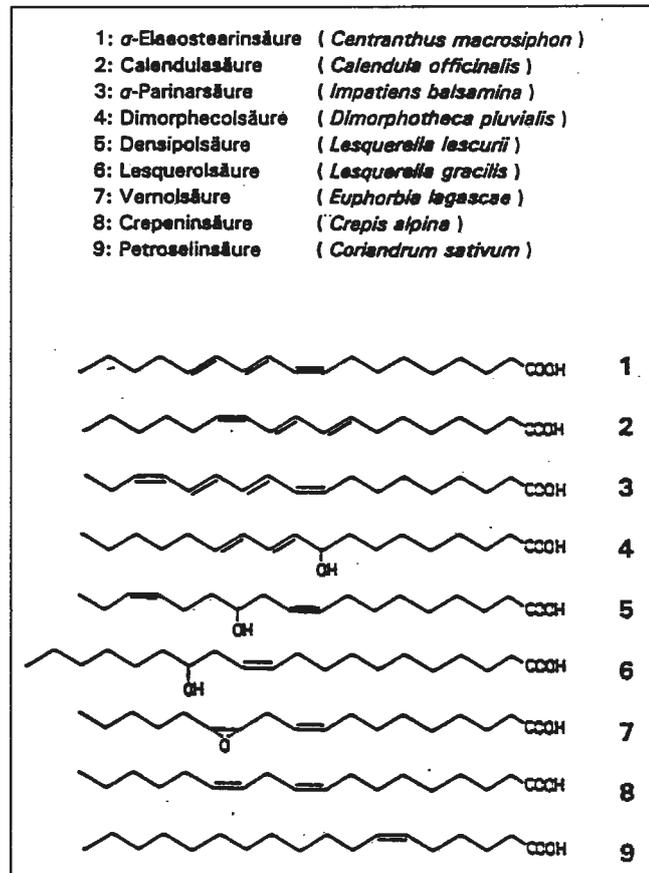


Abbildung 1: Ungewöhnliche Fettsäuren im Samenöl einjähriger Pflanzenarten

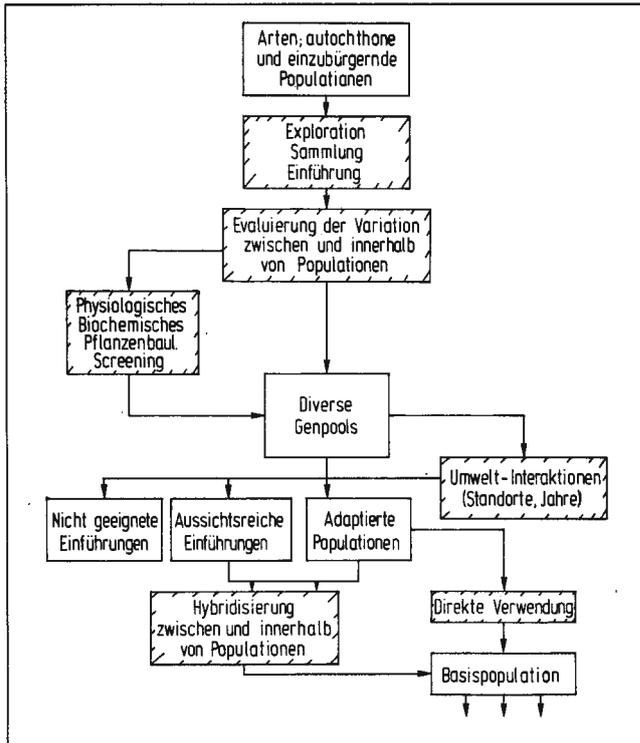


Abbildung 2: **Grundschema der Entwicklung von Basispopulationen für Wildarten**

Pflanzenhabitus:	Ähnlichkeit mit vergleichbaren Kulturpflanzen
Reservestoffbildung:	Hoher Ölgehalt, Vorherrschen möglichst einer Fettsäure
Ökologische Eignung:	Anpassung an Ackerstandorte
Eignung für Anbau in Reinbeständen:	Hohe Individuenzahl in geschlossenen Beständen
Fruchtfolgestellung:	Einpassen in Fruchtfolgesysteme
Merkmalsvariation:	Erbliche Unterschiede in den Merkmalsausprägungen

Tabelle 1: **Entscheidungskriterien für die Domestikation von Wildarten**

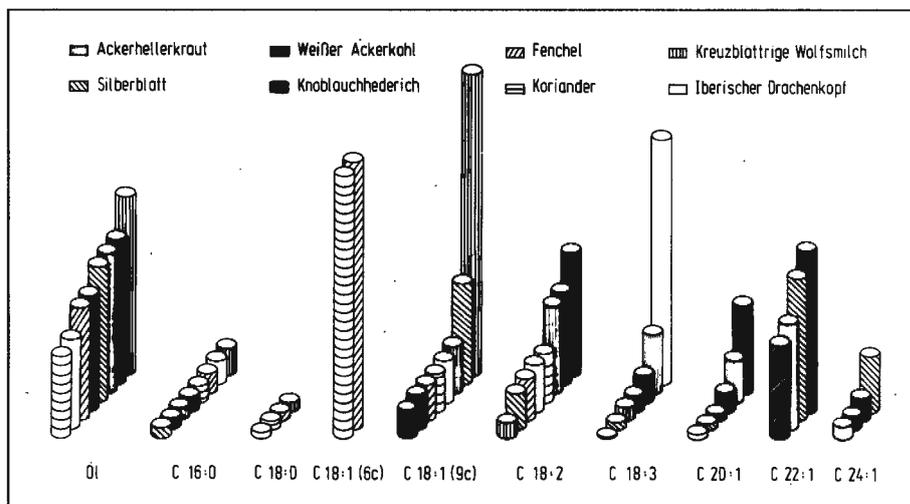


Abbildung 3: **Ölgehalt und Fettsäuremuster verschiedener Wildarten**

ausreichende Grundlage für die Züchtung abzugeben. Da dann auf artspezifisch vorbereitetes Material zurückgegriffen werden kann, könnte sich die eigentliche Züchtungsarbeit in den bekannten Zeiträumen bewegen. Die hier skizzierten konventionellen Entwicklungsvorhaben können in sinnvoller Weise durch Mutationsversuche, in vitro-Techniken oder molekularbiologische Ansätze unterstützt werden. Die Notwendigkeit ihrer Anwendung bleibt jedoch objektbezogen zu untersuchen.

Ergebnisse

Da die Zahl einheimischer und eingebürgerter samenölhaltiger Wildarten außerordentlich groß ist, galt es solche ausfindig zu machen, die möglichst optimal eine Reihe von Kriterien erfüllen. Eine Auswahl der bedeutendsten dieser Merkmale zeigt Tabelle 1.

Neben der Kreuzblättrigen Wolfsmilch (*Euphorbia lathyris* L.) und einer Reihe von Umbelliferenarten wurden aus Arbeiten am Institut folgende Arten als besonders geeignet identifiziert (Radatz und Hondelmann, 1981; Hondelmann und Gruner 1984; Hondelmann und Radatz 1984b; Hondelmann 1986; Hondelmann 1987b):

- Ackerhellerkraut (*Thlaspi arvense*)
- Leindotter (*Camelina sativa*)
- Weißer Ackerkohl (*Coringia orientalis*)
- Iberischer Drachenkopf (*Lallemantia iberica*)

Allen vorgenannten Arten ist ein hoher Ölgehalt und/oder ein interessantes Fettsäurespektrum gemeinsam, und sie können damit spezifische Ausgangsverbindungen für die chemische Industrie darstellen. Abbildung 3 zeigt Ölgehalt und Fettsäurespektrum dieser Arten unter Einbeziehung der Kreuzblättrigen Wolfsmilch. Fenchel und Koriander stehen für die Familie der Umbelliferen.

Im folgenden wird ein Statusbericht zum Entwicklungsstand der *Euphorbia lathyris* gegeben sowie einige neuere Evaluierungsdaten zur sehr interessanten Gruppe der Doldengewächse präsentiert.

