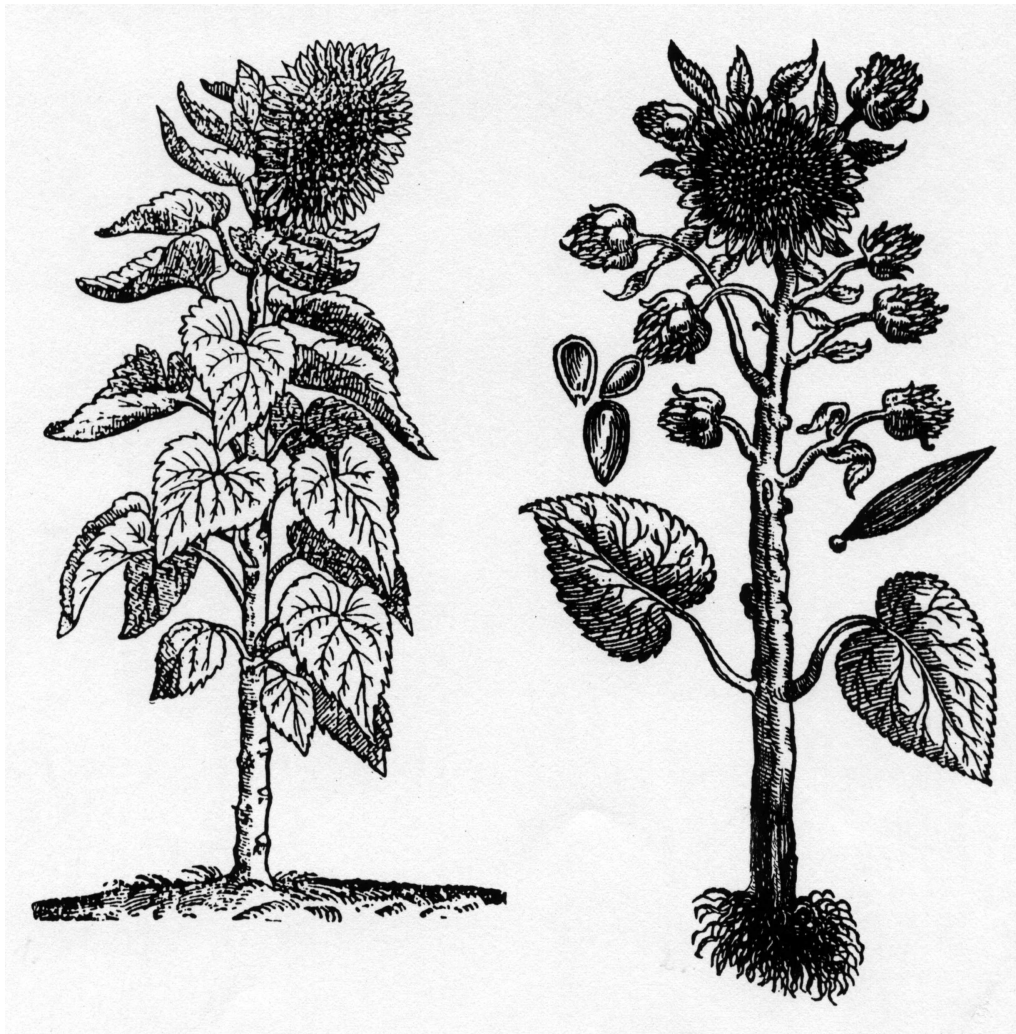


Die Sonnenblume (*Helianthus annuus* L.)

Prof. Dr. Walter H. Schuster und

Prof. Dr. Richard A. Marquard

Mit 18 Tabellen und 73 Abbildungen



Aus dem Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I

Bibliothek der Justus-Liebig-Universität

Abteilung: Elektronische Bibliothek (GEB), Gießen 2003

Vorwort

Mit einer Anbaufläche von ca. 22 Mio ha nimmt die Sonnenblume bei den Ölpflanzen im Weltmaßstab hinter Sojabohne (ca. 80 Mio ha) und Raps (ca. 23 Mio. ha) den dritten Platz ein. Da die Sonnenblume einen mehr als zweifach höheren Ölgehalt besitzt als die Sojabohne kommt sie in der Ölproduktion mit ca. 8,4 Mio t noch näher an das Sojaöl (ca. 25,9 Mio t) heran.

Die weltweite Anbaufläche ist in den vergangenen 50 Jahren (1950-2000) von ca 6.5 Mio ha auf ca. 22 Mio ha angestiegen, resultierend aus einem hohen Ölertrag auf klimatisch angepassten Standorten und einer hervorragenden Ölqualität. Durch Fortschritte in der Züchtung ist es gelungen, neben dem konventionellen Öltyp mit Linolsäure als Hauptkomponente sog. „high-oleic“-Sorten zu entwickeln, deren Öl bis zu 90 % aus Ölsäure besteht, das sowohl auf dem Speiseölsektor (Frittieröl) als auch in der Öleochemie Verwendung findet.

Weitere Nutzungsmöglichkeiten sind der Direktverzehr der Früchte (Knabberkerne) und daraus gewonnener Produkte in der Human- und Tierernährung sowie ihr Anbau zur Grünfuttergewinnung und als Zierpflanze. Auch im Bereich der „Nachwachsenden Rohstoffe“ hat die Sonnenblume Eingang gefunden.

In Deutschland erreichte die Sonnenblume Anfang bis Mitte der 90er Jahre eine Anbaufläche von fast 200.000 ha, danach erfolgte ein drastischer Rückgang auf ca 25.000 ha im Jahr 2001, da sich die hohen Erwartungen bezüglich Adaptionsfähigkeit und Resistenzeigenschaften nicht erfüllten. Insbesondere Ertragsausfälle infolge schlechter Anpassung an ungünstige Standort- und Witterungsverhältnisse, verbunden mit starkem Krankheits- und Schädlingsbefall, führten zu dem drastischen Rückgang.

Es hat sich aber gezeigt, dass durch eine Beschränkung auf klimatisch günstige Standorte, vornehmlich im südlichen und südwestlichen Raum Deutschlands, ein erfolgreicher und wirtschaftlicher Sonnenblumenanbau durchaus möglich ist.

Da auch in der Resistenzzüchtung Fortschritte zu erwarten sind, erscheint es angebracht, eine dem neuesten Stand der Forschung und Entwicklung der Sonnenblume angepasste Publikation in deutscher Sprache zu veröffentlichen, nachdem das Beiheft zur Zeitschrift für Pflanzenzüchtung Nr. 14: „Die Züchtung der Sonnenblume (*Helianthus annuus* L.)“, von W. Schuster, im Parey Verlag nicht mehr erscheint.

Wir sind der Bibliothek der Justus-Liebig-Universität sehr dankbar, dass sie uns die Möglichkeit eingeräumt hat, die stark erweiterte und auf den Wissensstand von etwa 2001 gebrachte Publikation in der Elektronischen Bibliothek (GEB) einem weiten Interessentenkreis zugänglich zu machen.

An dieser Stelle danken wir Frau Sieglinde und Herrn Heinrich Leonhäuser aus Rauschhohausen sehr herzlich für ihre wertvolle Mitarbeit bei der Erstellung des Textes und den zahlreichen Tabellen und Abbildungen.

Gießen, im Juni 2003

Walter Schuster

Richard Marquard

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Abstammung	5
1.1 Systematik	5
1.2 Cytologie	7
2 Herkunft und Anbauggebiete	8
2.1 Historischer Überblick	8
2.2 Anbauggebiete und Verbreitung	12
3 Nutzung und wirtschaftliche Verwertung	16
4 Morphologie	22
4.1 Wurzel	22
4.2 Stängel	24
4.3 Blätter	28
4.4 Blütenstand	30
4.5 Früchte^	38
5 Entwicklungsphysiologie	41
5.1 Entwicklungs- und Wachstumsverlauf	41
5.2 Blühverlauf und Befruchtung	46
6 Physiologie der Ertragsbildung	50
7 Ertragssichernde Merkmale	54
7.1 Adaption an gegebene Klimaverhältnisse	54
7.2 Trockenresistenz	55
7.3 Standfestigkeit und Stängelbruch	56
7.4 Blattgröße und –zahl sowie Blattstellung	57
7.5 Verzweigung, Korbform und Korbbaltung	58
7.6 Resistenz gegen Schaderreger	59
8 Inhaltsstoffe und Qualität	61
8.1 Qualität der Früchte	61
8.1.1 Schalenanteil	61
8.1.2 Ölgehalt	62
8.1.3 Fettsäurezusammensetzung des Öls	64
8.1.4 Freie Fettsäuren (FFA)	67
8.1.5 Rohproteingehalt	72
8.1.6 Aminosäurezusammensetzung des Proteins	74
8.1.7 Andere Sameninhaltsstoffe	75
8.2 Qualitätsaspekte bei weiteren Nutzungsrichtungen	77
8.2.1 Anbau zur Grünfutttergewinnung	77
8.2.2 Verwendung der Früchte für die direkte menschliche Ernährung	79
8.3 Anbau als Zierpflanze	79
9 Stand der Züchtung, Sortenwahl	80
9.1 Inzüchtung und Heterosis	80
9.2 Hybridzüchtung	81
9.3 Artkreuzungen innerhalb der Gattung <i>Helianthus</i>	88
9.4 Biotechnologie in der Sonnenblumenzüchtung	92
9.4.1 Embryokultur	93
9.4.2 Antheren-, Pollen- und Ovarienkultur	93
9.4.3 Gewebe- und Zellkultur (Meristemkultur)	95
9.4.4 Somatische Hybridisation	96
9.4.5 Genübertragung	97
9.4.6 Mutationszüchtung	98

9.5 Genetik	100
9.6 Sortenwahl	100
10 Anbau der Sonnenblume	105
10.1 Nährstoffbedarf	105
10.2 Bestandesaufbau und Bestandesführung	109
10.3 Standortansprüche	113
10.3.1 Klimatische Grenzwerte und Bodenansprüche	113
10.4 Fruchtfolge	115
10.5 Bodenbearbeitung	115
10.6 Bewässerung	116
10.7 Düngung	117
10.8 Unkrautregulierung	119
10.9 Pflanzenschutz	120
10.9.1 Tierische Schädlinge	121
10.9.2 Pilzkrankheiten	123
10.10 Ernte	138
10.10.1 Erntezeitpunkt und Erntetechnik	138
10.10.2 Aufbereitung und Lagerung der Früchte	141
10.10.3 Verarbeitung und Ölproduktion	142
10.10.4 Ernterückstände und deren Verwertung	143
11 Saatgutproduktion	143
12 Ausblick	147
13 Literaturverzeichnis	150

Die Sonnenblume (*Helianthus annuus* L.)

1 Abstammung

Die Sonnenblume gehört zur Familie der *Compositae* Adams, Unterfamilie *Tubuliflorae* DC., *Heliantheae* Cars., Gattung *Helianthus* L.

In manchen Ländern trägt sie mehrere Namen: sunflower (in England und Nordamerika), tornesol, soleil oder helianthe (in Frankreich) floarea-soarelui (in Rumänien), podsolnetschnik (in der UdSSR), naproforgo (in Ungarn), slunetschnice (in der CSFR), girasole (in Italien), girasol (in Spanien), solsikke (in Schweden), Zonnebloem (in Holland), girasol (in Südamerika), maravilla (in Chile).

1.2 Systematik

Die Systematik für die Gattung *Helianthus* L. ist schwierig zu erstellen, da eine große natürliche Variabilität besteht und diese durch laufende spontane Bastardierungen und durch die Züchtungskreuzungen innerhalb und zwischen den Arten erhöht und verändert wird (HEISER 1978, KESTELOOT et al. 1985). Eine der ersten Taxonomien der Gattung gab GRAY (1889), der 42 Arten aus Nordamerika beschrieb. THELLUNG (1913) beschreibt in Mitteleuropa verwilderte und angebaute 18 Arten. Weitere Angaben über ältere Systeme von *Helianthus* L. machen VRANCEANU (1974), ANASCENKO (1974) und SKORIC (1988).

Die von SCHILLING und HEISER (1981) (siehe SEILER 1988, SEILER und RIEMBERG 1997) veröffentlichte und heute allgemein genutzte Systematik unterteilt nach biosystematischen Gesichtspunkten 50 Arten in 4 Sektionen und 6 Serien (siehe Tabelle 1).

Von den 50 hier genannten Arten werden lediglich *H. annuus* L. als Öl- und Futterpflanze genutzt und *Helianthus tuberosus* L. zu Futterzwecken (Knollen- und Grünmasse) oder zur Invertzucker- und Alkoholgewinnung kultiviert. Von beiden Arten werden weltweit Sorten zur landwirtschaftlichen Nutzung angebaut.

Die taxonomische Erfassung der Art *H. annuus* L. ist infolge der leichten Kreuzbarkeit und der vorherrschenden Fremdbefruchtung noch schwieriger als die systematische Einteilung der Gattung *Helianthus*. VENZLAVOVIC (1941) unterteilte die Art *H. annuus cultus* in 2 Subspezies: a) *H. annuus cultus sativa*, landwirtschaftliche Kulturform, b) *H. annuus cultus ornamentalis*, Ziersonnenblumen.

HEISER (1978) unterscheidet bei der Art *H. annuus* 2 Typen: a) Natürlich, wild oder als Unkraut vorkommende Pflanzen mit 6 Gruppen: A bis F nach Korbgröße und Pflanzenlänge, b) Kultivierte Pflanzen mit 2 Gruppen: G. Pflanzen meist verzweigt, Köpfe einfach oder doppelt, Zungenblüten unterschiedlich gefärbt. H. Pflanzen meist unverzweigt, Köpfe einfach, Zungenblüten orange bis gelb.

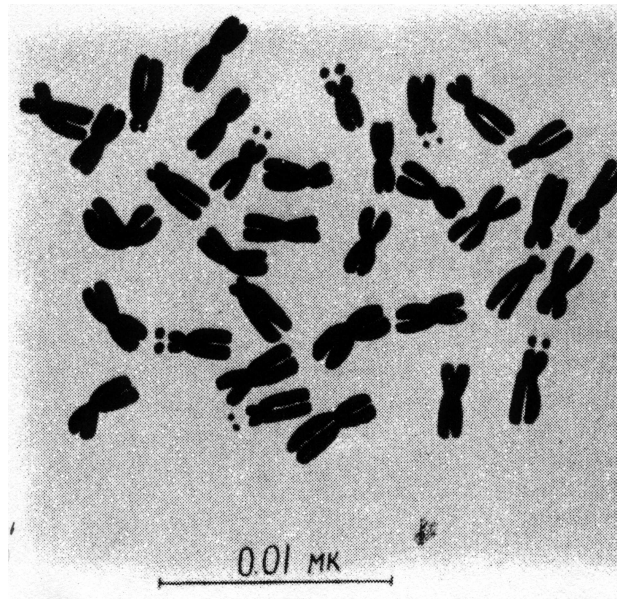
Alle diese Bemühungen der Klassifizierung und Systematisierung werden jedoch der Fomenmannigfaltigkeit und der immer neu entstehenden Vielfalt von *H. annuus* L. nicht voll gerecht. Die Wild- und Unkrautformen der Spezies *H. annuus* bilden jedoch durch ihre Vielfalt ebenso wie die Arten der Gattung *Helianthus* ein großes Reservoir für die Sonnenblumenzüchtung.

Tabelle 1: **Systematik der Gattung *Helianthus*** (nach SCHILLING and HEISER 1981)
(aus HORN und FRIEDT 1998)

	Sektion	Serie	Diploid ¹ (2n=2x=34)	Tetraploid ¹ (2n=4x=68)	Hexaploid ¹ (2n=6x=102)
Annuell	<i>Helianthus</i>	-	<i>H. annuus</i> , <i>H. anomalus</i> <i>H. agrophyllus</i> , <i>H. bolanderi</i> , <i>H. debilis</i> , <i>H. deserticola</i> , <i>H. neglectus</i> , <i>H. niveus</i> , <i>H. paradoxus</i> , <i>H. petiolaris</i> , <i>H. praecox</i>	-	-
	<i>Agnestes</i>	-	<i>H. agrestis</i>	-	-
Peren- nierend	<i>Ciliares</i>	<i>Ciliares</i>	<i>H. arizonensis</i> , <i>H. laciniatus</i>	<i>H. ciliares</i> *	<i>H. ciliares</i> *
		<i>Pumili</i>	<i>H. cusickii</i> , <i>H.</i> <i>gracilenthus</i> , <i>H. pumilus</i>	-	-
	<i>Divaricati</i>	<i>Corona solis</i>	<i>H. decapetalus</i> *, <i>H. divaricatus</i> , <i>H. giganteus</i> , <i>H. grosseserratus</i> , <i>H.</i> <i>maximiliani</i> , <i>H. mollis</i> , <i>H. nutallii</i> , <i>H. salicifolius</i>	<i>H.</i> <i>decapetalus</i> *, <i>H. hirsutus</i> , <i>H.</i> <i>strumosus</i> *	<i>H.</i> <i>californicus</i> , <i>H. eggertii</i> , <i>H. resinusus</i> , <i>H.</i> <i>schweinitzii</i> , <i>H.</i> <i>strumosus</i> *, <i>H. tuberosus</i>
		<i>Microce phali</i>	<i>H. glaucophyllus</i> , <i>H. microcephalus</i> , <i>H. por- ter</i> ²	<i>H. laevigatus</i> , <i>H. smithii</i>	
		<i>Atroru- bentes</i>	<i>H. atrorubens</i> , <i>H. occidentalis</i> , <i>H. silphioides</i>	-	<i>H. rigidus</i>
		<i>Angusti folii</i>	<i>H. angustifolius</i> , <i>H. carnosus</i> , <i>H. floridanus</i> , <i>H. heterophyllus</i> , <i>H. longifolius</i> , <i>H. nadula</i> , <i>H. simulans</i>	-	-
¹ die Chromosomengrundzahl beträgt x = 17 ² annuell * beide Ploidiestufen kommen in der Natur vor					

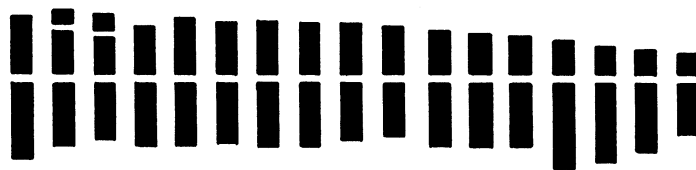
DEDIDIO und SEILER (1994) versuchen eine leichte Erkennung der *Helianthus*-Arten mit Hilfe der Dünnschicht-Chromatografie von Blattextrakten. Die Ergebnisse lassen jedoch kei-

ne klare Differenzierungen erkennen; sie sind für eine systematische Erkennung nicht geeignet.



1.

10μ



6,20
5,74
5,68
5,39
5,35
5,34
5,02
5,02
4,96
4,97
4,91
4,87
4,65
4,55
4,28
4,23
3,05

2.

Abb. 1: 1. Chromosomen in somatischer Metaphase von *Helianthus annuus* L. (nach FEDERENKO 1976)

2. Idiogramm der Art *H. annuus* L. (nach GEORGIEVA-TODOROVA 1970)

1.2 Cytologie

Die Chromosomen-Grundzahl der Gattung *Helianthus* ist $n = 17$, wie Abbildung 1 zeigt. Innerhalb der Gattung kommen Diploide mit $2n = 34$, Tetraploide $2n = 68$ und Hexaploide $2n = 102$ vor. Bei einigen Arten werden diploide und tetraploide Rassen gefunden und bei anderen tetraploide und hexaploide. Haploide treten selten auf, sie können durch systematische Untersuchungen von Zwillingsembryonen gefunden werden. JAN (1997) beschrieb einige neu entdeckte Haploide. Mehrfach-Embryonen, wie sie bei *H. annuus* recht häufig auftreten (SCHUSTER 1951, 1985a; KURNIK 1961; GUNDAEV 1971), ergeben neben haploiden vielfach aneuploide Pflanzen (VRANCEANU 1974). Hierbei treten Formen mit $2n = 28$, $2n = 26$, und $2n = 24$ Chromosomen auf. Auch $2n = 38$, $2n = 42$ und $2n = 48$ wurden gefunden. Viele dieser anormalen Embryonen sind oft Chimären. Auch nach Behandlung mit chemischen Mutagen-

zien entstehen mehrfach Chromosomen-Aberrationen (GEORGIEVA-TODOROVA und NUTI 1969). Ebenso treten diese nach Kreuzungen zwischen verschiedenen *Helianthus*-Arten (interspezifische Kreuzungen) häufig in Erscheinung. LECERLCQ et al. (1970) fanden trisome ($2n + 1$) Pflanzen in Rückkreuzungen von *H. tuberosus* x *H. annuus*, *H. petiolaris* x *H. annuus* und *H. maximilliani* x *H. annuus*. JAN (1997) erstellt eine vollständige Serie von 31 Trisome mit $2n = 35$ Chromosomen. Triploide, die nach Kreuzungen diploid x tetraploid auftreten können, sind total steril, sie können nur durch vegetative Vermehrung als Zierpflanze genutzt werden (WHELAN 1978). Autoteraploide durch Colchizinbehandlung für Artbastardierungen herzustellen, gelingt verhältnismäßig leicht (GEORGIEVA-TODOROVA 1970; PROKOPENKO 1975; JAN et al. 1983; JAN 1988). ATLAGIC (1997/98) gibt eine umfassende Übersicht der Forschung zur Cytotaxonomie und klassischen Cytogenetik bis zum Gebrauch der interspezifischen Kreuzung und der cytoplasmatischen männlichen Sterilität.

Kreuzungen zwischen den verschiedenen Arten sind schon frühzeitig hergestellt worden (siehe WAGNER 1932). Seit die russischen Sonnenblumenzüchter begannen, durch interspezifische Kreuzungen Resistenzgene aus anderen Arten in *H. annuus* einzulagern (PUSTOVOIT 1960, PUSTOVOIT and GUBIN 1974), ist das Interesse an Kreuzungen zwischen den verschiedenen *Helianthus*-Arten ständig gestiegen (VRANCEANU 1974; HEISER 1978, WHELAN 1978), FRIEDT und KORELL 1995). Auf der „Internationalen Sunflower Konferenz“ in Novi-Sad 1988, Pisa 1992, Toulouse 2000 wurden zahlreiche Vorträge und Poster zu diesem Thema präsentiert (DAHLHOFF et al. 1992). Umfassende Informationen und Übersichten zu den durchgeführten Artkreuzungen geben HEISER (1978), WHELAN (1978), GEORGIEVA-TODOROVA (1972) und KRÄUTER and FRIEDT (1989), JAN (1997). Die interspezifischen Kreuzungen sollen in erster Linie Resistenz gegen die mit der Ausdehnung des Sonnenblumenanbaus stärker sich ausbreitenden Schaderreger (HAMMANN et al. 1992, siehe Abschnitt 10.9 Pflanzenschutz) liefern, daneben aber auch Aufklärung zur Abstammung und Cytologie der Art *Helianthus* geben (HAMMANN et al. 1992, KORELL et al. 1996). So führten die Kreuzungen von KOSTOFF (1939) *H. tuberosus* x *H. annuus* zur Aufklärung der autoallopoliden Struktur von *H. tuberosus* mit den Genomen $At^1 At^1 At^2 At^2 Bt Bt$, wobei das B-Genom homolog dem von *H. annuus* ist. Ebenso konnte MARCENKO (1962) durch die Kreuzung *H. annuus* ($2n = 34$) x *H. macrophyllus* ($2n = 102$) aufdecken, dass *H. macrophyllus* nicht eine autohexaploide, sondern eine autoallopolide Form mit den Genomen AA AA BB ist (nach PUSTOVOIT 1975).

2. Herkunft und Anbauggebiete

2.1 Historischer Überblick

Die Urheimat der Sonnenblume liegt nach VAVILOV (1928) und auch nach einigen älteren amerikanischen Forschern (siehe ZIMMERMANN 1958) im Raum von Nord-Mexiko bis zum südlichen Kanada. Die Kultivierung und Nutzung, wahrscheinlich auch zu Nahrungszwecken, durch die Indianer erfolgte schon frühzeitig.

Aus Arizona und Neu-Mexiko sind archäologische Funde von Achaenen der Kulturformen aus 3000 Jahren v.Chr. bekannt (PUTT 1978, 1997). Weitere Funde aus prähistorischer Zeit liegen aus Arkansas, Nord- und Süddakota, Kentucky, Missouri, Nebraska, Ohio, Onta-

rio und Pennsylvania vor, wobei in Kentucky auch Sonnenblumenköpfe aus dem ersten Jahrtausend vor Christus gefunden wurden. HEISER (1978) diskutiert die Möglichkeiten der Entstehung dieser frühen Kulturformen, wobei die spontane Bastardierung zwischen *H. annuus* und anderen *Helianthus*-Arten, wie z.B. *H. petiolaris*, mit in die Überlegungen einbezogen wird. Die leichte Kreuzbarkeit und die starke Neigung zur Fremdbefruchtung ließ sicher schon frühzeitig eine große Formenmannigfaltigkeit entstehen, die von den Ackerbau treibenden Indianern zur Selektion von ertragreichen Pflanzen mit größeren Früchten genutzt wurde.

Über die Verwendung und Nutzung von Früchten der Primitivform von *Helianthus annuus* ssp. *lenticularis* im Westen der USA berichtete HEISER (1951). Danach nutzten die Ureinwohner die Sonnenblume zur direkten Ernährung, in der Medizin und bei religiösen Zeremonien, sowie die gemahlene Kerne zusammen mit Maismehl zur Brotherstellung. Die Indianer im Osten der USA sollen Sonnenblumen angebaut haben, bevor sie Mais kultivierten. In der Mitte des 13. Jahrhunderts bauten nach WHITING (1939) die Hopi-Indianer Mais und Sonnenblumen als Kulturpflanzen an. Die Spanier berichteten, nach der Eroberung Nordamerikas im 16. Jahrhundert (siehe PUTT 1978), außer über die schon genannten Nutzungsarten, von der Verwendung gerösteter Sonnenblumenkerne zum Beimischen in Speisen aus Bohnen und Kürbis, von Direktverzehr gerösteter Kerne wie Nüsse und von der Herstellung eines Fladenbrotes mit Sonnenblumenmehl. Aber auch von einer Ölgewinnung aus Sonnenblumenkernen und dessen Verwendung zum Fetten des Körpers und der Haare wird berichtet.

Nach Europa wurde die Sonnenblume 1510 durch die Spanier gebracht und zuerst in einem Botanischen Garten in Madrid angebaut. Dem ersten Bericht über die neue Pflanze gab DODONAEUS (1569). Dieser Bericht (siehe auch Abb. 2) zeigt, dass es sich bei den von den Indianern angebauten Sonnenblumen um kultivierte Formen von *H. annuus* handelte, die sich nicht sonderlich von den heute angebauten unterschieden. Von Spanien aus breitete sich die Sonnenblume nach Osten und Norden aus. Ende des 16. Jahrhunderts wird über die Sonnenblumen in Italien, Frankreich, England, Belgien und der Schweiz sowie Deutschland durch CAMERARIUS (1586) berichtet.

Dabei werden nicht nur einstängelige Formen, wie sie Abb. 1 zeigt, beschrieben, sondern auch verzweigte Formen (siehe PUTT 1978, 1997).

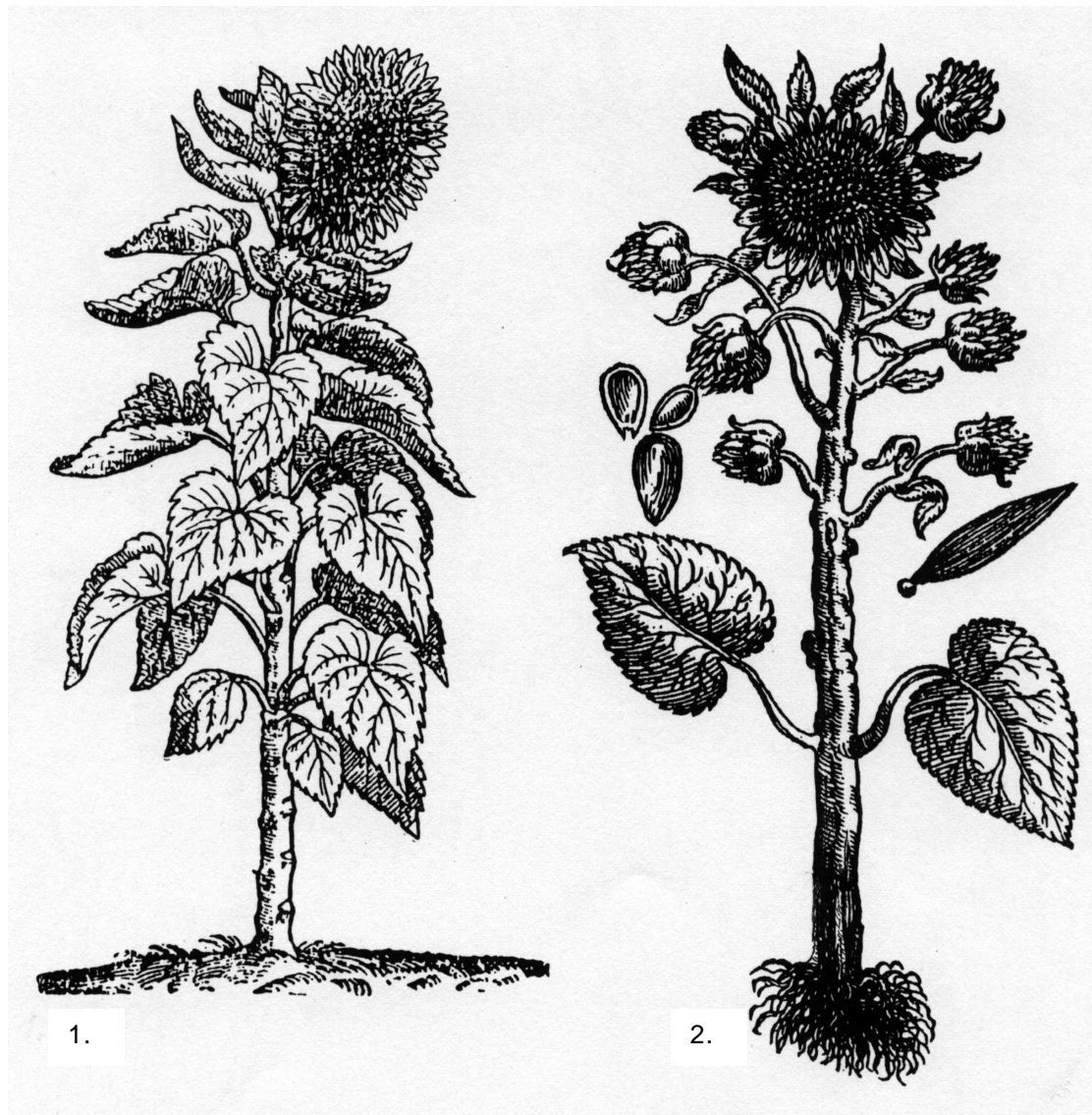


Abb. 2: **Sonnenblumen wie sie von den Spaniern nach Europa gebracht wurden**
 1. **Unverzweigte Form** (nach GERAD 1597 aus ZIMMERMANN 1958)
 2. **Stark verzweigter Typ** (nach NAITHIOLI 1598 aus GEIGER 1998)

Die Blütengröße und Wuchshöhe machten die Sonnenblume in Europa bis ins 18. Jahrhundert zu einer fast ausschließlichen Gartenpflanze. Nach MOROSOV (1947) begann man erst Anfang des 17. Jahrhunderts in kleinem Umfang die Kerne in der Konditorei und als Kaffeeersatz zu nutzen. Jedoch schon 1716 erhielt der Engländer BUNYAN in London ein Patent „Gewinnung von Öl aus der Sonnenblume“. Nach der Patentschrift sollte das Sonnenblumenöl als Rohstoff in der Weberei, Malerei und bei der Lederverarbeitung Verwendung finden. Die Möglichkeit der Ölgewinnung aus der Sonnenblume blieb jedoch in Europa weiterhin unbeachtet. Erst zu Beginn des 19. Jahrhunderts wird sie als anbauwürdige Ölpflanze in landwirtschaftlichen Schriften genannt (siehe auch SCHUSTER 1993). Zu einem Anbau in Europa kommt es zu dieser Zeit in nennenswertem Umfang noch nicht.

Nach **Russland** kam die Sonnenblume nach ZUKOVSKY (1950) erstmals im 18. Jahrhundert durch Peter den Großen, der Saatgut aus Holland mitbrachte. Dort breitete sie sich, wie

in den anderen europäischen Ländern, zunächst als Zierpflanze aus. Nach PUTT (1978 und 1997) begann die kommerzielle Ölnutzung 1830/40. Schon 1854 wurden im Gebiet von Woronesch 200000 Tonnen Sonnenblumenöl produziert. Von Woronesch aus verbreitete sich der Sonnenblumenanbau in die Ukraine und das Kuba-Gebiet, so dass im Jahr 1880 150000 ha Sonnenblumen in Russland angebaut wurden. 1911 - 1916 sollen jährlich 21,5 Mio. Hektoliter Sonnenblumenöl erzeugt worden sein, die zu 75 % exportiert wurden. 1915 betrug die Anbaufläche 0,9 Mio. ha mit einem durchschnittlichem Ertrag von 377 kg/ha. Es wurden schon frühzeitig zwei verschiedene Typen angebaut: eine Form mit bauchiger, mittelgroßer Frucht und vollem Kern zur Ölgewinnung und ein großfruchtiger Typ mit locker sitzendem Kern und geringem Öl- und hohem Eiweißgehalt als Knabbersonnenblumen für den direkten Verzehr. Dies dürfte die ursprüngliche Nutzung der Sonnenblume in Russland gewesen sein (PUTT 1978). Nach anderen Darstellungen (ZIMMERMANN 1958) soll der Bauer BOKARJEV im Dorf Alexievka im Woronesch-Gebiet um 1780 als erster Öl aus Sonnenblumen gepresst haben. Schon frühzeitig, etwa 1860/1890, begann eine Selektion (GUNDAEV 1971) auf höheren Ölgehalt und Resistenz gegen die Sonnenblumenmotte (*Homoeosoma nebullela*).

Ende des 19. Jahrhunderts wandert der Sonnenblumenanbau zur Ölgewinnung von Süd-Russland in die angrenzenden Balkanländer Bulgarien, Rumänien, Ungarn und Jugoslawien. Im ersten Weltkrieg erfolgte eine stärkere Ausdehnung des Anbaus infolge der Lebensmittelknappheit, besonders an Fett, in diesen Ländern. Es wurden darüber hinaus im nördlicheren Europa Anbauversuche mit inzwischen selektierten frühreiferen Formen durchgeführt (ZIMMERMANN 1958). Zwischen den beiden Kriegen ging der Anbau allgemein wieder zurück, um im zweiten Weltkrieg wieder einen neuen Aufschwung und danach ab 1948, als der Welthandel mit Rohstoffen für die Nahrungsfettherstellung wieder in Gang kam, einen erneuten Abfall zu erleben. In die Zeit des zweiten Weltkrieges und danach (1936 - 1952) fallen auch Anbau- und Züchtungsversuche in Deutschland (siehe SCHUSTER 1987, 1993, FRIEDT und GANSSMANN 1992).