Kreuzblättrige Wolfsmilch (*Euphorbia lathyris* L.):

1. Allgemeines

Diese Wildpflanzenart produziert zwar keine besondere Fettsäure im oben genannten Sinne, ist jedoch aufgrund ihres Fettsäurespektrums von großem Interesse (Tabelle 2). Der sehr hohe Fettgehalt von durchschnittlich 48 % ist gekoppelt

mit einem Ölsäureanteil von ca. 83 % im Samenöl (Hondelmann und Radatz 1982, 1983; Hondelmann 1987c; Hondelmann und Dambroth 1988b, 1990b).

Diese Pflanzenart ist nicht nur unter dem Aspekt einer Ölpflanze von wissenschaftlichem Interesse, sondern sie wird andernorts primär ihres in der grünen Pflanze gespeicherten Milchsaftes (Latex) bearbeitet (Calvin et al., 1977, 1980). Dieser Latex besitzt einen Brennwert, der dem des Dieselöls praktisch gleichwertig ist und damit diese Pflanze auch unter dem Gesichtspunkt einer Energiepflanze bedeutsam erscheinen läßt. Die Bedeutung der *Euphorbia lathyris* als potentielle Ölfrucht fand ihren sichtbaren Ausdruck in mehreren vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten geförderten Forschungsvorhaben (Standort Hovedissen) und einem Pilotprojekt für den Anbau im süddeutschen Raum (Standort Ebelsbach).

Den ersten Schritt in Richtung einer Inkulturnahme einer derartigen Wildpflanzenart stellt die Domestikation dar, also die Eliminierung der unerwünschten Wildtypmerkmale zugunsten von Merkmalen, die eine landwirtschaftliche Nutzung gestatten. Eine Reihe der bedeutendsten Merkmale ist in der Tabelle 3 aufgeführt.

2. Züchtungs- und Anbauversuche

Im Rahmen der am Institut durchgeführten Züchtungsaktivitäten konnten sehr bald aus einer aufspaltenden Herkunft einjährige, sommerannuelle Typen entwickelt werden. Die weiteren Arbeiten konzentrierten sich ausschließlich auf dieses vielversprechende Material, während andernorts die züchterischen Arbeiten an zweijährigen Formen weitergeführt wurden, die sich als Winterannuelle anbauen lassen (Hovedissen, Ebelsbach).

Das Problem der teilweise außerordentlich hohen Samenverluste von bis zu 70 % des Erntegutes durch das für den Wildtyp charakteristische Aufspringen der reifen Früchte ("Springwolfsmilch") konnte ebenfalls relativ schnell gelöst werden. Die für dieses Merkmal Frucht- bzw. Samenhaltevermögen verantwortlichen Spaltungsverhältnisse sind genetisch einfach, so daß durch eine effektive Isolierung der im Erbgang rezessiven, "nicht-springenden" Genotypen dieser partiell allogamen Spezies zum Schutz vor Fremdbestäubung durch Insekten der Übergang zur Springfestigkeit binnen kurzem erreicht werden konnte.

Die stark ausgeprägte primäre Keimruhe der Samen untersuchte Grahl (1986). Er mußte feststellen, daß keine der üblichen Vorbehandlungen während der ersten Hälfte der Ruheperiode eine vorzeitige Keimung induzieren kann. Erst während der zweiten Hälfte kann diese Keimbereitschaft durch angehobene Lagerungstemperaturen ausgelöst werden. Dieser Befund steht im Einklang zu der Beobachtung, daß sowohl bei einem Gewächshausanbau als auch bei Kultivierung in wärmeren Klimata die Keimruhespanne der Samen teilweise deutlich verkürzt ist.

Diese starke Keimruhe stellt jedoch kein Hindernis für eine Kultivierung dieser Pflanzenart dar, da sie bei den einjährigen Typen in der Zeit zwischen Ernte (Oktober) und Aussaat im darauffolgenden Frühjahr auf natürliche Weise aufgehoben wird und bei Winteran-

nuellen Typen sowieso auf überlagertes Saatgut zurückgegriffen werden muß.

Ein ernstes Problem stellt jedoch derzeit noch die mangelhafte Qualität des Erntegutes aufgrund der langanhaltenden Reifepériode dar, die insbesondere bei den einjährigen Genotypen erst bei ungünstigen Witterungsbedingungen im Herbst beendet wird. Für dieses Merkmal des derartig stark ausgeprägten indeterminierten Wachstums zeigen Schätzwerte für die Heritabilität keine allzu günstige Ausgangssituation (Hondelmann, 1987a). Bisher konnten als Lösungsansatz dieses Problems auch noch keine echten frühreifen Genotypen aufgespürt werden.

Dazu kommt erschwerend hinzu, daß die Pflanzen nur unter günstigsten Klima- und Witterungsverhältnissen so rechtzeitig absterben, daß ohne zusätzliche Behandlung der Bestand maschinell abgeerntet werden kann. Im Regelfall wird ein Abspritzen mit einem Kontaktherbizid erforderlich.

Die Ernte mit dem Mähdröschler ist zwar möglich, jedoch zeigt ein hoher Anteil des Erntegutes mechanische Beschädigungen. Hier ist eine Optimierung der Technik zwingend erforderlich, um diesen bis zu 25 % betragenden Bruchkornanteil zu minimieren. Wichtig ist derzeit die Einstellung einer niedrigen Mähdruschzahl, ein weiteres Kriterium liegt jedoch auf Seiten der Samen, die nachweislich eine mangelnde Bruchfestigkeit aufweisen (Hondelmann, 1990b). Bezüglich dieses Merkmals ist allerdings eine günstige Ausgangssituation für züchterische Ansätze gegeben.

3. Ertragsleistung

Zu Beginn der Arbeiten 1983/84 mit den selektierten einjährigen Genotypen lag das Ertragsniveau dieser Formen mit lediglich 12 dt/ha um 55 % und damit wesentlich unter demjenigen der Winterannuellen. Den Züchterfolg zeigt besonders deutlich eine 1988 und 1989 durchgeführte Leistungsprüfung (Tabelle 4).

Komponenten	Gehalt (%)	
	Spannweite	Mittelwert
Öl	43,4 - 53,9	48,6
Palmitinsäure C16:0	5,6 - 7,4	6,4
Stearinsäure C18:0	1,2 - 1,8	1,5
Ölsäure C18:1	80,7 - 84,6	83,1
Linolsäure C18:2	3,2 - 4,8	4,2
Linolensäure C18:3	2,5 - 4,5	3,3
Eicosensäure C20:1	1,4 - 1,8	1,5

Tabelle 2: Ölgehalt und Fettsäuremuster von 15 *Euphorbia lathyris*-Herkünften

Merkmal	Wildtyp	Kulturpflanze
Wachstumszyklus	zweijährig	einjährig
Samenruhe (Dormanz)	stark ausgeprägt	schwach ausgeprägt bzw. fehlend
Frucht-/Samenhaltevermögen	fehlt	vorhanden
Blüh- und Reifepériode	ausdauernd	konzentriert
Toxische Inhaltsstoffe	vorhanden	nur wenig vorhanden oder fehlend

Tabelle 3: Wichtigste Wildtyp- und Kulturmerkmale von *Euphorbia lathyris*

Stamm	1988	1989	x
1	22,2	21,7	21,9
2	21,3	21,6	21,5
3	20,7	21,2	20,9
4	22,6	21,3	21,9
x	21,7	21,4	21,6

Tabelle 4: **Zweijährige Leistungsprüfung von 4 Stämmen der *Euphorbia latbyris* (4 Wiederholungen, Parzellengröße 12 m²; Angaben in dt/ha)**

Der Samenertrag konnte mit durchschnittlich 21,6 dt/ha demjenigen der zweijährigen Formen deutlich angenähert werden. Berücksichtigt man den Ölgehalt von durchschnittlich 48 %, so ergibt sich ein Ölertrag von 10,4 dt/ha sowie eine theoretische Ölsäureausbeute von 8,3 dt/ha bei Annahme eines Ölsäureanteils von 80 % im Samenöl. Eine weitere, einjährige Leistungsprüfung mit zehn anderen Stämmen ergab einen mittleren Ertrag von sogar 23,9 dt/ha bei unverändert hohem Ölgehalt und Ölsäureanteil im Samenöl. Damit konnten die einjährigen Genotypen das Ertragsniveau der zweijährigen Typen erreichen.

4. Schadstoffgehalt

Ein ernstzunehmendes Problem war bereits seit dem ersten Kontakt mit dieser Pflanzenart bekannt. Sowohl die Samen als auch der Milchsaft beinhalten hautreizende (irritierende) Substanzen, sekundäre Pflanzenstoffe, die chemisch als oligozyklische, polyfunktionelle Diterpenester charakterisiert sind und als cocarcinogen und bedingt tumorauslösend einzustufen sind (Adolf und Hecker, 1975; Hecker und Sosath, 1989). Die Frage der Klärung dieser toxikologischen Aspekte und die Entwicklung eines analytischen Schnelltests, der im Rahmen eines Züchtungsprogramms auch zur Unterstützung der interessierten privaten Pflanzenzüchter eingesetzt werden kann, führten zu einer engen Kooperation mit dem Institut für Biochemie (Prof. Hecker) des Deutschen Krebsforschungszentrums in Heidelberg. Der ursprünglich einzusetzende Tierversuch (Mäuseohrtest) konnte zwar durch ein HPLC-Verfahren ersetzt werden; dieses stellt jedoch noch keinen Schnelltest dar, der für die Selektion einer Vielzahl von Stämmen im Rahmen eines speziell auf die Eliminierung dieser unerwünschten Begleitstoffe

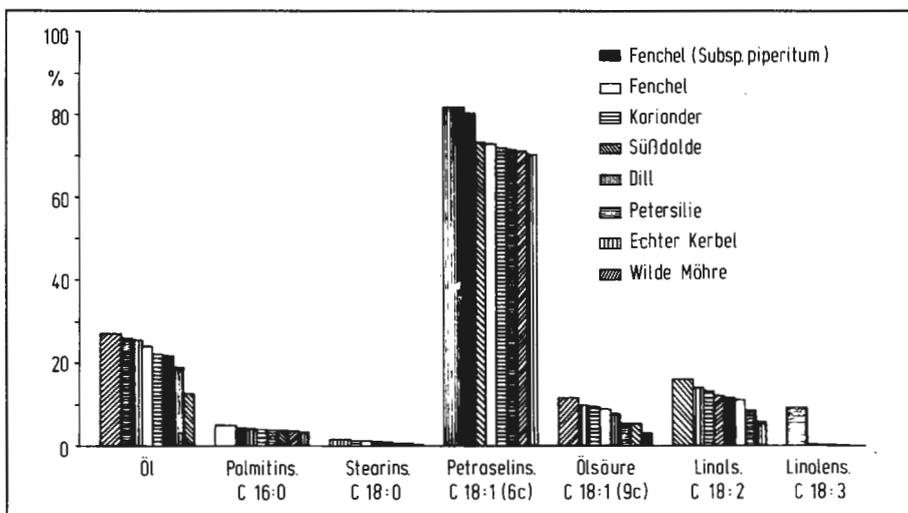


Abbildung 4: **Fettsäurespektrum ausgewählter Vertreter der Familie der Doldenblütler**

Die Frage der Klärung dieser toxikologischen Aspekte und die Entwicklung eines analytischen Schnelltests, der im Rahmen eines Züchtungsprogramms auch zur Unterstützung der interessierten privaten Pflanzenzüchter eingesetzt werden kann, führten zu einer engen Kooperation mit dem Institut für Biochemie (Prof. Hecker) des Deutschen Krebsforschungszentrums in Heidelberg. Der ursprünglich einzusetzende Tierversuch (Mäuseohrtest) konnte zwar durch ein HPLC-Verfahren ersetzt werden; dieses stellt jedoch noch keinen Schnelltest dar, der für die Selektion einer Vielzahl von Stämmen im Rahmen eines speziell auf die Eliminierung dieser unerwünschten Begleitstoffe

- keine Saatgutbeizung möglich
- kein Flüssigdünger einsetzbar
- Fruchtfolgegestaltung ungeklärt
- niedrige Mähdruschzahl erforderlich
- hoher Anteil unreifer und nackter Samen
- Lipaseaktivität beim Abpressen des Öls
- Anstieg der Säurezahl bei Samenlagerung
- phytopathologische Probleme, z.B. Kapselabwurf infolge Pilzbefalls
- irritierende und cocarcinogene Inhaltsstoffe
- Stratifikation der Samen erforderlich (2-Jährige)
- Selektion winterharter Typen
- Einsatzbereiche des Öls noch nicht ausgereizt

Tabelle 5: **Probleme und offene Fragen beim Anbau der *Euphorbia latbyris***

Art	Ölgehalt (%)	x
Dill (<i>Anethum graveolens</i>)	17,4 - 22,3	18,8 (12)
Koriander (<i>Coriandrum sativum</i>)	16,3 - 27,7	22,1 (46)
Fenchel (<i>Foeniculum vulgare</i>)	18,3 - 25,5	22,5 (9)
Möhre (<i>Daucus carota</i>)	13,8 - 28,0	18,9 (9)
Petersilie (<i>Petroselinum crispum</i>)	24,8 - 30,1	27,5 (7)
Pastinak (<i>Pastinaca sativa</i>)	19,8 - 29,9	25,2 (12)
Schierling (<i>Conium maculatum</i>)	21,9 - 30,9	26,9 (6)
Engelwurz (<i>Angelica archangelica</i>)	18,8 - 22,4	20,8 (6)
Kümmel (<i>Carum carvi</i>)	25,8 - 31,3	29,2 (8)
Riesenhärenklau (<i>Heracleum mantegazzianum</i>)	18,7 - 29,1	25,6 (12)
Wiesenhärenklau (<i>Heracleum sphondylium</i>)	11,8 - 23,3	18,5 (52)
Liebstöckel (<i>Levisticum officinale</i>)	22,2 - 23,9	23,0 (3)

Tabelle 6: **Ausgewählte Vertreter der Familie der Doldenblütler**

ausgerichteten Zuchtprogramms geeignet wäre.

Neuere Untersuchungen konnten allerdings zeigen, daß die Erhitzung der Samen auf Temperaturen von 70 °C und mehr z.B. während der Ölabbpressung zur Zerstörung dieser Diterpenester führt (Janzen, pers. Mitteilung). Damit wären zwar die Probleme für die Verarbeitung und Verwendung des Öls deutlich reduziert, nicht jedoch die mit dem Anbau dieser Pflanzenart verknüpften Risiken. Erst mit der Erstellung von Basispopulationen auf der Grundlage eines schadstoffarmen oder -freien Ausgangsmaterials sind die pflanzenbaulichen Maßnahmen zu präzisieren.

5. Bewertung des Entwicklungsstandes

Gerade diese letzten Aspekte machen sehr deutlich, daß es sich bei der Kreuzblättrigen Wolfsmilch noch keinesfalls um eine anbaureife Kulturpflanze handelt. Zu viele offene Fragen sind noch mit dem Anbau dieser Wildpflanzenart verbunden; die bedeutendsten Problemfelder sind in Tabelle 5 stichwortartig aufgelistet.

Umbelliferen

1. Allgemeines

Die Doldengewächse (Umbelliferae) sind auch unter dem Aspekt ölliefernder Pflanzenarten von Interesse, da ihr Samenöl eine für diese Pflanzenfamilie typische Fettsäure, die Petroselinensäure (nach IUPAC cis-6-Octodecensäure) beinhaltet. Diese Fettsäure zeichnet sich durch das Vorhandensein einer Doppelbindung an der 6,7-Position aus, die mittels oxidativer Ozonolyse leicht gespalten werden kann. Als Bruchstücke erhält man die Laurinsäure, eine mittelkettige Fettsäure, und die Adipinsäure. Gerade das Endprodukt Laurinsäure ist deshalb so bemerkenswert, weil es bisher ausschließlich als Bestandteil des Palmkern-, Kokos- und Bassoöls importiert werden mußte. Hier eröffnet sich also prinzipiell die Möglichkeit, durch den Anbau von bisher seit Jahrhunderten als Gemüse-, Gewürz- oder Arzneipflanzen genutzte Doldenblütlerarten wie Möhre (*Daucus carota* L.), Petersilie (*Petroselinum crispum* Mill.), Sellerie (*Aptium graveolens* L.), Kümmel (*Carum carvi* L.) oder Fenchel (*Foeniculum vulgare* Mill.) diesen in der chemischen Industrie in vielfachen Bereichen eingesetzten Rohstoff zu produzieren.