Nach **Amerika** kam im letzten Viertel des 19. Jahrhunderts (1875 - 1900) die Sonnenblume von Russland zurück, nachdem die ersten Siedler den Sonnenblumenanbau der Indianer nicht übernommen hatten. PUTT (1978) berichtet über verschiedene Wege der Rückwanderung, wobei das Mitbringen von Saatgut durch die Einwanderer und Emigranten aus Russland eine wichtige Rolle spielte. Zunächst erfolgte der Sonnenblumenanbau in USA und Kanada vornehmlich zur Silagewinnung, später dann auch zur Kornnutzung für die Geflügelfütterung und nur in geringem Umfang zur Ölgewinnung. 1919 bis 1932 konnten in Nordamerika durchschnittlich 27000 Tonnen Sonnenblumenkerne im Jahr geerntet werden. 1932 bis 1947 wurden, vornehmlich in Illinois, Missouri und Kalifornien, jährlich etwa 2350 ha Sonnenblumen angebaut (PUTT 1978).

In **Kanada** hatten die mennonitischen Siedler schon Ende des 19. Jahrhunderts Sonnenblumen zur Ölgewinnung im eigenen Haushalt angebaut. Hieraus entwickelte sich im Laufe der Jahre die Sorte „Mennonite“. Mit diesem Material und neu importierten Zuchtformen aus Russland wurde von 1936 an (PUTT und UNRAU 1943) eine intensive Sonnenblumenzüchtung in Manitoba betrieben, die im zweiten Weltkrieg verstärkt wurde. 1943 konnten

über 2000 ha in Saskatchewan und Alberta mit der neuen ertragreichen Sorte „Sunrise“ bestellt werden (PUTT 1978).

Auch nach **Südamerika** brachten Einwanderer Sonnenblumensamen mit in ihre neue Heimat. Hieraus entwickelte sich nach dem ersten Weltkrieg ein beachtlicher Anbau zur Ölgewinnung, besonders in Argentinien, aber auch in Uruguay und Chile (ZIMMERMANN 1958). In Argentinien wurden 1930 6-7000 ha, 1941 schon 500000 ha Sonnenblumen zur Ölgewinnung angebaut (siehe auch Tab. 2). Nicht ganz so schnell nahm der Sonnenblumenanbau in Chile und Uruguay zu.

Stärkere Impulse als von der Verknappung der Fettversorgung in den beiden Weltkriegen erhielt der Sonnenblumenanbau weltweit durch zwei wesentliche Fortschritte in der Züchtung dieser interessanten Kulturpflanze (siehe Tabelle 2 und SEILER and RIESEBERG 1993): In den 50er Jahren konnte PUSTOVOIT (1956, 1960, 1964) in Krasnodar/UdSSR den Fettgehalt in der Sonnenblumenfrucht durch Senkung des Schalenanteils und Erhöhung des Ölgehaltes im Samen auf 48 bis 52 % erhöhen. Dies brachte bei den neuen russischen Sorten wesentlich höhere Ölausbeuten und durch den geringeren Schalenanteil eine bessere Verwertbarkeit der Rückstände aus der Extraktion als Viehfutter (siehe auch Abschnitt 1.10.3 „Wirtschaftliche Verwertung“).

Der zweite große Züchtungsfortschritt war die Entdeckung der cytoplasmatisch und kerngenisch gesteuerten männlichen Sterilität (LECLERCQ 1969). Hierdurch war es möglich, Hybriden zur Nutzung des Heterosiseffektes wie beim Mais zu züchten. Die neuen Hybrid-sorten brachten deutlich höhere Leistungen; so waren der jährliche Saatgutwechsel und damit höhere Umsätze beim Saatguthandel gesichert (siehe auch Abschnitt „Stand der Züchtung“).

2.2 Anbauggebiete und Verbreitung

Wie enorm schnell sich der Sonnenblumenanbau in verschiedenen Ländern ausbreitete, ist aus Tabelle 2 abzulesen.

Tabelle 2: **Der Anbau von Sonnenblumen zur Korngewinnung Anbaufläche in 1000 ha von 1948/52 bis 1995/99** (nach FAO-Yearbook 1951 bis 1999)

Gebiet	1948-52	1961-65	1974-76	1984-86	1988-90	1994-96	1997-99
Welt	6473	7014	9114	14529	16354	20381	20994
Europa	1300	981	1787	3148	3742	4608	4321
Südamerika	1260	1084	1269	2880	2632	2997	3688
Asien	110	181	624	2734	3362	4624	3713
Nordamerika	19	39	410	1227	919	1311	1383
Afrika	180	232	437	601	1025	1046	971
Australien	2	3	166	283	139	107	129

Fortsetzung Tabelle 2

Hauptanbauländer

UdSSR/Russland	3623	4495	4422	4020	3610	3734	3910
Argentinien	1064	920	1151	2445	2370	2080	3708
U.S.A.	9	19	390	1145	851	1154	1312
China	15	52	97	1131	740	813	763
Spanien	3	7	579	977	1083	1178	969
Indien	-	-	-	739	1631	2366	1954
Frankreich	9	17	59	682	1042	947	819
Türkei	103	123	429	538	682	582	550
Rumänien	416	452	514	497	435	737	582
Ungarn	223	115	137	350	366	461	462
Südafrika	114	161	256	318	501	521	601
Bulgarien	215	253	242	265	263	527	481
Yugoslawien	109	126	190	127	213	177	175

Tabelle 3: Erträge an Sonnenblumenfrüchten in dt je ha von 1948/52 bis 1997/99

(nach FAO-Yearbook 1951 bis 1999)

Gebiet	1948-52	1961-65	1974-76	1984-86	1989-91	1994-96	1997-99
Welt	6,8	10,5	11,3	12,9	13,6	11,9	12,2
Europa	7,2	12,3	11,7	16,1	17,1	14,4	14,5
Südamerika	7,4	6,7	7,9	11,4	14,9	17,4	16,7
Asien	9,0	10,2	10,0	11,5	10,3	9,4	10,3
Nordamerika	5,6	8,1	11,1	14,5	16,5	17,9	15,3
Afrika	4,4	4,9	8,1	6,7	8,3	7,9	9,8
Australien	5,1	6,6	5,6	8,2	9,8	9,8	10,7
Hauptanbauländer							
UdSSR/Russland	5,2	11,3	12,9	12,5	9,2	8,6	8,5
Argentinien	7,4	6,8	8,1	13,1	15,5	18,3	17,4
U.S.A.	5,9	9,9	11,1	13,0	13,3	17,6	10,9
China	6,7	12,5	12,6	15,7	17,2	16,4	17,2
Spanien	4,1	7,0	5,8	13,4	10,0	7,8	9,9
Indien	-	-	5,0	4,7	5,6	5,8	5,7
Frankreich	10,5	14,6	14,6	21,2	23,0	21,3	22,7
Türkei	8,8	9,3	11,3	12,9	14,2	13,8	15,9

Fortsetzung Tabelle 3

Rumänien	4,8	11,1	14,3	17,8	14,0	12,7	11,4
Ungarn	9,8	10,0	11,3	20,2	20,0	17,2	14,8
Südafrika	4,4	5,0	9,3	7,1	10,6	11,9	12,1
Bulgarien	8,4	13,3	15,9	13,0	16,4	11,9	10,2
Yugoslawien	12,1	16,5	15,6	20,9	20,3	19,3	18,7

Seit 1961 bis 65 ist die Anbaufläche in der Welt um das Dreifache gestiegen. Besonders auffallend ist die Zunahme in Indien, den USA und in Argentinien, aber auch Frankreich und Spanien hat sich die Anbaufläche deutlich erhöht. Dagegen stagniert in den meisten „klassischen“ Sonnenblumenländern der Anbau oder ist leicht rückläufig. Durch die weltweite Steigerung der Produktion und der Erträge je ha (siehe Tab. 3) steht heute die Sonnenblume an vierter Stelle hinter Soja, Raps und Erdnuss in der Pflanzenölerzeugung der Erde (siehe Tab. 4). An dieser Produktionssteigerung ist auch die Ertragssteigerung wesentlich beteiligt, wie Tabelle 3 erkennen lässt.

Tabelle 4: Mittlere jährliche Kornproduktion (in 1000 t) an Sonnenblumenfrüchten im Vergleich zu Soja, Erdnuss und Raps
(nach PUTT 1978, erweitert nach FAO 1952 bis 1999)

Zeitraum	Soja	Erdnuss	Raps	Sonnenbl_	Sonnenbl. in % Gesamt *
Welt					
1934-38	11900	5300	3910	2448	10,4
1948-52	15952	9512	2820	3912	12,2
1957-61	27904	13591	3720	5834	11,4
1967-71	44974	17711	6128	9886	12,6
1974-76	58077	17828	7919	10307	10,9
1979-81	85978	18546	11164	14398	11,1
1984-86	95443	31988	18435	18796	11,5
1989-91	106392	23243	25009	22303	12,6
1994-96	130761	28898	31574	24404	11,3
1997-99	152867	32152	37866	25597	10,3
Europa					
1934-38	123	25	299	2295	83,7
1948-52	192	27	781	2636	72,5
1957-61	281	25	796	4872	81,6
1967-71	617	21	1895	8010	80,0
1974-76	399	27	2708	2086	40,0
1979-81	624	24	3203	3087	44,5
1984-86	1148	21	6233	5087	40,7
1989-91	2409	22	8891	6374	36,0
1994-96	1364	16	9199	6395	37,9
1997-99	2280	13	12071	6276	30,4
Süd-Amerika					
1934-38	-	107	46	157	50,6
1948-52	55	263	-	1018	76,2
1957-61	217	732	29	753	43,5
1967-71	1346	1171	67	1070	29,3
1974-76	10613	880	67	1007	8,0
1979-81	18009	979	76	1548	7,5

Fortsetzung Tabelle 4

1984-86	23585	603	56	3384	12,2
1989-91	31285	571	103	3905	10,9
1994-96	39952	599	62	4695	10,4
1997-99	49509	878	64	6181	10,9
Asien					
1934-38	10600	3050	3560	-	-
1948-52	8299	5874	2001	130	0,8
1957-61	11817	7999	2681	124	0,5
1967-71	12339	9592	2938	429	1,7
1974-76	8789	9546	3813	626	2,7
1979-81	10341	11224	5241	1626	5,7
1984-86	13974	6128	8378	3133	9,9
1989-91	15908	15884	11651	3437	7,3
1994-96	21529	20250	14966	3657	6,0
1997-99	23960	21620	15446	3882	6,0
Nord-Amerika					
1934-38	11695	555	1	2	-
1948-52	7397	922	16	19	0,2
1957-61	15586	908	201	11	0,1
1967-71	30559	1396	1112	134	0,4
1974-76	37535	1850	1287	465	1,1
1979-81	56095	1738	2584	2536	4,0
1984-86	55764	2043	3609	1539	2,4
1989-91	55875	2095	3636	1261	2,0
1994-96	60880	1559	6488	1961	2,6
1997-99	76221	1991	8185	2140	2,3

- der hier genannten einjährigen Ölfrüchte

Hier trat weltweit eine Verdopplung der Erträge von 1948/52 ein. In einigen Ländern, in denen eine intensive Züchtung betrieben wurde, wie in den USA, liegt die Ertragssteigerung noch höher (siehe auch HUGGER 1989, ROEBBELEN et al. 1989, BLAMEY et al. 1997).

In Abbildung 3 wird die Entwicklung des Sonnenblumenanbaues in einzelnen Ländern Europas von 1952/56 bis 1997/99 dargestellt.

Den stärksten Anstieg der Anbaufläche ist in Frankreich und Spanien gegeben. In Spanien, wo die Sonnenblume auf vorwiegend ungünstigen Standorten angebaut wurde, spielte die Flächenprämie der europäischen Union eine wesentliche Rolle für die riesige Ausdehnung

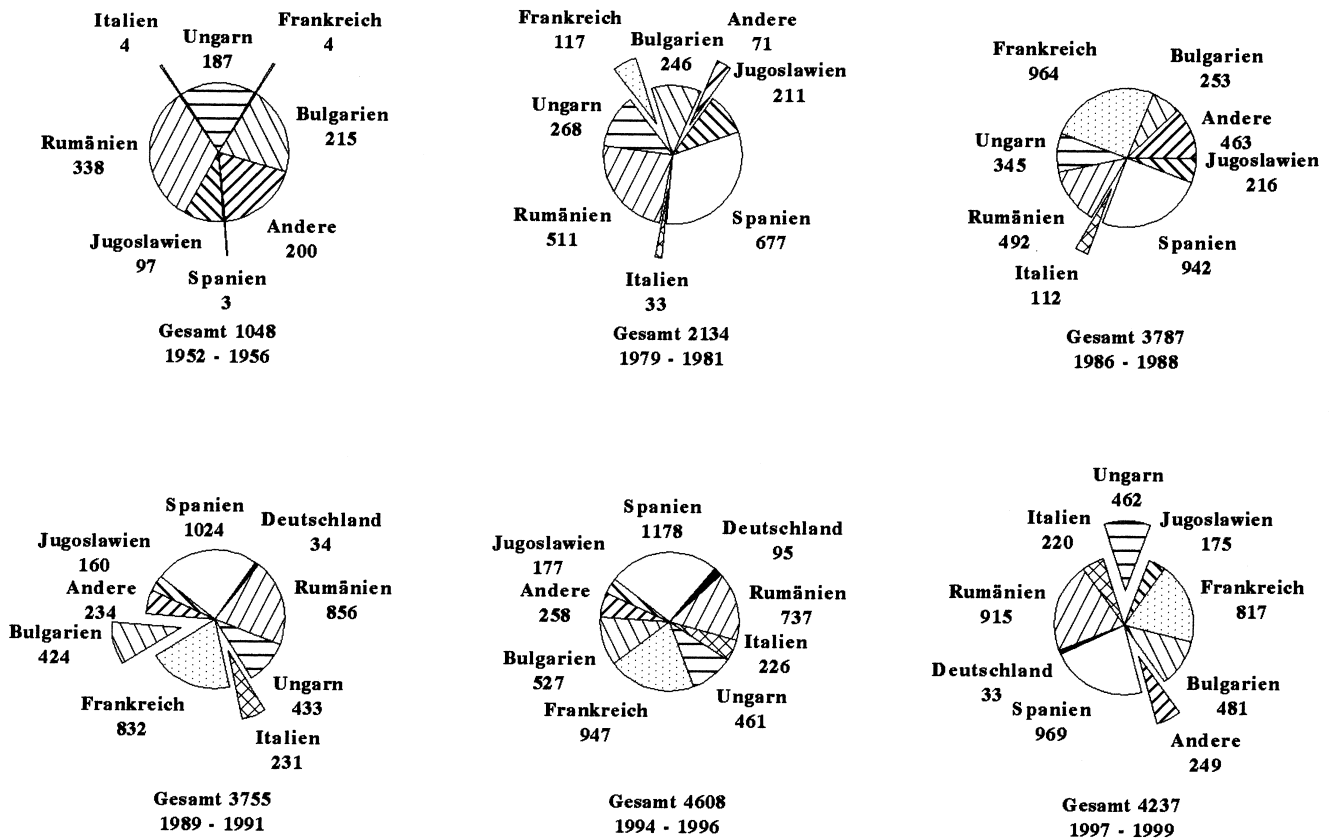


Abb. 3: **Sonnenblumen-Anbau in Europa:** Angaben in 1000 ha (1952 bis 1999)
(FAO – Yearbook 1952 to 1999)

3 Nutzung und wirtschaftliche Verwertung

Die in Tabelle 2 zum Ausdruck gekommene Anbauausdehnung ist vorrangig auf die Wertschätzung, die das Sonnenblumenöl für die menschliche Ernährung gewonnen hat, zurückzuführen. Die Ausdehnung des Anbaus und die Ertragssteigerungen durch die Hybridzüchtung führten zu einer zehnfachen Produktionssteigerung in vielen Teilen der Erde, wie Tabelle 4 zeigt. Der Vergleich mit der Sojabohne ergibt, dass auch in der Ölsaatproduktion der Erde die Sonnenblume nun an vierter Stelle hinter Soja steht, die auch insgesamt zehnfach zugenommen hat. In vielen Ländern, wie Russland, Frankreich, Rumänien, Spanien und Italien, nimmt die Sonnenblume die erste Stelle unter den einjährigen Ölpflanzen ein.

In der Weltproduktion hat Russland mit rund 5 Mio. Tonnen immer noch die erste Stelle inne, aber auch Argentinien produziert 3 Mio. Tonnen Sonnenblumenfrüchte, China und Frankreich je 1,7 Mio. Tonnen und die USA 1,4 Mio. Tonnen (FAO 1999).

Die Nutzungsmöglichkeiten der Sonnenblume als Kulturpflanze für die Industrie als nachwachsender Rohstofflieferant (ZOEBELEIN 1986, FRIEDT 1990, FRIEDT et al. 1997) und für die Ernährung von Mensch und Tier (DORELL and VICK 1997) sind durch die wertvollen Inhaltsstoffe der Frucht (Tab. 5) vielfältig.

Tabelle 5: **Zusammensetzung der Sonnenblumenfrucht im Mittel von 4 Sorten, 2 Jahren und 6 Standorten** (STÄHLIN 1957, SEIBEL 1978, DORRELL 1978; aus SCHUSTER 1993)

	Anteil in %	Roh- fett	Roh- protein	N.freie Extr. Stoffe	Rohfaser	Asche
Gesamtf Frucht	100,0	46,6	19,7	17,4	14,4	3,2
Samenkern	77,5	57,7	23,2	12,8	3,4	4,0
Schale	22,5	1,9	3,5	21,1	50,0	2,9

DORRELL and VICK (1997) nennen Werte von neueren Hybrid-Sorten: Kernanteil = 71 bis 79 %, Schalenanteil = 21 bis 29 %, TKG = 51,5 bis 61,0 g, Ölgehalt = 43,6 bis 50,9 %, Protein-Gehalt = 16,5 bis 19,4 %, Rohfaser = 14,6 bis 20,6 %.

Die überwiegende Menge der erzeugten Früchte wird der **Speiseöl-** und **Margarineproduktion** zugeführt. Infolge der ernährungsphysiologisch günstigen Zusammensetzung des Sonnenblumenöls (siehe Abb. 4) mit einem hohen Anteil an der essentiellen Linolsäure (60 bis 80 %) oder der vielseitig verwertbaren Ölsäure (72 bis >90 %), dem beachtlichen Tocopherolanteil und seinem angenehmen Geschmack ist Sonnenblumenöl ein ausgezeichnetes Speiseöl für Salate sowie zum Braten und Frittieren (DORRELL 1978, LOFGREN 1997).

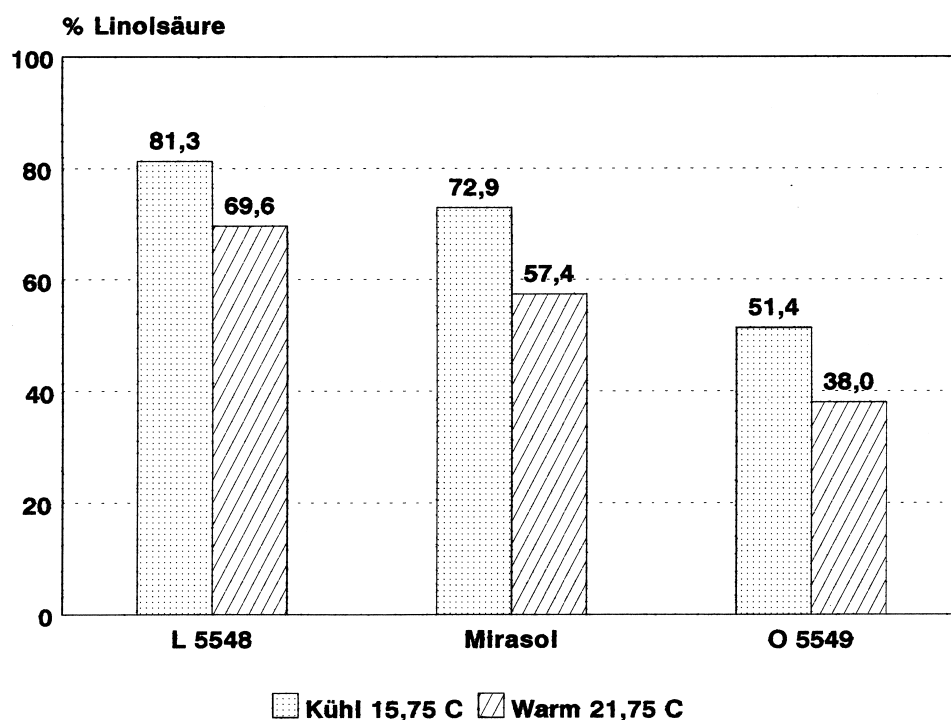


Abb. 4: **Einfluss der Temperatur auf den Linolsäuregehalt eines Hoch-Linolsäure-Typs** (aus SCHMIDT et al. 1987)

Aber auch für die Margarineherstellung ist es sehr beliebt, da durch entsprechende Auswahl von hoch Linol- oder Ölsäure-Hybriden und entsprechenden Provenienzen, die aus kühleren Anbaugebieten kommen (siehe Abb. 4), der Anteil der essentiellen Linolsäure auf über 80 % gehalten werden kann. Diese Margarine wird damit zur Diätahrung.

Abbildung 5 zeigt die zahlreichen Nutzungsmöglichkeiten der Sonnenblumenfrucht und der Nebenprodukte.

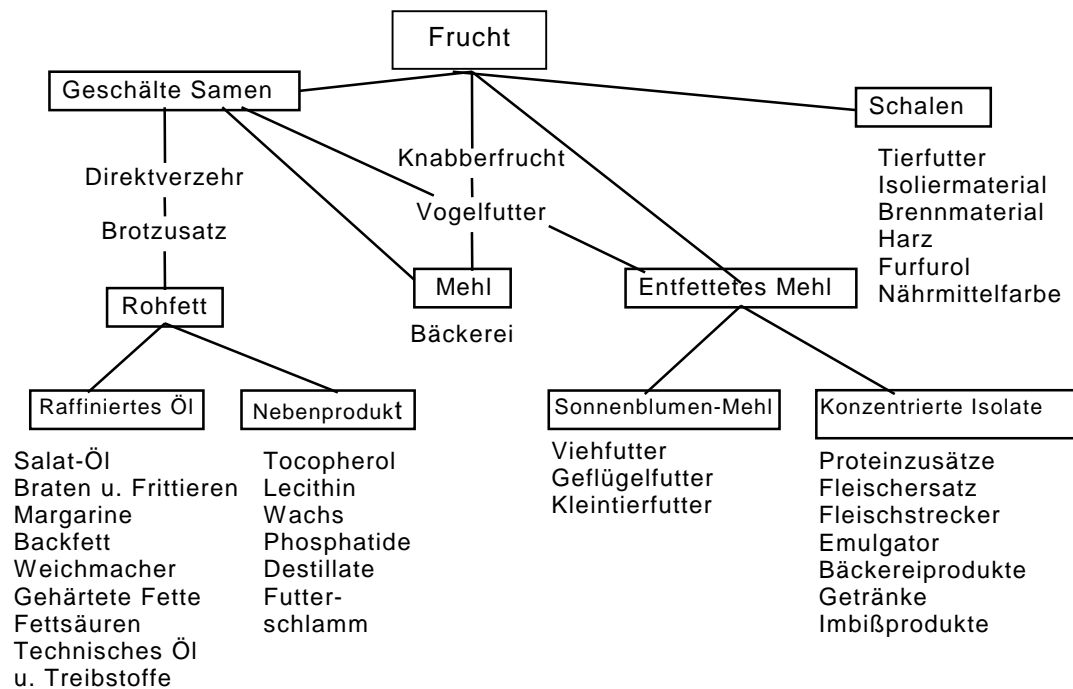


Abb. 5: **Nutzungsmöglichkeiten der Sonnenblumenfrucht**
(nach DORRELL 1978, ergänzt)

Die gelungene Züchtung von „Hoch-Ölsäure-Hybriden“ mit >83 bis >90 % Ölsäure (C18:1) eröffnet viele Möglichkeiten des Einsatzes dieser Sonnenblumenöle in der Industrie als „**Nachwachsende Rohstoffe**“ (FRIEDT 1990, VERMEERSCH 1996).

Neben der Ölnutzung spielt die Nutzung des mit 18 bis 22 % in der Gesamtfrucht (= 48 bis 52 % im entfetteten Mehl) recht beachtlichen **Rohproteins** für die menschliche Ernährung und die Tierfütterung eine wichtige Rolle (PARK et al. 1997). Viele Möglichkeiten des Einsatzes von Sonnenblumeneiweiß zeigt Abbildung 5. Die Aminosäurezusammensetzung (Tabelle 6) ist nicht so positiv zu bewerten wie bei Soja- und Rapseiweiß. Für die essentiellen Aminosäuren Lysin und auch Leucin besteht ein Defizit. Der essentielle Aminosäure-Index beträgt 68 gegenüber Soja mit 79. Dies muss durch Beigabe von Sojamehl oder von tierischem Eiweiß ausgeglichen werden.

Tabelle 6: **Aminosäurezusammensetzung von Extraktionsschroten**

(aus DORRELL, 1978 ergänzt)

Aminosäure	Sonnenblumen	Sojabohne	Raps
	g Aminosäure/100 g N		
Essentiell			
Arginin	56,2	42,2	38,5
Histidin	14,4	17,0	16,7
Isoleucin	29,2	29,6	27,1
Leucin	38,4	44,0	42,3
Lysin	19,5	38,3	36,6
Methionin	11,4	8,1	13,2
Cystein + Cystin	13,4	12,9	17,1
Tryptophan	10,0	11,1	10,4
Phenylalanin	29,4	28,8	24,4
Valin	34,9	33,3	33,9
Threonin	22,3	22,1	27,2
Gesamt	279,1	287,4	287,4
nicht essentiell			
Alanin	24,5	26,1	27,1
Asparaginsäure	54,9	70,8	45,9
Glutaminsäure	143,0	131,0	113,0
Glycin	33,9	26,3	31,4
Prolin	31,1	32,1	38,3
Serin	26,3	29,0	27,6
Tyrosin	14,2	19,0	16,2
Gesamt	327,9	316,3	299,5
gefunden N in %	97,3	91,3	92,1

Dem „**direkten Verzehr**“ (Confectionary Food) werden in neuerer Zeit immer mehr Sonnenblumenfrüchte zugeführt (LOFGREN 1978, 1997). Die Verwendung der geschälten ganzen Kerne, mit Salz leicht geröstet, als „Knabberfrüchte“ ist in Nordamerika weit verbreitet. In Europa ist der Zusatz der geschälten ganzen Kerne zu Brot und Brötchen als „Vollkost-Nahrung“ immer mehr gefragt. Im Vorderen und Mittleren Orient und in Russland sind die ungeschälten Sonnenblumen, mit Salz leicht geröstet, nach wie vor am beliebtesten. LOFGREN (1992 and 1997) nennt verschiedene Möglichkeiten der Kombination von geschälten Sonnenblumenkernen: mit Honig, Marmelade, Joghurt, Getreide, Pop-corn, Kräckers sowie „hoch-Rohfaser-Sonnenblumen-Kräckers“ als Diät-Nahrung (LOFGREN 1997). Für diese Nutzungsrichtungen werden spezielle Sorten gezüchtet mit hohem Proteingehalt, geringerem Fettanteil, großen, locker sitzenden Kernen und großen Früchten (JOVANOVIC et al. 1997/98). MILLETTE (1974) nennt eine große Zahl von Verwendungsmöglichkeiten und Rezepte für geschälte Sonnenblumenkerne.

Ein nicht zu unterschätzender Markt ist die Nutzung von gestreiften Sonnenblumenfrüchten für die **Vogel- und Kleintierfütterung** (LOFGREN 1978, 1997) und als Diätfrüchte für Schweine und Milchkühe (PARK et al. 1997).

Die **Schalen** enthalten nach LOFGREN (1978 und PARK et al. 1997): 5 % Lipide (einschließlich 0,5 bis 2,0 % Rohfett, Sterole und Hydrocarbone), 4 % Proteine, 50 % Carbohydrate (meist Zellulose und Lignin), 26 % reduzierende Zucker, 8 % Feuchtigkeit und 2 % Asche. Diese Nährstoffe können als Beifutter in der Viehfütterung durch Wiederkäuer (Lämmer) genutzt werden. Der wirtschaftliche Nutzen ist sortenabhängig, infolge des niedrigen energetischen Wertes jedoch gering (LOFGREN 1997). Meist werden die Schalen, die zu 74 bis 90 % aus Zellulose, Lignin und Hepizellulose besteht (DORELL and VICK 1997) einer technischen Nutzung zugeführt und zur Herstellung von Isolierplatten oder als Heizmaterial (Schalenpellets) verwendet (PARK et al. 1997). Auch als Streu in Hühner- und Milchviehställen werden sie genutzt. Die Schalen enthalten weiter: 15,3 % Wasser, 14 % reine Pentosane, 2 % reine Cellulose und 13 % Lignin (LOFGREN 1978) sowie 0,3 % Wachs (DORELL and VICK 1997). Diese Rohstoffe und dazu Furfurol für die Lederindustrie können aus den Schalen gewonnen werden. In den USA wird die Gewinnung von Farben (Anthocyan) für die Nahrungsmittelindustrie aus violett gefärbten Schalen diskutiert (LOFGREN 1997). Dabei ist die wechselnde Beständigkeit der Anthocyanfärbung noch nicht geklärt.

Die Verwendung als **Futterpflanze** zur Grünfütter- und Silagegewinnung ist eine weitere Nutzungsrichtung der Sonnenblume, wie schon früher in Kanada und Mitteleuropa, und als Gründüngung im Stoppelfruchtanbau nach Getreide (SCHUSTER 1958, 1977, 1993). Der Stoppelfruchtanbau in Reinsaat oder im Gemenge mit Leguminosen wie Erbsen, Wicken sowie Ackerbohnen (DENK 1989) oder Örettich hat in den letzten Jahren zugenommen.

Der Nährstoffgehalt von Grünfütterungs-Sonnenblumen als Stoppelfrucht liegen nach KLITSCH (1956) bei 1,38 bis 1,57 % Roh-Eiweiß, 0,16 bis 0,28 % Rohfett und 2,69 bis 3,13 % Rohfaser. Der Stärkewertanteil beträgt 4,06 bis 5,70 kg je dt. Dies entspricht einem Eiweiß-Stärkewertverhältnis von 1:4,84 bis 7,66.

Eine gut gelungene Sonnenblumensilage aus Grünsonnenblumen, im Vollknospenstadium (= ein Drittel der Pflanzen beginnt zu blühen) geerntet, hat nach KÖNEKAMP (1931) eine recht günstige Zusammensetzung (siehe Tabelle 7).

Tabelle 7: **Nährstoffgehalt von Gärfutter aus Sonnenblumen bei a) Blühbeginn und b) vor dem Knospenstadium** (nach KÖHNEKAMP 1931)

Roh-nährstoffe	H ₂ O	N-freie Extr. Stoffe	Roh-faser	Roh-fett	Roh-Eiweiß	Asche	Essig-säure	Milch-säure	Butter-säure
a)	91	3,61	3,09	0,18	0,94	1,18	0,51	1,65	0,00
b)	91	3,22	1,90	0,28	1,34	2,36	0,08	0,20	0,67

Eine noch bessere Silage ergeben Grünsonnenblumen, wenn sie zusammen mit Silomais, schichtweise oder gemischt, siliert werden.

Weitere Nebennutzungen der Sonnenblume nennen ZIMMERMANN (1958) und LOFGREN (1978,1997): Die trockenen Sonnenblumenstängel können wegen ihres Gehaltes an 43 bis 48 % α -Cellulose zur Papierherstellung und zu anderen Celluloseprodukten verwendet werden (RUDORF 1948). Auch Pottasche (K_2CO_2) wurde wegen des hohen Kaligehaltes der Stängel früher in Russland gewonnen. In den holzarmen Steppengebieten dienen die trockenen Stängel als Brennmaterial (Stängelbriketts) und sonstiger Holzersatz.

Aus den Fruchtböden kann Pektin gewonnen werden. 100 kg getrocknete Fruchtkörbe liefern nach ZIMMERMANN (1958) 880 kg flüssigen Pektinextrakt mit 6 % Trockensubstanz. Auch lassen sich die trockenen Körbe zu einem 8 bis 9 % Rohprotein enthaltenden Futtermittel zermahlen (HOTTENROTH 1949). ZIMMERMANN (1958) diskutiert den Nutzen eines Sonnenblumenanbaus auf extensiven Flächen allein zur Stängelproduktion für die Herstellung von Hartfaserplatten. Weiter lassen sich aus den Körben und Stängeln beträchtliche Mengen an Harz für technische Zwecke gewinnen.

Nach alten Berichten (siehe ZIMMERMANN 1958) wurden die jungen Sonnenblumenpflanzen und -knospen als **Gemüse** gegessen. Die Stängel, Blätter und Blüten werden in der Volksheilkunde als Tee bei Erkrankungen der Atmungsorgane und gegen Malaria und andere fiebrige Krankheiten angewendet.

Nicht unerwähnt bleiben darf der Nutzen der Sonnenblume als wertvolle **Bienenweide** für die Honigproduktion. Die reichliche Nektar- und Pollenproduktion der Blüten liefert nach ROBINSON (1978) in einer Blühperiode 25 bis 50 kg Honig pro ha. BALANA and VRANCEANU (1992) nennen sogar Honigerträge von 50 bis 80 kg/ha von ihren neuen Hybriden.

Viele der hier genannten Nebennutzungen sind durch die Technisierung der Ernte heute nur noch von historischem Wert.

Die Nutzung der Sonnenblume als **Zierpflanze** hat dagegen in den letzten Jahren weltweit enorm zugenommen. Es wurden vor allem in Japan, aber auch in Deutschland Sorten für die Schnittblummennutzung gezüchtet, die besondere Eigenschaften besitzen: aufrechte Blütenhaltung; Pollensterilität (damit bei Schnittblummennutzung keine Verschmutzungen auftreten); leuchtende, dichtstehende, verhältnismässig kurze und fest sitzende Zungenblüten; eine dunkle, schwarz-violette Scheibe von Röhrenblüten; kräftige und gesunde Laubblätter; kurzer gedrungener Wuchs sowie für Topfblummennutzung Zwergwuchs. Weiter: Tagneutralität und Eignung für die Gewächshausproduktion sowie Resistenz bzw. Toleranz gegen Schaderreger an allen Pflanzenteilen bis zur Zeit der Blüte (ÖSTER. AGR.-VERLAG 1998).

Auch sollen die Möglichkeiten des Anbaues als **Zweitfrüchte** nach Wintergerste in klimatisch günstigen Gebieten erwähnt werden. SALER (1992) und DRAGON et al. (1972) berichten über Feldversuche in Italien mit frühen Sonnenblumen-Hybriden (Vegetationszeit 120 bis 140 Tage) nach Wintergerste und Aussaaten vom 14. bis 22. Juni in der Ukraine und 5. bis 8. Juli nach Minimal-Bodenbearbeitung und 50 bis 250 mm Beregnung. Geerntet wurde

am 15. bis 26.10. bzw. 25. bis 30.10. Es wird darauf hingewiesen, dass „Double-Cropping“ nur mit Beregnung möglich ist.