Bis vor wenigen Jahren waren kaum Bestrebungen erkennbar, züchterische Arbeiten mit dem Ziel der Entwicklung neuer Ölfrüchte aus der Familie der Doldengewächse einzuleiten, sei es über die Anhebung des Samenertes und eines

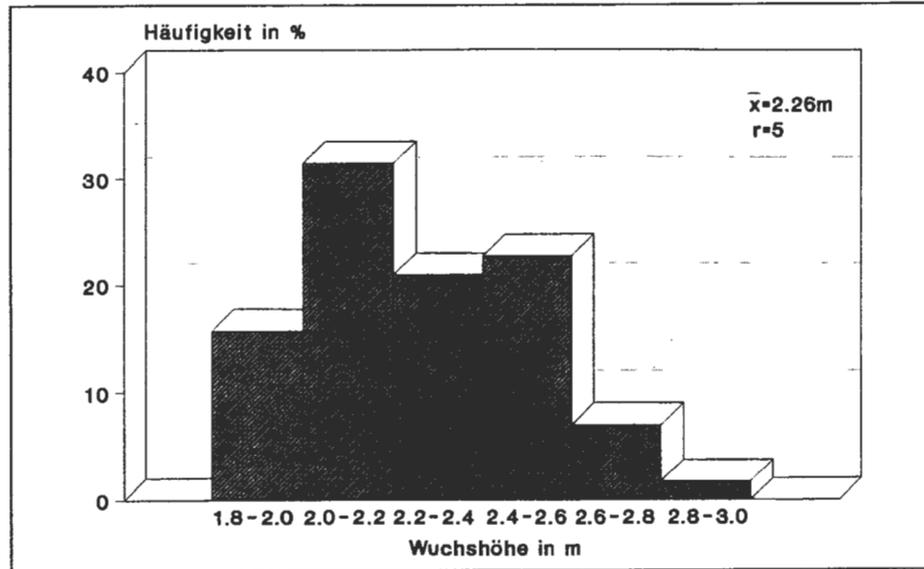


Abbildung 5: Häufigkeitsverteilung der Wuchshöhe 12 verschiedener Riesebärenklau-Herkünfte

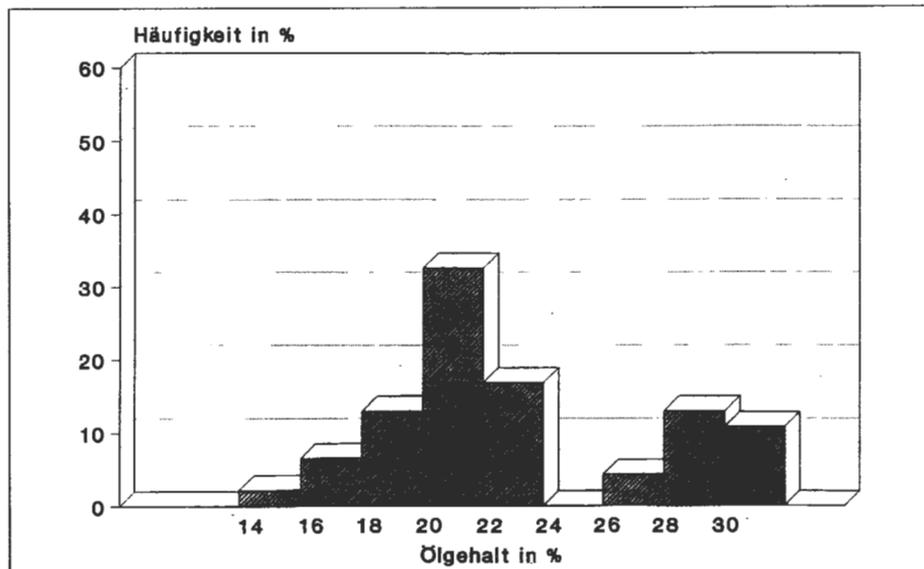


Abbildung 6: Häufigkeitsverteilung des Gesamtölgehaltes 46 verschiedener Koriander-Herkünfte

gesteigerten Ölgehalts bei bereits kultivierten Arten oder sei es über den Versuch, Wildarten zu domestizieren. Der Samenölgehalt ist für die Doldengewächse ohnehin kritischer zu bewerten als etwa für die Kreuzblütler.

2. Selektion und Erstevaluierung

Von dieser Vielzahl von Doldenblütlern, die weltweit etwa 2000 Arten in 250 Gattungen umfaßt, wurden anhand der einleitend genannten Kriterien 26 Arten ausgewählt, mit denen sich das Institut mehr oder weniger intensiv beschäftigt (Hondelmann, 1985; Hondelmann und Dambroth, 1987; Abschlußbericht Forschungsauftrag Nr. 87 NR 007). Eine Auswahl der am Institut intensiver bearbeiteten Vertreter dieser Umbelliferen zeigt Tabelle 6.

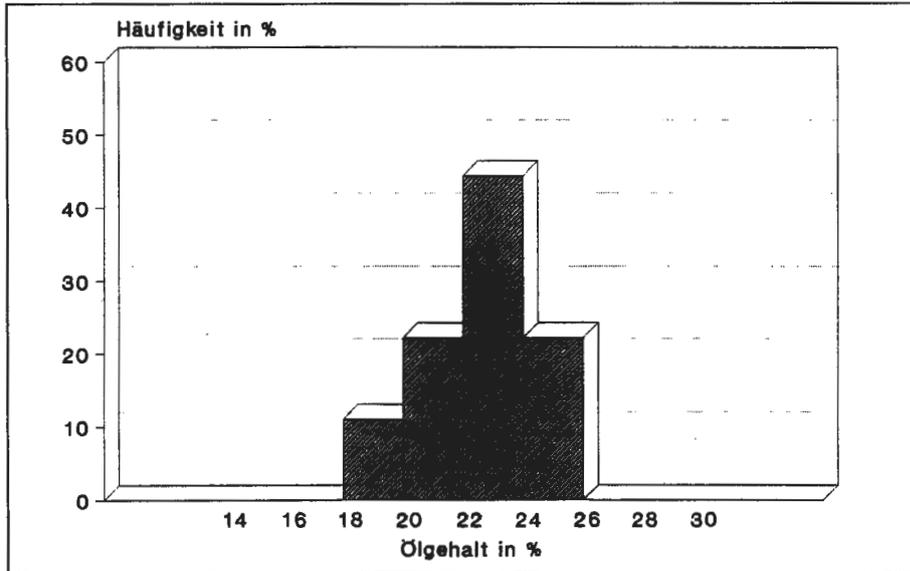


Abbildung 7: Häufigkeitsverteilung des Gesamtölgehaltes 9 verschiedener Fenchel-Herkünfte