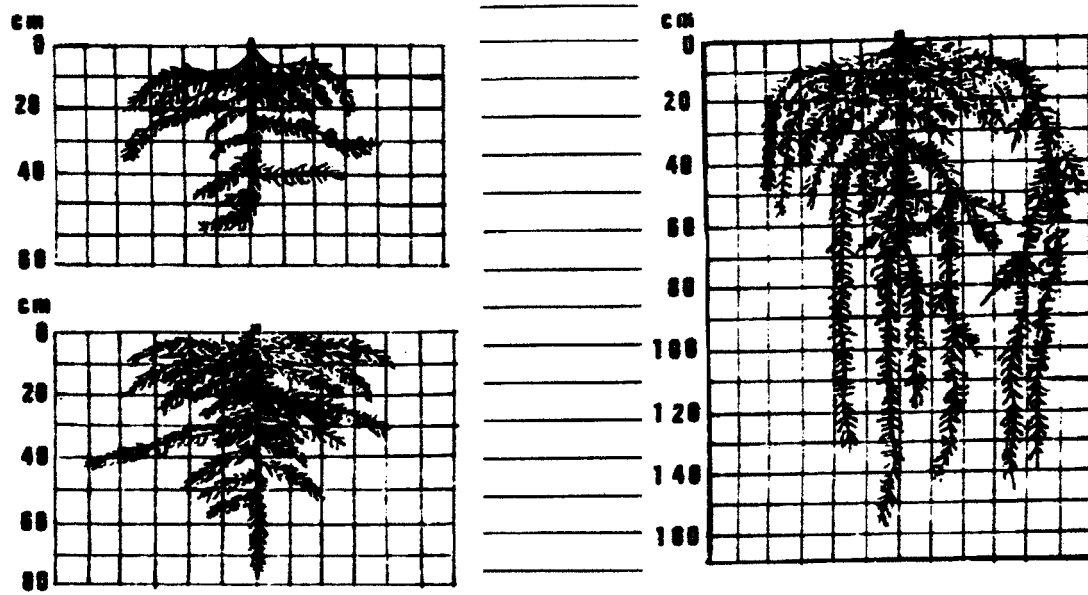
Auch der **Mischanbau**, Sonnenblumen mit verschiedenen Leguminosen, ist nach DEDIO (1994) nicht nur in Dritte-Welt-Ländern unter humiden Klimaverhältnissen möglich. In Kanada wurden Feldversuche mit Sonnenblumen (92 cm Reihenabstand) und dazwischen Gartenerbsen (= 46 cm Reihenabstand) durchgeführt um Stickstoff im Boden zu fixieren und die Bodenstruktur zu verbessern. Im Mittel von 2 Jahren konnten 34,2 dt/ha Sonnenblumen und 2,3 dt/ha Erbsen geerntet werden. KANDEL and SCHNEITER (1993) KANDEL (1995) empfehlen für den Mischanbau in trockenen Gebieten 2 Reihen einer frühreifenden Erbse mit einer späten Zwerg-Sonnenblume mit 152 cm Reihenabständen der Sonnenblume anzubauen. UJJINIAH et al. (1991) fördern den Mischanbau mit Luzerne, *Vicia villosa*, Gelben Steinklee und Schwarzen Linsen (*Lens culinaris*). Sie fanden keine Ertragsabfälle der Sonnenblumen, wenn sie die Leguminosen im 4 bis 5 Blattstadium der Sonnenblumen einsäten. Die Schwarzen Linsen konnten zusammen mit den Sonnenblumen bei 76 cm Reihenabstand der Sonnenblumen gesät werden. BLAMEY et al. (1997) berichten über hohe Gesamterträge im Semi-Ariden-Klima von Mischanbauten Sonnenblumen mit Straucherbsen (*Cajanus cajan*) bei einem Reihenverhältnis 2:4 oder 1:2. CHAHBAZ and RASHID (1996) untersuchten den Mischanbau Sonnenblumen mit Sojabohnen, Mungobohnen und Mischleguminosen.

4 Morphologie

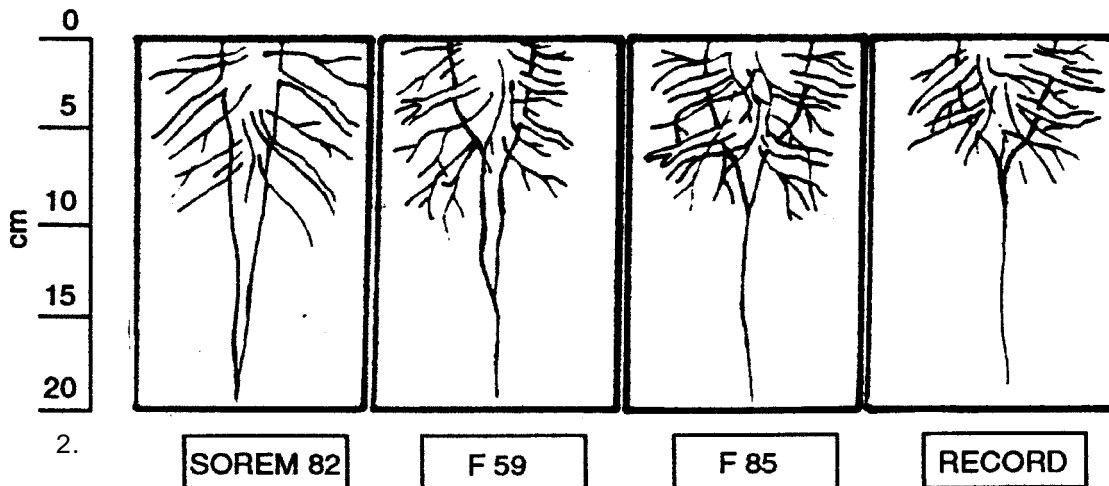
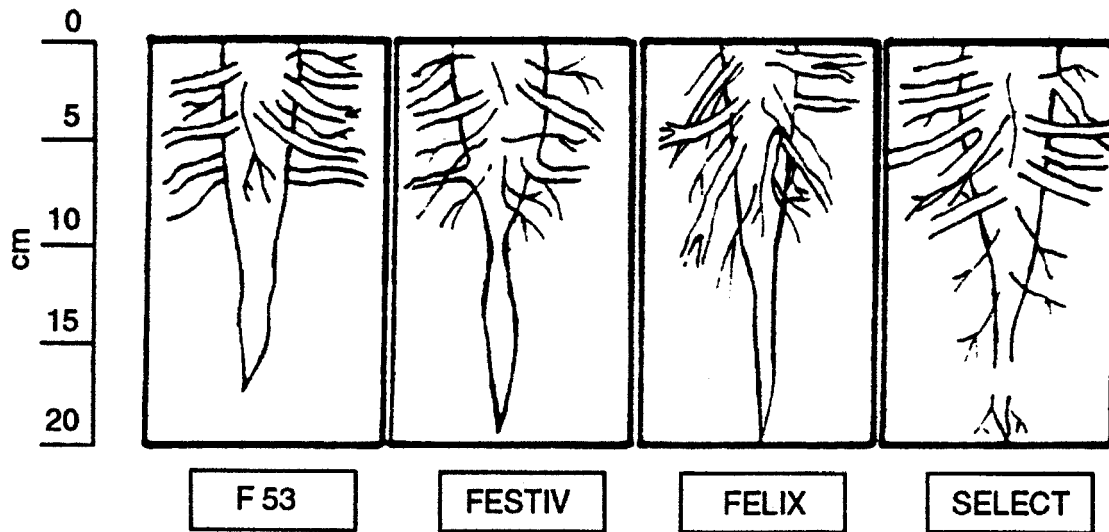
Die morphologischen Merkmale der Sonnenblume zeigen eine große, genetisch bedingte Formenmannigfaltigkeit und gleichzeitig eine starke, durch Umwelteinflüsse bedingte Modifikation (siehe auch KNOWLES 1978; SEILER 1997).

4.1 Wurzel

Das Wurzelsystem der Sonnenblume besteht zunächst aus einer senkrecht in den Boden wachsenden Hauptwurzel, von der später mit fortschreitender Entwicklung eine große Zahl von feineren, stark verzweigten Wurzeln ausgeht. So besitzen ausgewachsene Sonnenblumenpflanzen ein starkes, weit verzweigtes, je nach Bodenart und Wasserverhältnissen mehr oder weniger tief in den Boden gehendes Wurzelwerk ohne ausgesprochene Pfahlwurzel (siehe Abb. 7.1)). WEAVER (1926) fand jedoch bei der Sorte „Russian“ zentrale Pfahlwurzeln bis zu 150 - 270 cm Tiefe. PUSTOVOIT (1967) berichtet von Sonnenblumenwurzeln in 4 bis 5 m Tiefe. Untersuchungen von TERBEA und VRANCEANU (1988) zeigen deutliche Sortenunterschiede in der Wurzel Ausbildung der Sonnenblume, insbesondere bei der Pfahlwurzel (siehe Abb. 7). Es werden Differenzierungen festgestellt in: Wurzelmasse g/Pfl., Trockengewicht der Wurzeln g/Pfl., Gewicht der Sekundärwurzeln g/Pfl., Wurzeldurchmesser mm, Länge der Hauptwurzeln, Länge der Sekundärwurzeln, Trockenwurzelgewicht g/Pfl., Wurzelvolumen je cm³.



1.



2.

Abb. 7: 1. Wurzelentwicklung der Sonnenblume (nach VANCREANU 1974)

2. Sortenunterschiede in der Ausbildung der Pfahlwurzel

(aus TERBEA and VRANCEANU 1988)

Das Aneignungsvermögen für Wasser und Nährstoffe ist bei der Sonnenblume groß. Hierauf beruht ihre Trockenresistenz bzw. Toleranz gegenüber zeitweilig geringer Wasserversorgung. Wir finden dank der intensiven Durcwurzelung und des Wasseraneignungsvermögens blühende Sonnenblumen in Mauerritzen, in Dachrinnen, auf leichten Sandböden, in Halbwüsten und Steppen ebenso wie an Fluss- und Seeufern. Nach ZIMMERMANN (1958) ist die Sonnenblume in der Lage, sich durch Änderung des osmotischen Druckes und der Permeabilität der Wurzeln den Standortverhältnissen anzupassen, wobei die Bodentemperatur eine wesentliche Rolle spielt. Für die Trockenresistenz und die Standfestigkeit von Zuchtsorten spielt sicher die Variabilität der ausgebildeten Wurzelmasse und die der physiologisch-chemischen Reaktion auf unterschiedliche Umweltbedingungen eine wichtige Rolle.

Unter feuchteren Klimabedingungen auf lehmig-tonigen Böden und bei Bodenverdichtungen bildet die Sonnenblume ein flaches Wurzelwerk aus, so dass es hier durch Gewitterregen nach der Blüte leicht zum Umfallen der Pflanzen kommt, wobei der flachliegende Wurzelballen herausgerissen wird. Es entstehen erhebliche Ertragsverluste. Auch in dieser Hinsicht sind Unterschiede zwischen Sorten und Linien zu beobachten.

4.2 Stängel

Die Variabilität des Sonnenblumenstängels ist beeindruckend. Folgende Merkmale variieren: **Wuchslänge** von 0,4 m bis 4 bis 5 m (siehe Abb. 8); **Verzweigung** von einstängelig bis mehrfach verzweigt mit und ohne deutlich ausgeprägten Hauptkorb (siehe Abb. 9);

Internodienlänge von geringem Abstand von 5-10 cm bis 40 cm zwischen den Blattsätzen, d.h. von dichter Beblattung bis geringem Blattanteil; Behaarung des Stängels von dicht stachelig behaart bis unbehaart glatt; Standfestigkeit von schlangenartig verkrümmt bis starr aufrecht; Stängelhaltung im oberen Drittel bzw. **Korbhaltung** von aufrecht bis stark überhängend (siehe Abb. 10); Stängeldicke ist weitgehend abhängig von der Wuchslänge, sie kann zwischen 1 cm und 10 cm liegen.



1



2.

Abb. 8: **Sortenunterschiede in der Wuchslänge** (aus SCHUSTER 1993)

1. Vorn Zwerg-Typ (50-60 cm), dahinter Halbzweig (70-90 cm) zur Kornproduktion
2. Gigas-Typ für Grünfutter- und Silagegewinnung (400-450 cm)

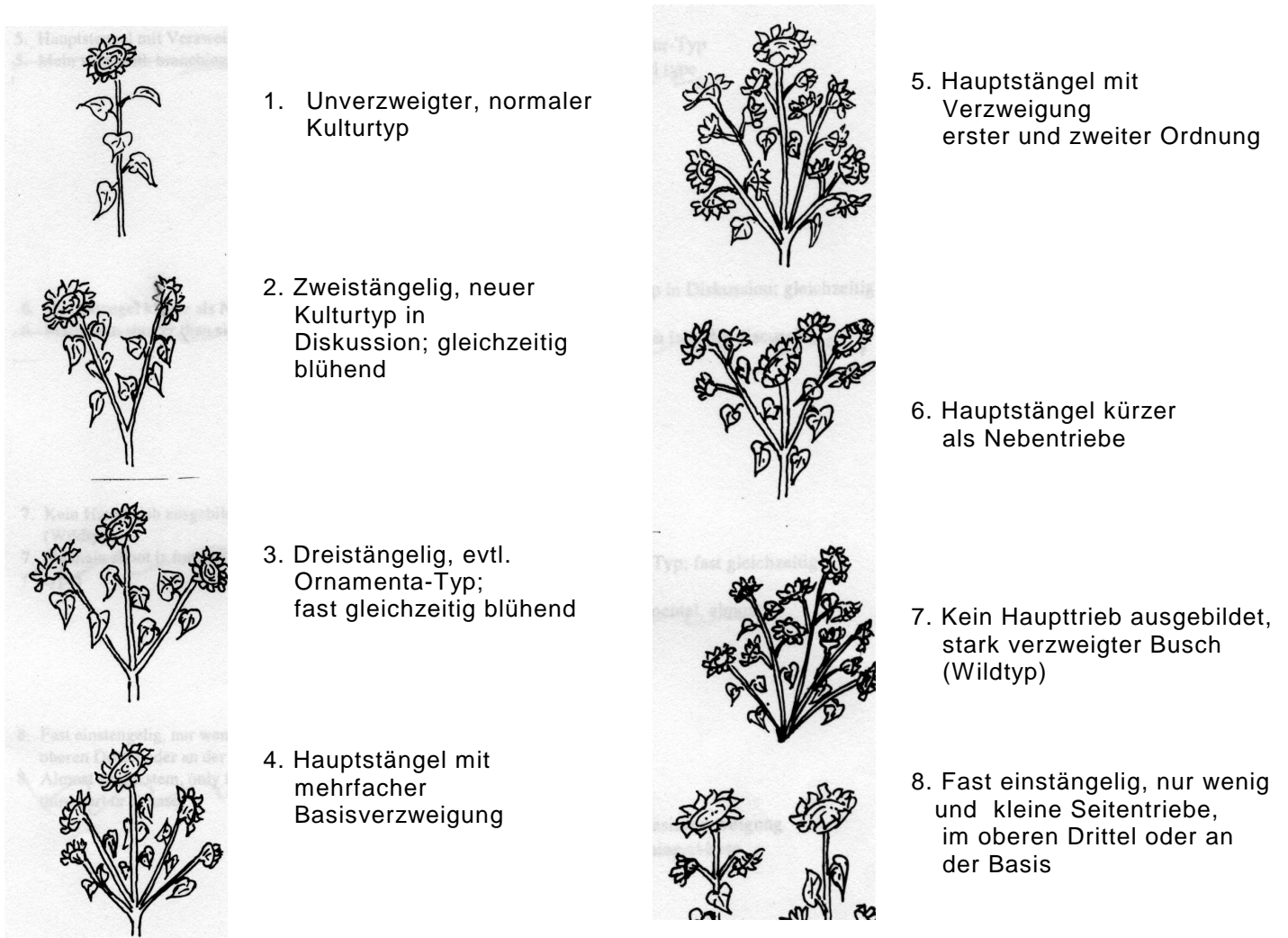


Abb. 9: **Verzweigungstypen bei Sonnenblumen** (aus SCHUSTER 1993) Typ 1 und 2 sind für den Anbau zur Korn- und Grünfutterproduktion, Typ 3 bis 8 sind Zierpflanzen oder bei rezessiver Vererbung der Verzweigung als Restorer geeignet

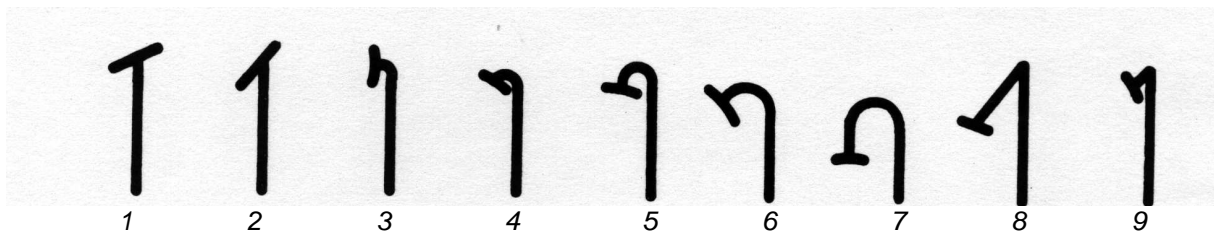


Abb. 10.1: **Neigungsformen des Stängels = Korbhaltung** (nach KNOWLES 1978, ergänzt)

1. Gerader Stängel, Kopf \pm wagrecht
2. Gerader Stängel, Kopf senkrecht bis 45° nach oben geneigt

3. Rechtwinklig geneigter Stängel, noch nicht hängend, Kopf senkrecht
4. Um 15% der gesamten Pflanzenhöhe; 5. Wie 3., um 16-35 % geneigt
6. Wie 3., um 35-65 % geneigt; 7. Wie 3., mehr als 65 % geneigt
8. Abgeknickter Stängel mit hängendem Korb
9. Kurze abgeknickte Stängel mit hängendem Korb

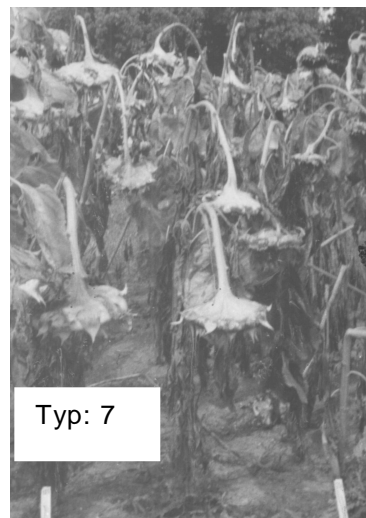
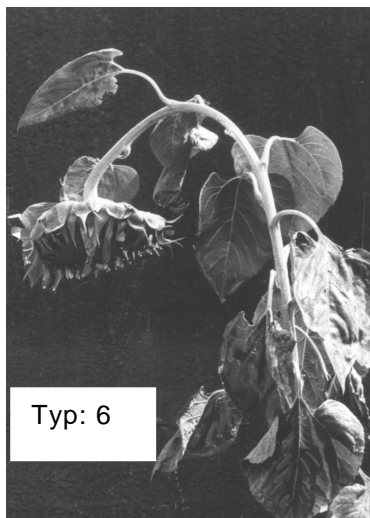
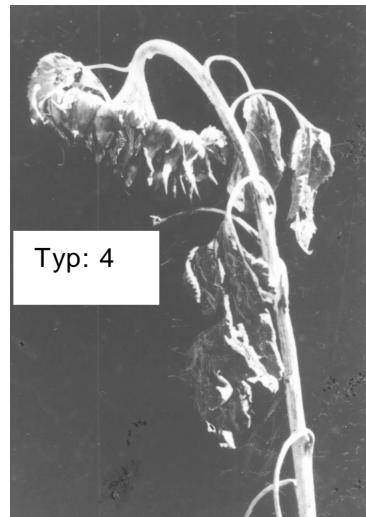
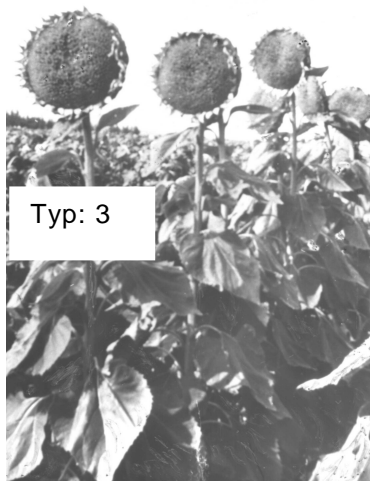


Abb. 10.2: **Einige Beispiele für unterschiedliche Korbhaltung** (aus SCHUSTER 1993)

Für eine Kornnutzung werden wegen der leichteren Ernte und einer besseren Standfestigkeit Zwerg- bzw. Halbzweig-Formen (siehe Abb. 8.1) bis mittelhohe Typen von 150 bis 180 cm Höhe bevorzugt (FICK et al. 1985). Es ist jedoch zu beachten, dass die Wuchslänge durch Umweltfaktoren wie Temperatur, Tageslänge (Aussaatzeit), Wasser- und Nährstoffversorgung stark modifiziert werden kann.

Auch die Verzweigung des Stängels (siehe Abb. 9) unterliegt neben einer starken genetischen Veranlagung Modifikationen durch die Umwelt (DUCHSCHERER 1998). So wird die Basisverzweigung durch weiten Standraum, durch kühle Temperaturen im Frühjahr, hohe Niederschläge u.a. gefördert. Nach Anwendung ungeeigneter Herbizide, wie 2,4-D-Mittel, treten

Auflösungen des Blütenkorbes in Verzweigungen und mehrere kleine Körbe auf (SCHUSTER 1979, 1985a, 1993).

FICK (1978a) berichtet von Pflanzen, die nach Selbstungen keinen Kopf ausbilden (Le-talfaktor). Zwischen den in Abbildung 9 dargestellten Verzweigungstypen gibt es alle Über-gänge (HOCKET and KNOWLES 1970). Die Wuchstypen 1 und 2 in Abbildung 9 sind Formen der angebauten Kultursonnenblumen zur Korn- und Grünfütternutzung. Alle übrigen können einjährige Zierpflanzen sein oder als Restorer (Wiederhersteller der Fertilität) in der Hy-bridzüchtung dienen. Die Verzweigung kann dominant oder rezessiv vererbt werden (DUCHSCHERER 1998). Nur die rezessiv vererbten Typen sind als Restorer geeignet, da sie unverzweigte Hybriden liefert (siehe Abschnitt 9). Die Verzweigung liefert über eine längere Blühzeit mehr Pollen und garantiert einen höheren Fruchtansatz. Die rezessive Verzweigung wird über 3 verschiedenen Gene (b_1 , b_2 und b_3), die einzeln und (oder) im Zusammenwirken volle Verzweigung liefern (PUTT 1964, HOCKETT and KNOWLES 1970, KOVACIK and SKALLOUD 1988, 1990).

Die Internodienlänge bzw. die Blattzahl bestimmt neben der Blattgröße die Assimilati-onsfläche und ist ausschlaggebend für einen hohen Blattanteil, der den Futterwert bei Grün-nutzung erhöht (geringerer Rohfaser- und höherer Eiweißgehalt). Auch eine geringe oder keine bzw. weiche Behaarung kann die Fressbarkeit oder den Futterwert für eine Grünnut-zung erhöhen.

Die hohe Lagerneigung des weichen Sonnenblumenstängels wird durch zu geringe Rohfaser- bzw. Lignineinlagerung im Stängel verursacht. Hier besteht eine negative Korrela-tion zwischen einem geringen Rohfasergehalt des Stängels für einen höheren Grünfutterwert und einem hohen Rohfaseranteil für eine bessere Standfestigkeit.

4.3 Blätter

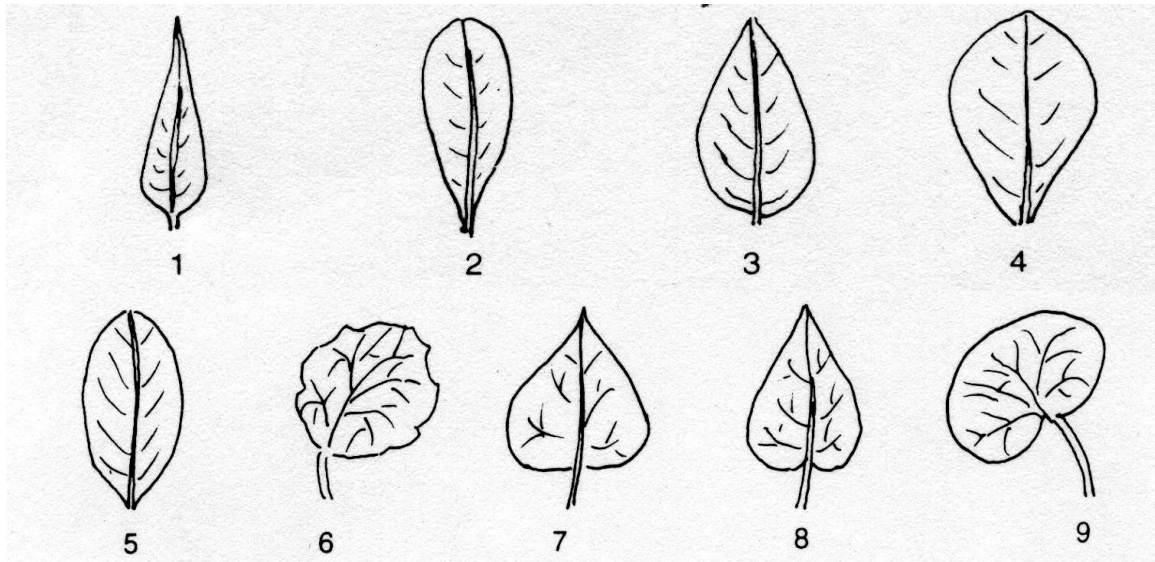
Die Blätter der Sonnenblume sind wechselständig am Stängel angeordnet. Die Variabi-lität in Form, Ausbildung der Blattspitze und Basis sowie des Randes ist vielfältig (Abb. 11). Alle Kombinationen zwischen den in Abbildung 11 aufgezeigten Merkmalsausprägungen sind möglich. Die Blattgröße und die Blattzahl werden durch Umweltbedingungen (SCHUSTER und BOYE 1971b), wie auch durch die Pflanzenhöhe und den Wuchs, stark modifiziert. Die stärk-sten Einflüsse haben hierbei die Wasser- und Nährstoffversorgung, aber auch Tageslänge und Fotoperiode (SCHUSTER und BOYE 1971a). PANKOVIC et al. (1991) untersuchten die Be-ziehung zwischen Blattwachstum und Fotosyntheseleistung von neuen Hybriden und deren Elternlinien und fanden in einigen Fällen deutliche Heterosis für dieses Merkmal.

Die Anatomie des Blattes entspricht der von anderen Dicotyledonen. Die Blätter sind mehr oder weniger stark behaart, wobei, wie beim Stängel, geringe und fehlende bis starke oder stachelige Behaarung vorkommen.

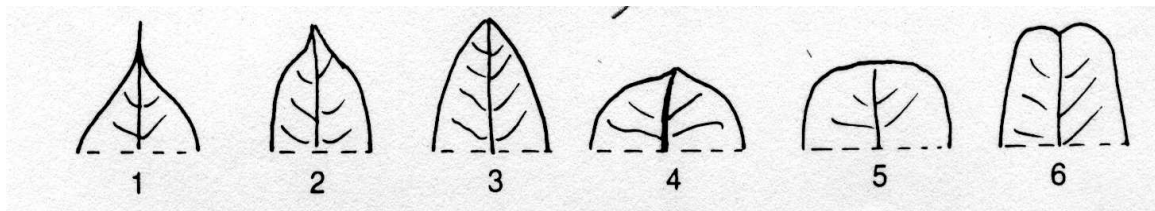
Da die Blätter maßgeblich die einer Pflanze zur Verfügung stehende Assimilationsfläche ausmachen, sind sie über ihre Größe und Effektivität für die Fotosynthese direkte Ertrags-faktoren. Die Fotosynthese wird durch eine günstige Stellung der Blätter zum einfallenden Sonnenlicht erhöht. Die Blätter und Knospen zeigen einen deutlich ausgeprägten Heliotro-

pismus, der durch die Hinwendung zur stärksten Sonneneinstrahlung eine höhere Fotosynthese von 9,5 % gegenüber feststehenden Blättern und Knospen ergibt (SHELL and LANG 1976).

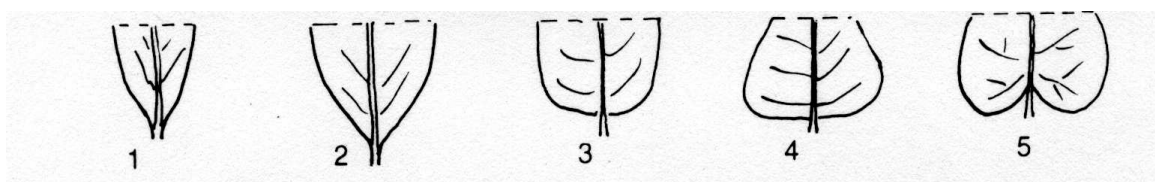
Form



Spitze



Basis



Rand

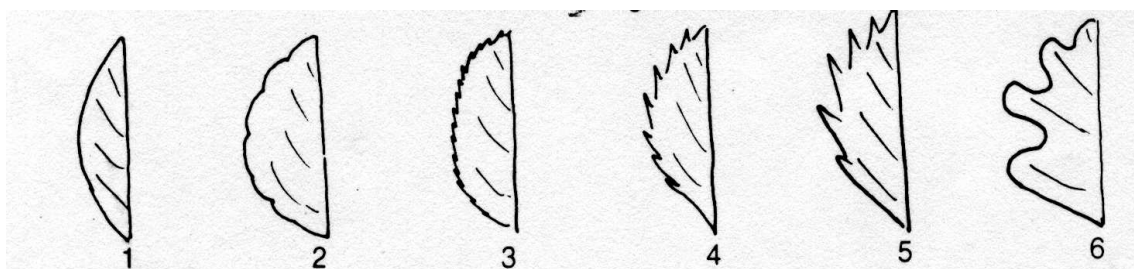


Abb. 11: Variabilität der Blattmerkmale von Sonnenblumen (nach KNOWLES 1978)

Form: 1. lanzettlich; 2. umgekehrt lanzettlich; 3. eiförmig; 4. breitoval; 5. eliptisch;
6. rundlich; 7. deltaförmig; 8. herzförmig; 9. nierenförmig

Blattspitze: 1. speerspitzig; 2. spitzig; 3. spitz; 4. stumpf; 5. abgeflacht; 6. eingekerbt

Blattbasis: 1. schmal; 2. spitz; 3. stumpf; 4. gestutzt; 5. herzförmig

Rand: 1. glatt; 2. gebogt; 3. gezahnt; 4. grob gezahnt; 5. gezackt; 6. gelappt

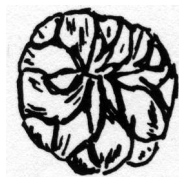
Die 10 Blätter an der Basis des Stängels machen nach WEISHENG (1991) 5 % des Samenertes der Pflanze aus. Die Knospen und der obere Teil der Pflanze neigen sich am Morgen nach Osten, folgen der Sonne und blicken am Abend nach Westen. In diesem Zusammenhang werden Typen mit kurzen Blattstielen, bei denen die Blätter nahe am Stängel stehen und ein dichtes Dach bilden, als besonders günstig für die Fotosyntheseleistung angesehen (ARNOUX 1978, VRANCEANU 1978, SKORIC 1980, SKORIC et al. 1989). Die Vererbung der kurzen Blattstiele erfolgt nach LUCSKIEWICS (1975a) durch 2 komplementäre, rezessive Gene. Andere Genotypen aus Material von Fundulea/Rumänien vererben die kurzen Blattstiele über 2 kumulative, dominante Gene (VRANCEANU et al. 1988).

4.4 Blütenstand

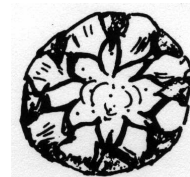
Der Blütenstand wird im Knospenstadium von Hüllkelchblättern umgeben. Dies sind umgewandelte Laubblätter, die in Anzahl, Größe, Form und Behaarung eine beachtliche genetische Variabilität aufweisen. Sie stehen in 3 bis 5, selten 6 Reihen, jeweils auf Luke, um den Korb. Ihre Zahl schwankt von 40 bis 80. Sie sind nach WEISHENG (1991) mit 1,9 bis 7,6 % am Kornertrag des Korbes und mit 1,8 bis 5,1 % am Ölgehalt beteiligt. Eine Beziehung zwischen der Zahl der Hüllblätter und der späteren Korbgröße besteht nicht (SCHUSTER 1951). Auch der Blütenboden ist unterschiedlich in Größe und Form.



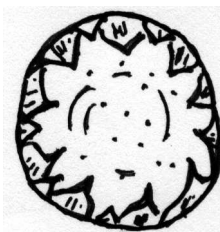
1. Kleiner Korbboden;
Hüllblätter lang,
überlappend; Knospe
fest geschlossen



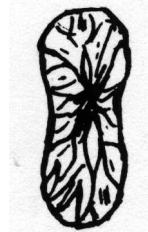
2. Mittlgrößer Korbboden;
Hüllblätter groß, geschlos-
sen;
Knospe geschlossen
bis leicht geöffnet



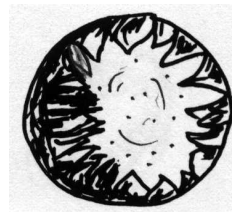
3. Korbboden groß; Hüllblätter
mittlgrößer; Knospe offen;
Spreublätter der Korbblüten
sichtbar



4. Knospen groß; Kelch-
blätter klein; Knospe
weit offen; Knospen der
Korbblüten und Spreu-
blätter sichtbar



5. Korbboden geschrumpft
oder unregelmäßig zusam-
mengezogen; Hüllblätter
geschlossen; Knospe meist
geschlossen



6. Korbboden partiell
geschrumpft; Hüllblätter
öffnen sich unregelmäßig

Abb. 12: **Knospenformen der Sonnenblume**

Die **Knospen** sehen vor dem Aufblühen recht verschieden aus. Sie variieren von geschlossen mit großen Kelchblättern und kleinem Korbboden (Abb. 12) bis frühzeitig offen mit großem Korbboden und kleinen Hüllblättern (Abb. 12.4). Sie zeigen, wie schon erwähnt, einen deutlichen Heliotropismus. Nach dem Aufblühen ist für die Blüten kein Heliotropismus mehr gegeben, die meisten Blüten stehen nach Osten bzw. nach Nord-Osten in der nördlichen Hemisphäre und Süd-Osten in der südlichen Hemisphäre. Einige Pflanzen im Populationsbestand folgen nicht dieser generellen Richtung; sie blicken in irgendeine andere Himmelsrichtung. Wie stark die Blüte im Bestand sich nach der Himmelsrichtung neigt, in der beim Aufblühen die Sonne am intensivsten schien, zeigen Saatzeitversuche in Mitteleuropa (siehe Abb. 13).