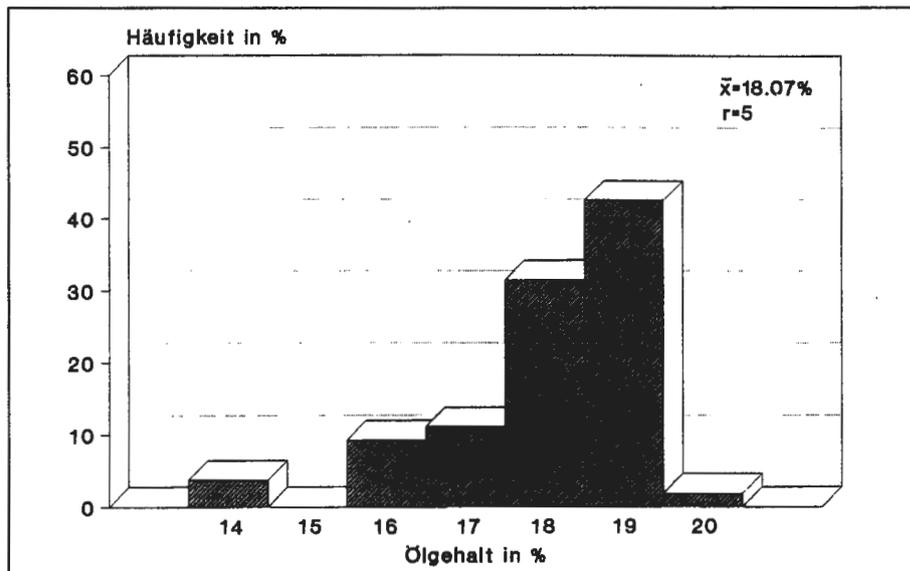


Abbildung 8: Häufigkeitsverteilung des Gesamtölgehaltes 12 verschiedener Riesenbärenklau-Herkünfte

Dargestellt sind außerdem die Minima, Maxima sowie Durchschnittswerte des Gesamtölgehaltes, wie sie in der Erstevaluierung 1986/87 ermittelt wurden. Danach lassen sich die untersuchten Arten in drei Gruppen einteilen. Die erste Gruppe enthält Arten mit geringem durchschnittlichen Ölgehalt (< 21 %) wie Dill, Möhre, Engelwurz und Wiesenbärenklau, die zweite Gruppe Arten mit mittlerem Ölgehalt (21 - 26 %) wie Liebstöckel, Koriander, Fenchel, Pastinak und Riesenbärenklau, und die dritte Arten mit relativ hohem Ölgehalt (26 - 30 %) wie Petersilie, Schierling und Kümmel. Betrachtet man die Variabilität bezüglich des Merkmals Gesamtölgehalt, so scheint eine züchterische Bearbeitung in dieser Hinsicht insbesondere bei Kümmel, Schierling, Petersilie, Riesenbärenklau, Pastinak, Möhre und Koriander erfolgversprechend.

Abbildung 4 gibt einen Überblick zum Fettsäurespektrum ausgewählter Umbelliferenarten. Deutlich erkennbar ist die wertbestimmende Fettsäure, die Petroselinensäure, die bei allen

Arten den höchsten Anteil aller im Samenöl enthaltenen Fettsäuren einnimmt. Von besonderem Interesse sind allerdings die Arten, bei denen diese Fettsäure einen Anteil von 70 % und mehr einnimmt wie im Falle der Möhre, der Petersilie, des Korianders, des Fenchels und des Dills.

3. Anbauversuche und ausgewählte Ergebnisse

Das Vorhaben zur Evaluierung dieser Umbelliferen begann im Herbst 1987, Feldversuche konnten erstmals im Frühjahr 1988 angelegt werden. Folgende Arten wurden dazu zunächst in Kleinparzellen angebaut:

- Bärenklau (*Heracleum mantegazzicum*)
- Engelwurz (*Angelica archangelica*)
- Liebstöckel (*Levisticum officinale*)
- Pastinak (*Pastinaca sativa*)
- Petersilie (*Petroselinum crispum*)
- Kümmel (*Carum carvi*)

Die vorgenannten Arten sind - wie die ganz überwiegende Mehrzahl der Vertreter der Umbelliferen - zweijährig; Blüten und Früchten erfolgen im zweiten Anbaujahr. Wie im Falle der *Euphorbia lathyris* wird auch bei diesen Arten verstärkt nach annualen Typen gesucht.

Seit 1989 beschäftigt sich das Institut im Rahmen der Erprobung nachwachsender Rohstoffe in einer Industriepflanzenrotation etwas intensiver mit den Arten Fenchel und insbesondere Koriander, denn von allen hier vorgestellten Arten ist der Koriander bezüglich seiner agronomischen Eigenschaften an die erste Stelle zu setzen, gefolgt vom Fenchel. In den Abbildungen 5 - 14

werden einige Ergebnisse aus Evaluierungs- und Anbauversuchen der bekannteren Arten Koriander und Fenchel denen des Riesenbärenklaus stellvertretend für eine typische Umbelliferenwildart gegenübergestellt. Letzterer unterscheidet sich nicht zuletzt wegen seiner enormen Wuchshöhe von 1,8 - 3,0 m von den beiden ersteren Arten (Abbildung 5). Für eine detailliertere Darstellung der Ergebnisse auch aus Versuchen mit den anderen angesprochenen Umbelliferenarten sei an dieser Stelle auf den Abschlussbericht über das Forschungsprogramm Nachwachsende Rohstoffe (Forschungsauftrag Nr. 87 NR 007) des Institutes hingewiesen.

In der ersten Evaluierungsstufe standen Merkmale wie Ölgehalt, TKM sowie in einigen Fällen Ertrag und dessen Beeinflussung durch Anbauparameter wie Bestandesdichte und Stickstoffbedarf im Blickpunkt des Interesses.

In den Abbildungen 6 - 8 sind die Resultate aus Leistungsprüfungen der Jahre 1990 bzw. 1991 für die drei Arten dargestellt. Im Falle des Korianders (Abbildung 6) konnte bei Prüfung von 46 unterschiedlichen Genotypen eine Variabilität bezüglich des Merkmals "Ölgehalt" im Bereich von 15,9 und 33,6 % ermittelt werden.

Der überwiegende Teil der untersuchten Typen bewegte sich allerdings in der Region von 20 - 22 %. Ergebnisse der Evaluierung von 9 Fenchelherkünften (Abbildung 7) zeigten im gleichen Anbaujahr sehr ähnliche mittlere Häufigkeiten bezüglich des Gesamtölgehalts, die Einzelwerte bewegen sich jedoch lediglich im Bereich von 18,3 bis 25,5 %.

Der Riesenbärenklau (Abbildung 8) blieb im Jahre 1991 aufgrund der jahresbedingten Witterung deutlich hinter den aus den Erstevaluierungen abgeleiteten Erwartungen zurück.

Die 12 getesteten Genotypen zeigten Ölgehalte von 10,2 bis herauf zu 19,6 %; daraus läßt sich ein durchschnittlicher Ölteil von 18,1 % in den Samen errechnen.

Betrachtet man die TKM-Gehalte der drei Arten (Abbildungen 9 - 11), so zeigt auch hier der Koriander die größte Variabilität (Abbildung 9).

Die Einzeldaten der evaluierten 39 Herkünfte zeigen eine Variation über den Bereich von 5,3 bis zu 18,3 g. Die Werte des TKM der 10 untersuchten Fenchelherkünfte (Abbildung 10) bewegen sich lediglich im Bereich von 6,6 bis herauf zu 9,2 g, während sich die Samen des Riesenbärenklau (Abbildung 11) beginnend bei 6,2 g bis auf Werte von 22,1 g hinauf erstrecken.

Anlässlich dieser Leistungsprüfung erschien insbesondere der Samenertrag des Riesenbärenklau als Vertreter der Umbelliferenwildtypen von besonderem Interesse (Abbildung 12).

Die aus Kleinparzellen hochgerechneten potentiellen Erträge der untersuchten 12 Herkünfte dieser Art reichen von 9,2 dt/ha bis herauf zu 71,8 dt/ha und zeigen damit eine züchterisch äußerst interessante Variabilität.

Einen Hinweis auf den Anteil der wertbestimmenden Petroselinensäure gibt die Analyse des Anteils der einfach ungesättigten Fettsäurefraktion mit einer Kettenlänge von 18 Kohlenstoffatomen, die nahezu ausschließlich aus Öl- und Petroselinensäure besteht. Literaturangaben zufolge enthält diese Fraktion etwa 80 - 90 % Petroselinensäure. Abbildung 13 zeigt einen Anteil von 59,7 bis herauf zu 69,6 % im Samenöl auf.

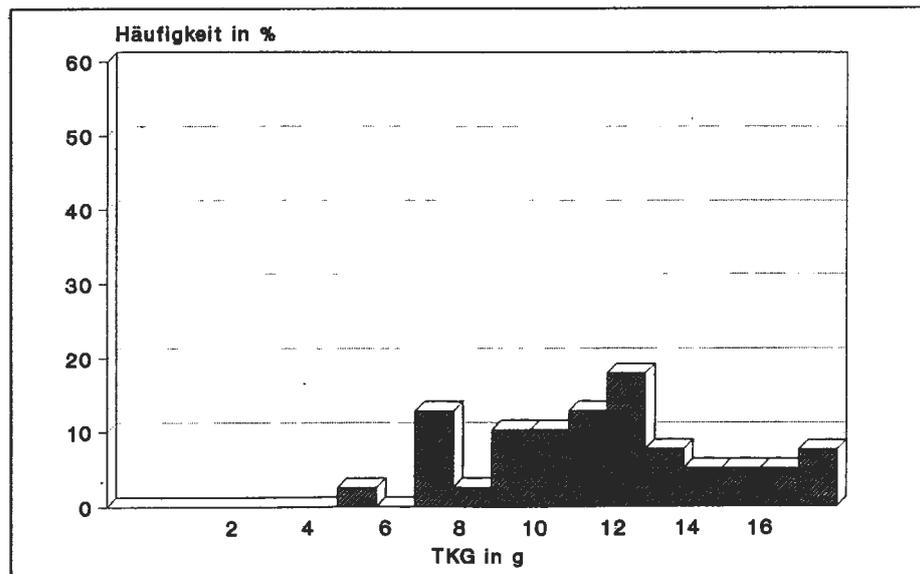


Abbildung 9: Häufigkeitsverteilung des TKM 39 verschiedener Koriander-Herkünfte

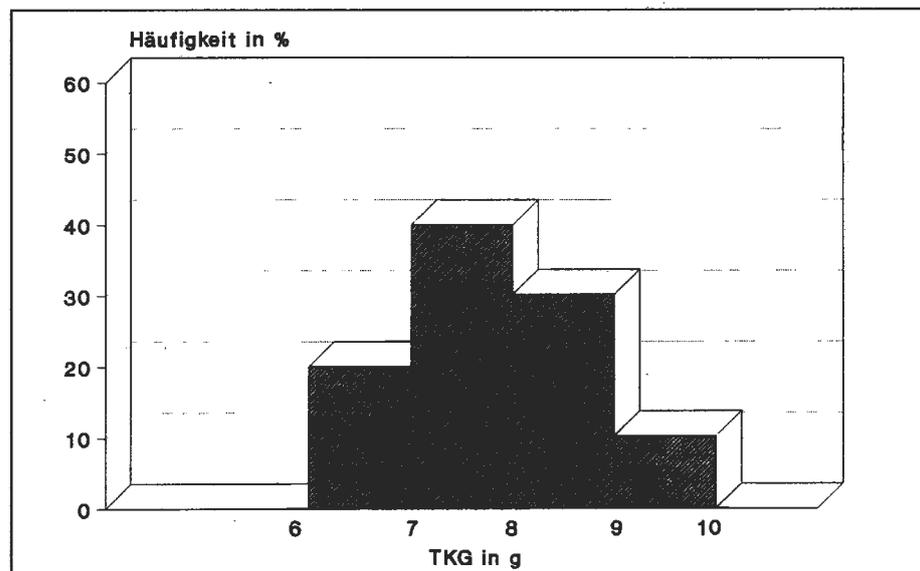


Abbildung 10: Häufigkeitsverteilung des TKM 10 verschiedener Fenchel-Herkünfte

Seit 1989 werden am Institut Untersuchungen zur Produktionstechnik von Koriander durchgeführt. Im Mittelpunkt stand dabei die Frage nach der Beeinflussung des Kornertrages durch die Höhe der Stickstoffdüngung sowie die Bestandesdichte. Aus den Ergebnissen der Jahre 1989 und 1990 (Abbildung 14 zeigt nur die Daten des Jahres 1989) wird deutlich, daß sich die optimale Bestandesdichte etwa in der Größenordnung 40 - 50 Pflanzen/m² bewegt. Die Höhe der Stickstoffdüngung hatte in beiden Jahren nur geringe Auswirkungen auf den Kornertrag, so daß vermutlich 60 kg N/ha als Maximalgabe anzusehen sind. Wenn sich diese Ergebnisse in den weiteren Versuchen bestätigen, kann Koriander somit als echte Low-Input-Pflanze bezeichnet werden. Die Maximalerträge lagen 1989 bei 15 dt/ha, 1990 bei 21 dt/ha. Es ist zu erwarten, daß sich bei Optimierung der Produktionstechnik die Erträge noch steigern lassen.

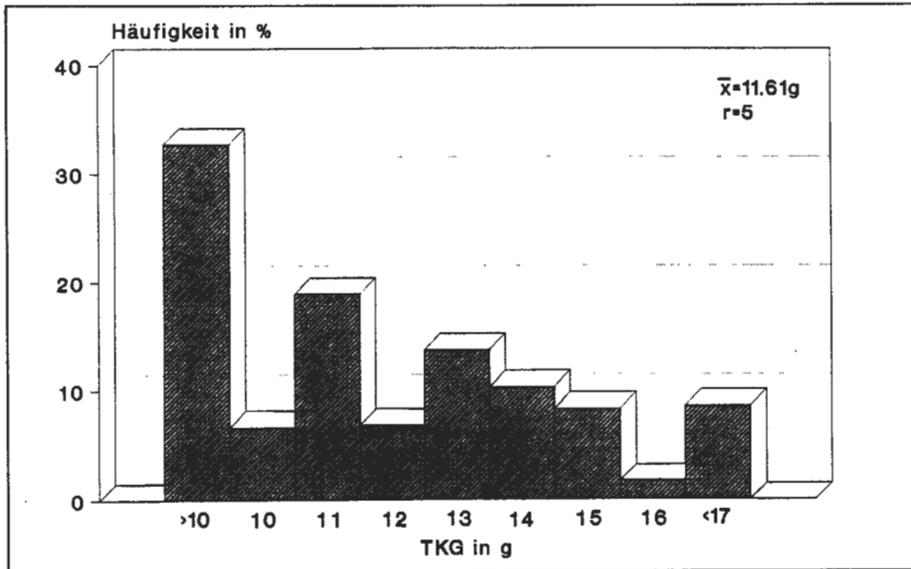


Abbildung 11: Häufigkeitsverteilung des TKM 12 verschiedener Riesenbärenklau-Herkünfte

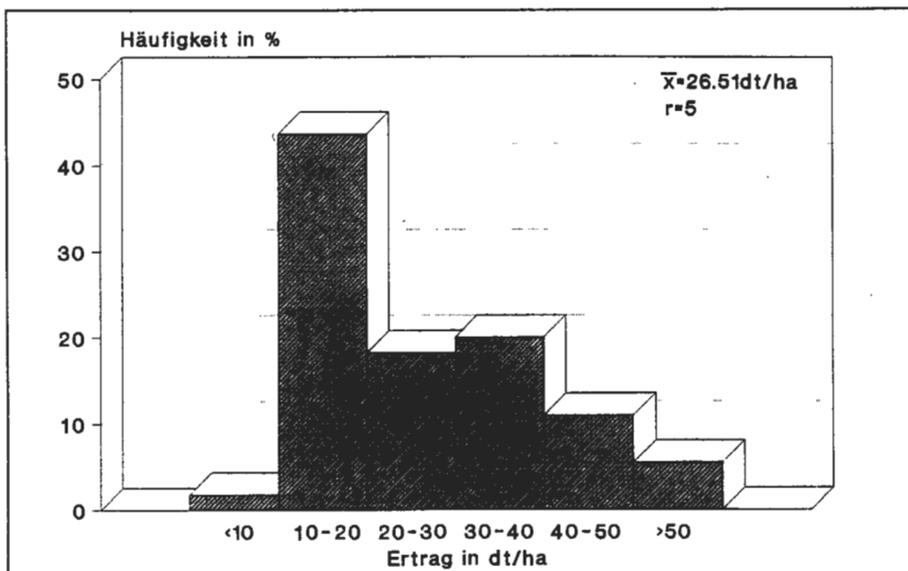


Abbildung 12: Häufigkeitsverteilung des Ertrages 12 verschiedener Riesenbärenklau-Herkünfte

4. Ausblick

Um überhaupt eine Umbelliferenart zu einer anbauwürdigen Nutzpflanze entwickeln zu können, muß zunächst die genetische Variation innerhalb der jeweiligen Spezies im Hinblick auf die für dieses Ziel wichtigen Eigenschaften bzw. Merkmale überprüft werden. Mit derartigen Arbeiten wurde wie eben beschrieben am Institut begonnen. Erst wenn es sich aufgrund der Evaluierung einer hinreichend großen Anzahl von Herkünften aus dem Verbreitungsgebiet der betreffenden Art erweist, daß die diesbezügliche genetische Variation ausreicht, ist der Versuch der Domestikation von Wildarten und der Weiterentwicklung von bereits genutzten Arten gerechtfertigt.