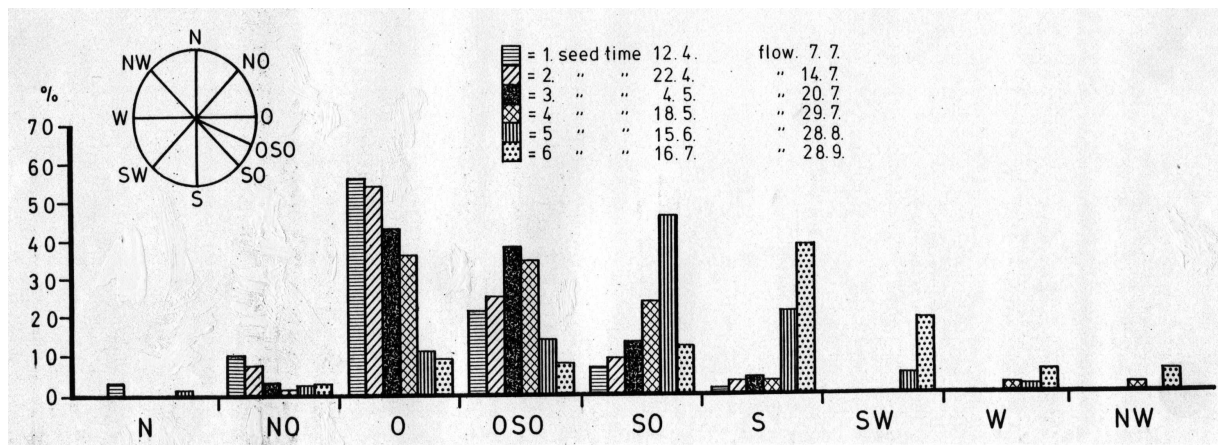


Abb. 13: **Heliotropismus der Sonnenblume; Neigung der Blüte in verschiedene Himmelsrichtungen nach unterschiedlicher Saatzeit** (nach SCHUSTER 1985a)

Mit späterer Saatzeit wenden sich die Blüten in Mitteleuropa von Osten mehr und mehr nach Süd-Osten und Süden (SCHUSTER 1956a, 1985a)

Der **Blütenkorb** (siehe Abb. 14) besteht aus den Hüllkelchblättern, den Zungenblüten und den zahlreichen Korbblüten. Zusammengefasst und geformt wird die Blüte durch den Blütenboden. Dieser kann sehr verschieden ausgebildet sein, wie Abbildung 15.1 und 2 zeigt. Die Korbform ist genetisch fixiert und kann durch Umweltfaktoren wie Standort, Wasserversorgung, Düngung und Temperatur variiert werden. Die meisten Kreuzungsnachkommen deuten auf eine intermediäre Vererbung der Korbform hin (FICK 1978a). KNOWLES (1978) unterscheidet die 6 Formen in Abbildung 15.1).

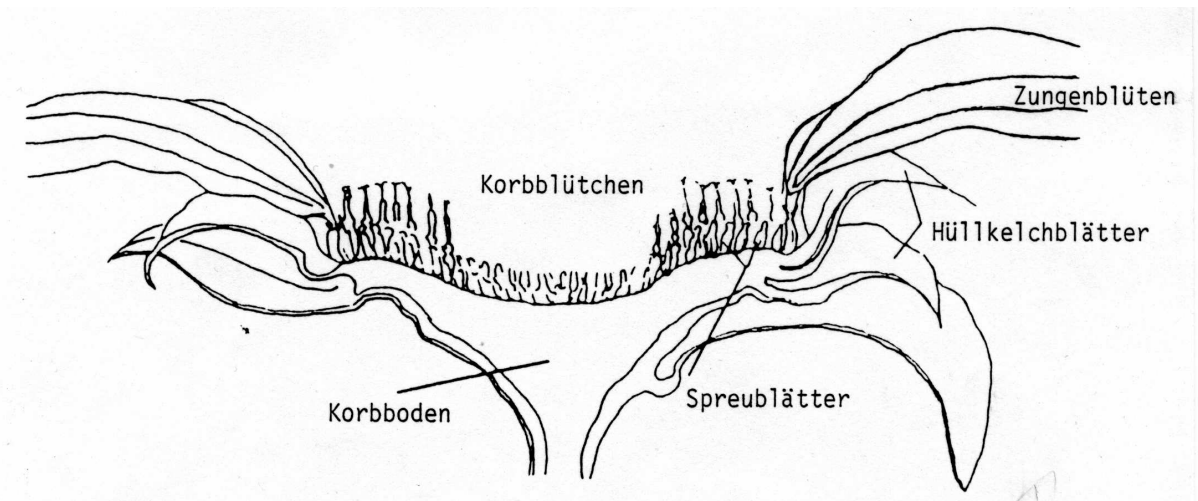
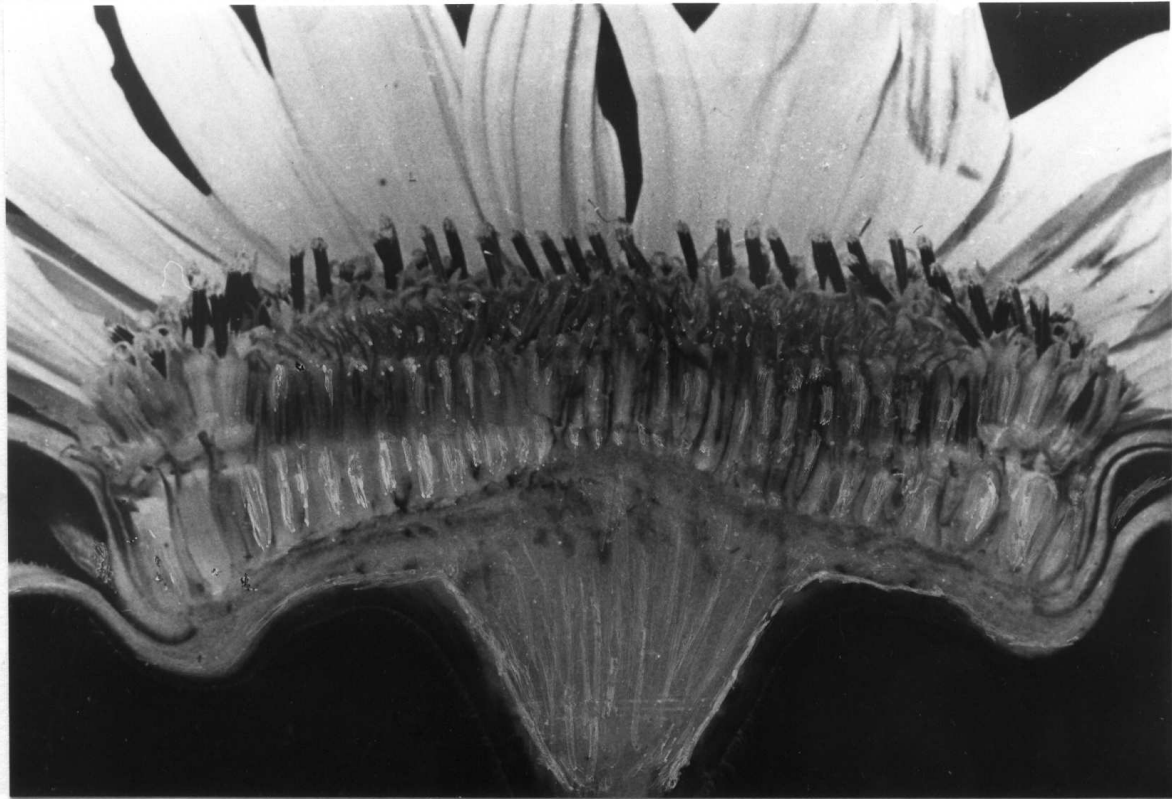


Abb. 14: Längsschnitt durch einen Sonnenblumenkorb
(nach SCHUSTER 1951 und KNOWLES 1978)

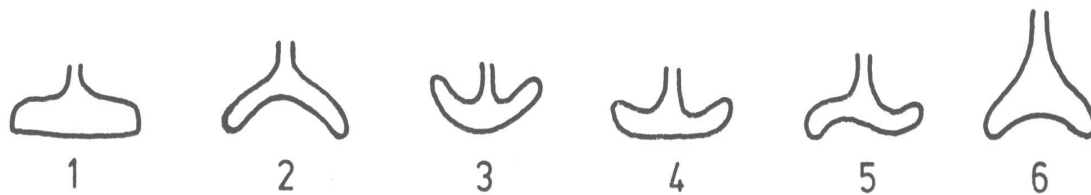
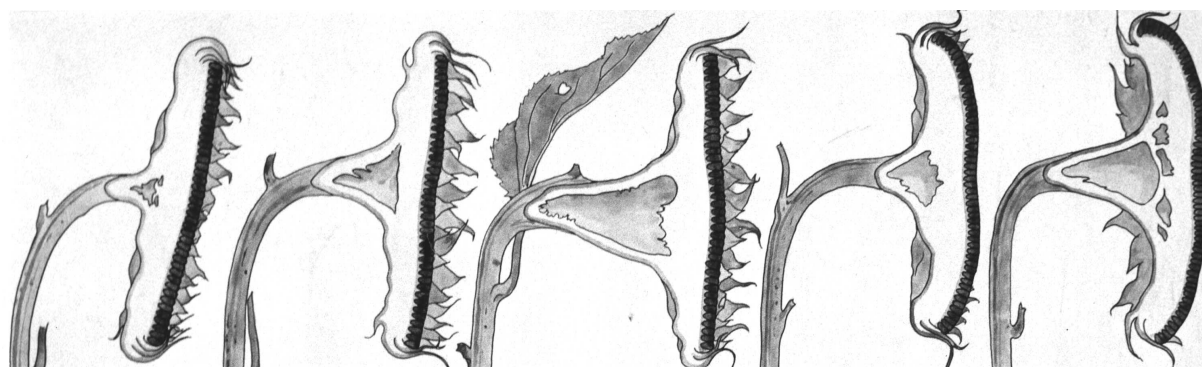


Abb. 15.1: **Kopfformen der Sonnenblume bei Reife:** 1. flach; 2. konkav; 3. konvex; 4. leicht konvex; 5. unregelmäßig (Schrumpfkorb); 6. trompetenförmig, häufig mit Loch in der Korbmitte (KNOWLES 1978)



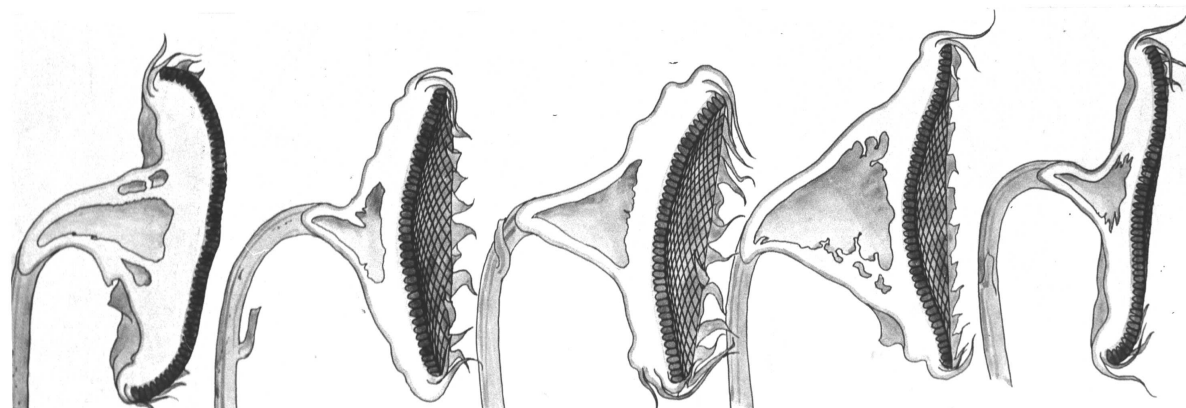
plan, feiner Ansatz

plan, verdickter Ansatz

plan, Trompetenansatz

konvex, feiner Ansatz

konvex, verdickter Ansatz



konvex, Trompetenansatz

konkav, feiner Ansatz

konkav, verdickter Ansatz

konkav, Trompetenansatz

durchschnittlich angestrebte Zuchtform

Abb. 15.2.: **Verschiedene Korbformen der Sonnenblume** (nach v.BOGUSLAWSKI, unveröffentlicht, aus SCHUSTER 1993)

Für die Züchtung und den Anbau sind die Korbformen 1 und 4 in Abbildung 15.1 bzw. „plan und konkav, feiner Ansatz“ sowie „Zuchtform“ in Abbildung 15.2 erwünscht.

Auch die Korbgröße wird stark durch Umweltfaktoren modifiziert. Hierbei spielt neben der Nährstoffversorgung der Standort, den die Einzelpflanze zur Verfügung hat, eine wesentliche Rolle (PUTT 1940, SCHUSTER 1951, POSPELOWA 1959). Der genotypische Einfluss

ist dagegen relativ gering, obwohl Heterosis für die Korbgröße mit additiver und nichtadditiver Genwirkung nachgewiesen wurde (SCHUSTER 1964, PUTT 1966, FICK 1978a).

Die **Randblüten** sind zu zungenförmigen großen Schaublüten = Zungenblüten umgebildet, die meist keine Geschlechtsmerkmale zeigen, selten nur einen Griffel ausbilden und immer unfruchtbar sind. Der große, flache Fruchtknoten der Zungenblüten enthält keine Samenanlage. Die Form der Randblüten variiert beachtlich. Abbildung 16 zeigt einige häufig vorkommende Formen.

:



Abb. 16: **Verschiedene Formen von Zungenblüten** (aus SCHUSTER 1993)

Auch die Zahl der Zungen- oder Randblüten ist nicht mit der Korbgröße korreliert, zumal die Anordnung der Zungenblüten sehr verschieden sein kann. Sie ist genetisch bedingt, kann jedoch ebenfalls durch äußere Faktoren modifiziert werden. Sie stehen in 1 oder 2, selten mehr Reihen. Ihre Anzahl schwankt normal von 34 bis 69. Nach LUCZKIEWICZ (1975b) steuern zwei komplementäre dominante Gene die Zahl und die Länge der Zungenblüten.

Nicht selten werden nach Inzüchtung Formen ohne Zungenblüten oder mit mehrfach geteiltem Kopf oder in der Korbmitte ausgebildete Hüllblätter und Zungenblüten gefunden. Durch Aufschneiden oder Verletzungen von jungen Knospen entstehen Pflanzen, die aus dem Wundgewebe der Schnittflächen Hüllblätter und Zungenblüten ausbilden (siehe SCHUSTER 1985a, 1993).

ZIMMERMANN (1958) berichtet von starken Veränderungen am Blütenkorb und verstärkter Ausbildung von Zungenblüten nach Frosteinwirkung auf die jungen Sonnenblumenpflanzen.

Als Ziersonnenblume (*H. annuus* var. *ornamentalis*) werden Formen kultiviert, deren Röhrenblüten völlig oder teilweise zungenförmig ausgebildet sind (gefüllter Kopf) (ÖSTER. AGR.-VERLAG 1998). Die kurzen Blumenblätter sollen gegenüber den normal langen rezessiv epistatisch vererbt werden (LUCZKIEWICZ 1975a). FICK (1978) meint dagegen, dass die Länge der Zungenblüten durch ein einfach rezessives Gen gesteuert wird.

Die Farbe der Zungenblüten variiert von weiß, zitronengelb, rot bis dunkelschwarzrot mit allen Abstufungen (siehe ÖSTER. AGR.-VERLAG 1998).

Durch die Möglichkeit, in Kreuzungen die verschiedenen Abstufungen von weiß, gelb (weißgelb, zitronengelb, strohgelb, dottergelb, orange) mit denen von rot (kirschrot, weinrot, braunrot, schwarzrot, mittelbraun, schwarzbraun) zu kombinieren, ergeben sich die mannigfaltigsten Farbvariationen für den Anbau der Sonnenblume als Zierpflanze. Nach FICK (1978) wird die Färbung der Zungenblüten durch einige wenige „Major-Gene“ gesteuert. Dabei wird die rote Farbe (Anthocyan) von 2 unabhängigen komplementären, dominanten Genen kontrolliert, wobei auch die gelbblühenden Formen eines der roten Gene kryptomer besitzen können. LECLERCQ (1968) berichtet, dass die gelbe Farbe der Zungenblüten dominant über orange ist und eine monogene Wirkung vorliegt. Die zitronengelbe Farbe erwies sich in Kreuzungen orange x zitronengelb als monogen rezessiv (SKALOUD and KOVACIK 1974). FICK (1978) entnimmt dagegen seinen Kreuzungen zwischen orange, zitronengelb und gelb, dass gelb dominant ist zu orange und zitronengelb rezessiv epistatisch gegenüber gelb und orange vererbt wird. Dabei sollen jeweils 2 Gene beteiligt sein. Einige weitere molekularbiologische Untersuchungen zur Blütenfarbe der Sonnenblume gibt LOTZ (2001).