Der bei den Doldengewächsen ganz überwiegend nicht feste Fruchtsitz zum Zeitpunkt der Vollreife ist hier von größ-

ter Wichtigkeit. Damit eng verknüpft ist die zeitliche Abfolge der Doldenblüte, die ihrerseits Blüh- und Reifedauer beeinflusst, und die Frage, inwieweit die Bestandesdichte darauf regulierend einzuwirken vermag.

Samenphysiologische Eigenschaften wie Keimruhe und -kraft, Dauer der Keimfähigkeit und optimale Keimungsbedingungen müssen ohne Zweifel bei vielen Arten untersucht werden, bevor mit Hilfe geeigneter Selektionsmaßnahmen das Niveau von Kulturpflanzen angestrebt werden kann.

Das Ertragspotential ist nur schwer abzuschätzen. Literaturangaben schwanken im Gesamtdurchschnitt zwischen 2 und 20 dt/ha. Da aber, wie schon erwähnt, offensichtlich bei diesen Arten, auch bei solchen, deren Samen den Nutzungswert bestimmen, nicht kontinuierlich auf hohen Samenertrag gezüchtet worden ist, sind auch diese Zahlen mit Zurückhaltung zu werten. Heutige Samenemten werden unter günstigen klimatischen Verhältnissen mit durchschnittlich 4,5 dt/ha im Vergleich zu 4 - 12 dt/ha im Jahr 1929 angegeben. Es wird daher erforderlich sein, im Zuge weiterer Evaluierungsarbeiten bei der Schätzung der erblichen Variabilität das atypische Ertragspotential festzustellen.

Von ausschlaggebender Bedeutung ist des weiteren die Marktakzeptanz für das Produkt Petroselin säure. Bei der Spaltung des Moleküls entsteht als Nebenprodukt die Adipinsäure, welche u.a. bei der Nylonherstellung Verwendung findet. Inwieweit man für deutlich größere Mengen Adipinsäure einen Markt etablieren kann, ist bisher kaum bekannt. Dies kann und darf

jedoch nicht die einzige Nutzungsrichtung für diesen interessanten Rohstoff "Petroselin säure" darstellen. Für eine Bilanzierung des Anbaues vieler Umbelliferen ist auch die Berücksichtigung anderer wertgebender Inhaltsstoffe von Bedeutung, z.B. der ätherischen Öle. Die Klärung all dieser Aspekte erscheint uns lohnenswert und notwendig vor einer Anbauempfehlung für diese Pflanzenarten.

Zusammenfassung

Anhand des Standes der Entwicklungsarbeiten an der Kreuzblättrigen Wolfsmilch (*Euphorbia latbyris*) sowie ersten Evaluierungs- und Anbauversuchen der drei Umbelliferenarten Koriander (*Coriandrum sativum*), Fenchel (*Foeniculum vulgare*) und Riesenbärenklau (*Heracleum mantegazzianum*) wird verdeutlicht, daß es neben den bereits etablierten Kulturarten und einigen wenigen züchterisch besser bearbei-

teten Arten eine Reihe von potentiellen pflanzlichen Öllieferanten gibt. Diese Arten zeichnet eine hohe Ölqualität bzw. das Vorhandensein einer besonderen Fettsäure wie z.B. der Petroselinensäure im Falle der Doldengewächse aus und sie können in Zukunft als Lieferanten spezifischer Edukte für die chemische Industrie an Bedeutung gewinnen. Man darf dabei jedoch nicht vergessen, daß die Erstellung leistungsfähiger und konkurrenzfähiger Sorten dieser potentiellen ölliefernden Wildpflanzenarten ein langfristiges Unternehmen darstellt. Dieses wird anhand der vorgestellten Arten verdeutlicht.

Potential industrial plants for the production of special fatty acids

The status of research activities in caper spurge (*Euphorbia latyris*) as well as preliminary evaluation and cultivation experiments in the three umbelliferae species coriander (*Coriandrum sativum*), fennel (*Foeniculum vulgare*) and *Heraclium mantegazzianum* are shown. It is demonstrated, that a group of potential oilproducing wild plant species exists beside the established crop species. These species are characterized by a high oil quality or the occurrence of an unusual, specific fatty acid like the petroselinic acid of the seed oil in the family of umbelliferae and may become of importance as a specific educt for the chemical industry in the future. But it must be kept in mind, that the establishment of productive and competitive varieties of these potential oilproducing wild plant species is a long term assessment. The presented results give an impression about this aspect.

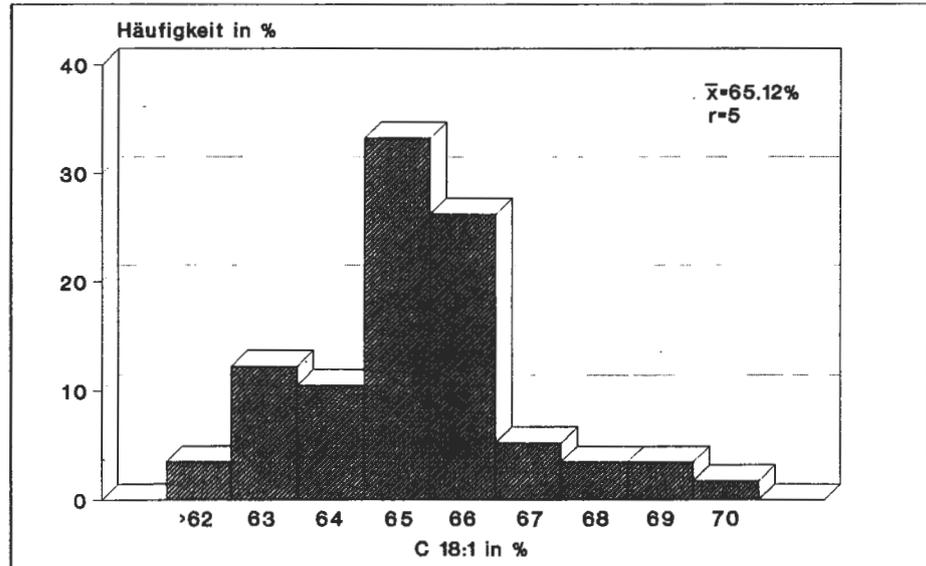


Abbildung 13: Häufigkeitsverteilung der C18:1-Fraktion von 12 Riesenkraut-Herkünften

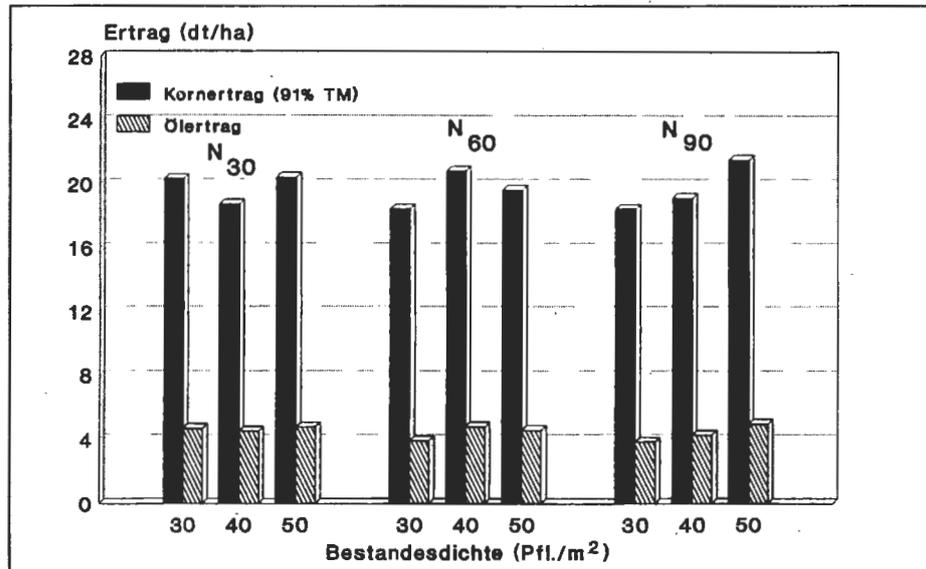


Abbildung 14: Korn- und Ölertrag von Korianther in Abhängigkeit von der Bestandesdichte, 1990

Literatur

Abschlußbericht: Untersuchungen über die Eignung semi-domestizierter ölsamenhaltiger Pflanzenarten, insbesondere aus der Familie der Doldenblütler (Umbelliferen), für den Industriepflanzenanbau. Abschlußbericht des Instituts für Pflanzenbau der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL) über das Forschungsprogramm "Nachwachsende Rohstoffe", Forschungsauftrag Nr. 87 NR 007 (1991).

Adolf, W. und Hecker, E. : On the active principles of the spurge family. III. Skin irritant and cocarcinogenic factors from the caper spurge. - Z. Krebsforschung 84 (1975), S. 325 - 344.

- Bramm, A.: Produktionsmöglichkeiten pflanzlicher Öle und ihre Verwendung im technischen Bereich. - Landbauforschung Völkenrode 43 (2) (1993) (in Vorbereitung).
- Calvin, M.: Hydrocarbons via Photosynthesis. - Energy Research 1 (1977), S. 299-327.
- Calvin, M.: Hydrocarbons from Plants: Analytical Methods and Observations. - Naturwiss. 67 (1980), S. 525-533.
- Grahl, A.: Keimungsphysiologische Untersuchungen an Industriepflanzen. - Arbeiten zur Züchtungsforschung - Bericht 1986, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der FAL, Braunschweig-Völkenrode (1986), S. 43.
- Hecker, E. und Sosath, S.: Wolfsmilchgewächse als nachwachsende Ressourcen der Oleochemie - Aktuelle bioorganische Analytik und prognostische Präventivtoxikologie. - FAT Sci. Technol. 91(1989), S. 468-478.
- Hondelmann, W.: Das Vorkommen einer ungewöhnlichen Fettsäure, der Petroselinäure in der Familie der Doldengewächse als Ausgangspunkt für die Entwicklung neuer Ölfrüchte - Bestandsaufnahme und kritische Würdigung. - Landbauforschung Völkenrode 35 (1985), S. 185-190.
- Hondelmann, W.: Zur Evaluierung des Weißen Ackerkohls (*Coringia orientalis* (L.) Dumort.). - Angew. Botanik 60 (1986), S. 71-80.
- Hondelmann, W.: Variation, Heritability and Response to Selection in Natural Populations of Caper Spurge (*Euphorbia lathyris* L.). - Plant Breeding 98 (1987a), S. 65-67.
- Hondelmann, W.: Beispiele der Entwicklung von Ölpflanzen aus der Wildflora und semidomestizierten Arten. - Wintertagung 1987 der Arbeitsgemeinschaft für Kartoffelzüchtung und Pflanzguterzeugung am 5./6. Nov. in Jeddingen (1987b), S. 63-76.
- Hondelmann, W.: Wolfsmilch: Industriepflanze in den Kinderschuhen. - DLG-Mitteilungen 102(9) (1987c), S. 485-486.
- Hondelmann, W.: Zum gegenwärtigen Entwicklungsstand der Kreuzblättrigen Wolfsmilch (*Euphorbia lathyris* L.) aus der Sicht der Pflanzenzüchtung. - Ein Statusbericht. - Landbauforschung Völkenrode 40 (1990a), S. 115-119.
- Hondelmann, W.: Procedures and General Features of Testing Breakage Resistance of Seedcoat in *Euphorbia lathyris* L. - J. Agronomy and Crop Science 164 (1990b), S. 160-167.
- Hondelmann, W. und Radatz, W.: Die Kreuzblättrige Wolfsmilch (*Euphorbia lathyris*) ein potentieller Samenöllieferant? - Fette Seifen Anstrichm. 84 (1982a), S. 457-459.
- Hondelmann, W. und Radatz, W.: Öl vom Acker. - Kosmos Nr. 6 (1982b), S. 36-41.
- Hondelmann, W. und Radatz, W.: Fettsäuren der Samenöle europäischer Wildpflanzen - Ein Ansatzpunkt für die Entwicklung von industriellen Nutzpflanzen? - Fette Seifen Anstrichmittel 84 (1982c), S. 73-75.
- Hondelmann, W. und Radatz, W.: *Euphorbia lathyris* as a Potential Crop Plant. An Outline. - Angew. Bot. 57 (1983), S. 349-362.
- Hondelmann, W. und Radatz, W.: Zur Evaluierung ölsamentragender Wildarten. - Landbauforschung Völkenrode 34 (1984a), S. 145-154.
- Hondelmann, W. und Radatz, W.: Variation in some Plant and Seedoil Characteristics of Pennycress (*Thlaspi arvense* L.). - Zeitschrift für Pflanzenzüchtung 92 (1984b), S. 328-343.
- Hondelmann, W. und Gruner, S.: Zur Fettsäurezusammensetzung des Knoblauchhedrichs (*Alliaria petiolata* (M.B.) Cav. et Gr.) - Fette Seifen Anstrichmittel 86(7) (1984), S. 284-286.
- Hondelmann, W. und Dambroth, M.: Identifizierung und Evaluierung von samenöhlhaltigen Wildarten der Krautflora als potentielle Nutzpflanzen für die Gewinnung von Industrie Grundstoffen. - Landbauforschung Völkenrode 37 (1987), S. 189-194.
- Hondelmann, W. und Dambroth, M.: Identifizierung und Evaluierung von samenöhlhaltigen Wildarten der Krautflora als potentielle Nutzpflanzen. Produktions- und Verwendungsalternativen für die Land- und Forstwirtschaft. - Nachwachsende Rohstoffe, Schriftenreihe des BML, Reihe A (1988), S. 37-52.
- Hondelmann, W. und Dambroth, M.: Die Kreuzblättrige Wolfsmilch (*Euphorbia lathyris* L.) als potentielle Nutzpflanze für die Oleochemie. - Produktions- und Verwendungsalternativen für die Land- und Forstwirtschaft. - Nachwachsende Rohstoffe, Schriftenreihe des BML, Reihe A (1988), S. 66-81.
- Hondelmann, W. und Dambroth, M.: Identification and Evaluation of Oilseed-Bearing Wild Species of Forbs as Potential Crops for the Extraction of Industrial Raw Materials. - Plant Research and Development 31 (1990a), S. 38-49.
- Hondelmann, W. und Dambroth, M.: Caper Spurge (*Euphorbia lathyris* L.) as a Potential Oleochemical Crop Plant. - Plant Research and Development 32 (1990b), S. 99-109.
- Jansen: Mündl. Mitteilung; Protokoll 7. Arbeitssitzung 'EULA-Projekt', Celle 1991.
- Radatz, W. und Hondelmann, W.: Samenöhlhaltige Pflanzen der Wildflora als potentielle Nutzpflanzen für die Gewinnung von Industrie Grundstoffen. - Literaturübersicht und Zielsetzung. - Landbauforschung Völkenrode 31 (1981), S. 227-240.
- Verfasser: Rühl, Gerhard, Dr. rer. nat., Institut für Pflanzenbau der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL), Leiter: Prof. Dr. agr. Manfred Dambroth.