Die Rotfärbung der Zungenblüten ist vielfach mit Anthocyanfärbungen an Blättern, Stängel und Achänen gekoppelt. Die Rot- und Braunfärbung (Anthocyan) der Blüten kann durch Umweltfaktoren modifiziert werden: Im Herbst nach später Aussaat und bei den später blühenden Seitenzweigen ist die Farbausprägung intensiver und dunkler

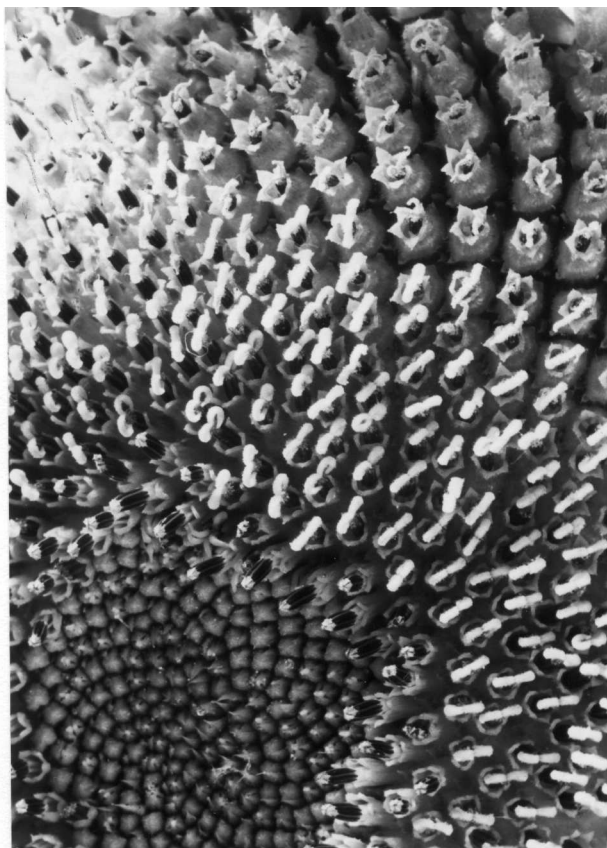


Abb. 17: Die Korbblütchen sind spiralig angeordnet, sie blühen jedoch täglich in 1 bis 6 konzentrischen Kränzen auf (aus SCHUSTER 1993)

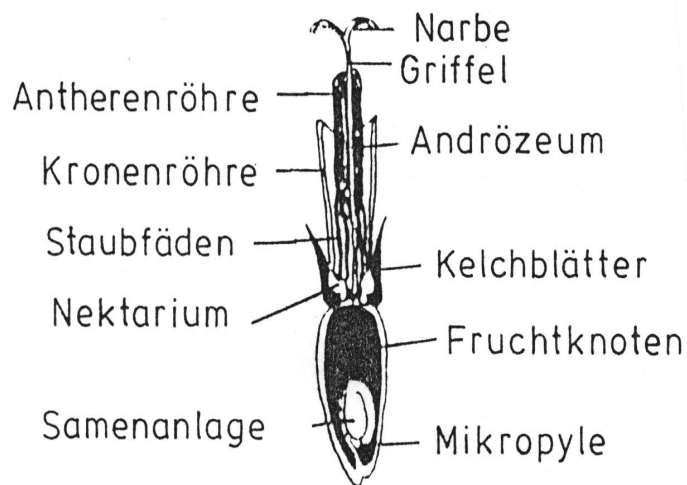


Abb. 18: **Röhren- oder Korbblüte** (aus SCHUSTER 1951,1993)

Die **Scheiben- oder Röhrenblüten** bestehen aus fünf zusammen-gewachsenen Kronenblättern. Sie stehen in Spiralen angeordnet (Abb. 17) von 700 bis 3000, sogar bis zu 8000 in einem Korb zusammen (PUSTOVOIT 1967, KNOWLES 1978). Abbildung 18 zeigt den Aufbau eines Scheibenblütchens. Jedes Blütchen sitzt mit dem unterständigen Fruchtknoten in der Achsel eines dreilappigen Spreublattes, dessen mittlere Spitze lang ausgezogen ist. Der obere Teil des Spreublattes ist grün oder durch Anthocyan rot bis violett gefärbt. Dabei scheint eine Koppelung der Anthocyanfärbung von Röhrenblüten und Spreublättern zu bestehen. Bei der Reife bleiben die Spreublätter mit dem Korbboden verwachsen, so dass der ausgedroschene Korb wie eine Bienenwabe aussieht. Der Fruchtknoten ist im Knospen- und ersten Fruchtstadium dicht mit einzelligen, an der Spitze gespaltenen Haaren besetzt. Da diese Haare nicht mitwachsen, zeigt die reife Frucht nur eine geringe Behaarung, die leicht abgerieben wird (siehe Abschnitt 4.5).

Die Zahl der Blütchen pro Korb ist mit der Korbgröße mit $r = 0,58$ korreliert (SCHUSTER 1964, 1985a). Beide Merkmale, Korbgröße und Zahl der Blütchen je Korb, werden genetisch gesteuert und haben eine hohe Heritabilität (FICK 1978, MILLER and FICK 1997). Daneben werden sie jedoch fast ebenso stark durch Umweltfaktoren, wie Standort, Düngung und Wasserversorgung modifiziert. Die Nährstoffversorgung und Witterungsverhältnisse zur Zeit der Ausbildung der Blütenprimordien spielt hierbei eine wesentliche Rolle.

Die Farbe der Röhrenblüten ist - wie bei den Zungenblüten - weitgehend vom Vorhandensein von Anthocyan abhängig. Dabei wird die Färbung der Röhrenblüten unabhängig von der der Zungenblüten vererbt. STOENESCU (1974) und FICK (1976) fanden heraus, dass die Ausbildung von Anthocyan in den Korbblütchen durch ein einfach dominantes Gen kontrolliert wird. Auch die Anthocyanfärbung der Narbe ist unabhängig von der der Blütenröhre oder anderer Pflanzenteile. Nach LUCZKIEWICZ (1975a) wird Anthocyan in der Narbe dominant

vererbt, und drei unabhängige Gene mit kumulativen Effekten steuern die Variation der Narbenfarbe.

In der Länge der Korbblüten ist ebenfalls eine erhebliche genetisch gesteuerte Variabilität zu finden (CIRNU et al. 1974). Um eine gute Befruchtung durch Honigbienen zu erreichen, soll die Länge der Blütenröhre zwischen 4,8 und 5,5 mm liegen. Die Rüssel der Honigbienen (*Apis mellifica*) betragen um 6,5 mm (BALANA and VRANCEANU 1992).

Auch können verschiedene Abstufungen von der normalen Röhrenblüte bis zur Zungenblüte zwischen verschiedenen Korbtypen und innerhalb eines Korbes gegeben sein (siehe Abb. 19). FICK (1978a) stellt fest, dass diese Eigenschaft dominant gegenüber dem Typ mit normalen Röhrenblüten ist und wenigstens 2 Gene an der Vererbung beteiligt sind. Nach LUCZKIEWICZ (1975a) kontrolliert jedoch nur ein dominantes Gen den „Chrysanthemum“-Typ. Die Antheren sind in den gefüllten Blüten vielfach rückgebildet. Hierbei treten Abstufungen von normalen Antheren bis zum vollständigen Fehlen auf (ARNOLD 1928).

:



Abb. 19: Röhrenblüten eines halbgefüllten Blütenkorbes einer Chrysanthemoides-Blüte (aus SCHUSTER 1993)

Die Antheren variieren in der Farbe von gelb zu braun und rot und verschiedenen Abstufungen von violett bis schwarz. Die gelbe Färbung der Antheren wird gegenüber der schwarzen durch ein rezessives Gen gesteuert (STOENESCU 1974). Für die verschiedenen Abstufungen von braun und schwarz sind jedoch wenigstens 4 Gene verantwortlich (LUCZKIEWICZ 1975a).

Fünf dunkelfarbige Staubblätter sind, wie die Kronenblätter, zu einer Röhre verwachsen (siehe Abb. 18).

Die Pollenkörner sind verhältnismäßig groß und mit groben Stacheln besetzt (siehe Abb. 20). Sie sind entweder gelb oder weißgelb gefärbt. STOENESCU (1974) fand eine einfach dominante Vererbung für die gelbe Pollenfarbe.

Recht häufig treten an den Scheibenblüten Veränderungen auf (SCHUSTER 1951, 1985a, 1993, KURNIK 1961), wie zusammengewachsene Blütchen mit einer vermehrten Zahl an Blütenblättern, Narben und Fruchtknoten. Diese Fruchtknoten sind teilweise polyploid. Nicht selten sind hierbei haploide, diploide und polyploide zusammengewachsen, die für eine Polyploidie- oder Haploidie-Züchtung selektiert werden können.

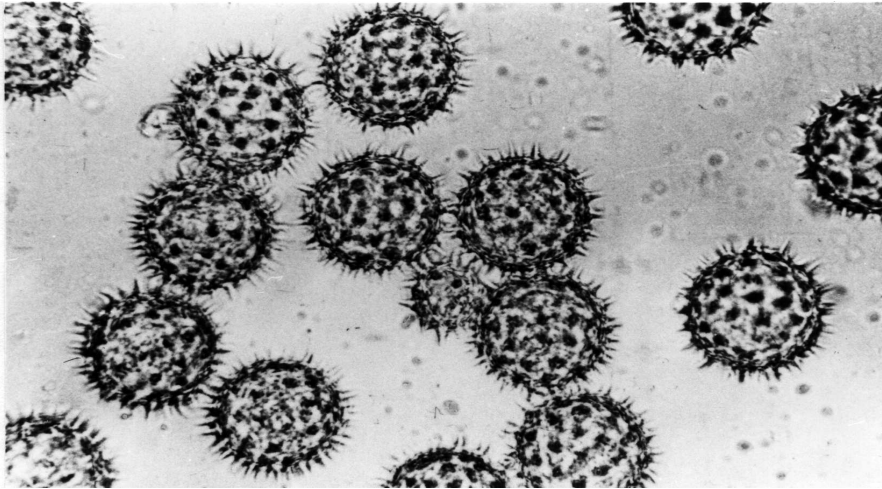


Abb. 20: **Sonnenblumenpollen, ca. 500mal vergrößert** (aus SCHUSTER 1993)

Ausgelöst werden diese zusammengewachsenen Blütchen durch äußere Faktoren, wie Verletzungen am Vegetationskegel, Temperaturschwankungen während der Blütchenbildung, verschiedene Chemikalien wie 2,4-D, β -Indolylessigsäure u.a. (SCHUSTER 1956b, ZIMMERMANN 1958).

Weiter sind „Vergrünungen“ aller Blüten im Korb zu beobachten (siehe SCHUSTER 1993). Hierbei werden die Spreublätter und die Blütenblätter zu kleinen grünen Blättchen zurückgebildet, so dass der Korb wie mit Moos bewachsen aussieht (SHAIK et al. 1992). Antheren und Narben sind nicht ausgebildet. Dies tritt in bestimmten Inzuchtlinien nach mehrmaliger Selbstung als rezessives Merkmal oder aber auch nach Behandlung mit Wuchsstoffen (2,4-Dichlorphenoxyessigsäure) auf (SCHUSTER 1956b).

Die **Nektarproduktion** in den Röhrenblüten ist ein wichtiger Faktor für den Samenertrag der Sonnenblume (GUNDAEV 1971). FREE (1970) berichtet über Unterschiede zwischen verschiedenen Sorten von 0,4 bis 0,6 mg Zucker je Blüte. Diese unterschiedliche Zuckerproduktion wird nach FURGALA et al. (1978) wahrscheinlich durch dominante und komplementär wirkende Gene kontrolliert.

4.5 Früchte

Die Frucht der Sonnenblume ist eine Achäne, deren Fruchtschale aus verschiedenen gefärbten Zellschichten besteht, in der der Embryo mit 2 Keimblättern und dem Würzelchen mehr oder weniger locker liegt (siehe Abb. 21).

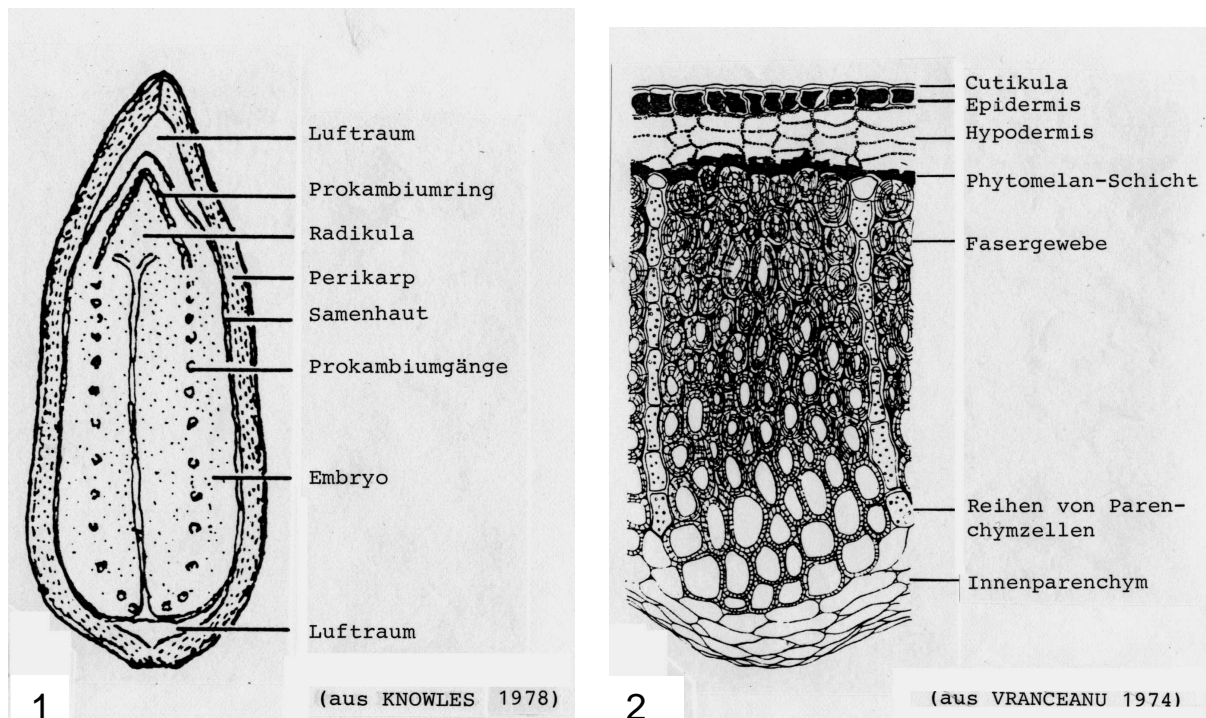


Abb. 21.1: Längsschnitt durch die Achäne 2. und das Achänenperikarp
(aus SCHUSTER 1993)

Die Größe der Achäne variiert nach VRANCEANU (1974) in der Länge von 7,5 bis 17 mm, in der Breite von 3,5 bis 9 mm und in der Dicke von 2 bis 5,5 mm. Die Fruchtgröße sowie die -form sind stark genetisch bedingt, jedoch auch durch Umweltfaktoren modifiziert, wie die Korbgröße und Fruchtichte sowie die Zahl der Achänen im Korb. So besteht nach SEIBEL (1978a) zwischen Korbgröße und Fruchtgröße eine positive Korrelation von $r = 0,73$.

Die Fruchtschale wird im wesentlichen aus drei Zellschichten gebildet (MOROSOV 1947): 1. Epidermis, 2. Korkgewebe, 3. Sklerenchym. Zwischen Korkgewebe (Hypodermis) und Fasergewebe (Sklerenchym) liegt bei den meisten Zuchtformen die „Panzerschicht“ (Phytomelanschicht), die eine Resistenz gegen die Sonnenblumenmotte bewirkt (siehe Abb. 21.2). Epidermis, Kork- und Panzerschicht können verschieden gefärbt sein.

Die sichtbare Färbung der Frucht (siehe Abb. 22) entsteht durch das Zusammentreten aller drei Färbungen. Die Vererbung der Färbung der 3 Schichten erfolgt unabhängig voneinander (PUTT 1940, FICK 1978a). Nach KNOWLES (1978) gibt es folgende Färbungen der Achäne: schwarz, schwarz mit weißen Streifen, braun, braun mit weißen Streifen, weiß mit grauen Streifen, grau, grau mit weißen Streifen und schwarz-violett mit Anthocyaneinlagerung. Aber auch schwarz mit dunkelgrauen Streifen kommt recht häufig vor (siehe Abb. 22). Auch werden bei Ornamentalis-Formen weiße Fruchtschalen mit feinen Sprenkelungen gefunden.



Abb. 22: Die Variabilität der Sonnenblumenfrucht in Größe, Form und Färbung ist **beachtlich** (aus SCHUSTER 1992a)

Die Phytomelanschicht (Abb. 21.2), die wie schon erwähnt zwischen der Hypodermis und dem Fasergewebe liegt, wird auch Panzerschicht genannt. Das schwarze Pigment ist eine amorphe, harzartige Substanz, die in die Interzellularen eingelagert ist. Die Resistenz gegen die Sonnenblumenmotte beruht daher wahrscheinlich auf einer chemischen und nicht auf einer mechanischen Wirkung der Phytomelanschicht. Eine Auslese von Pflanzen mit diesem Merkmal hat zur Züchtung von Sorten mit vollkommener Resistenz geführt (RUDORF 1961).

Der Schalenanteil an der Gesamtf Frucht variiert durch eine unterschiedliche Dicke der Fruchtschale von 10 bis 60 %. Die genotypischen Unterschiede sind erheblich stärker als Umwelteinflüsse (SCHUSTER und SEIBEL 1977). Der Schalen- bzw. Kernanteil (Samen) an der Gesamtf Frucht unterliegt einer Inzuchtdepression, die im Mittel einer großen Zahl von I-Linien 3-4 % (= Abnahme des Kernanteils absolut um 1,7 %) ausmacht (SCHUSTER 1980).

Der Samen besteht aus Samenschale, Endosperm und Embryo (Abb. 21.2). Die Samenschale und das Endosperm sind sehr dünn und miteinander verwachsen. Der Embryo besteht aus den beiden Keimblättern und deren Würzelchen. In das Palisadengewebe der Keimblätter sind ölfreiche große Aleuronzellen und Proteinkristalle eingelagert.

Der Ölgehalt im Kern liegt nach VENZLAVOVIC (1941) zwischen 26 und 72 %. Die Heritabilitätswerte des Ölgehaltes in der Gesamtf Frucht verschiedener Autoren schwanken zwischen 0,20 und 0,37 (FICK 1978). Der Ölgehalt der Sonnenblume wird maßgeblich (etwa zu zwei Drittel) durch den Schalenanteil bestimmt. Die Korrelation zwischen Ölgehalt und Schalenanteil beträgt nach SEIBEL (1978) $r = -0,83$.

Der Rohproteingehalt in der Frucht wird dagegen nur mit $r = 0,18$ von Schalenanteil beeinflusst. Die in der Gattung *Helianthus* gefundenen Rohproteingehalte der Früchte variieren von 9 bis 24 % in *H. annuus* und bis zu 71 % bei *H. rigidus* (FICK 1978).

Zur Variabilität einiger morphologischer, physiologischer und qualitativer Merkmale der Sonnenblume wird in Tabelle 8 zusammenfassend ein Überblick gegeben (FICK 1978a).

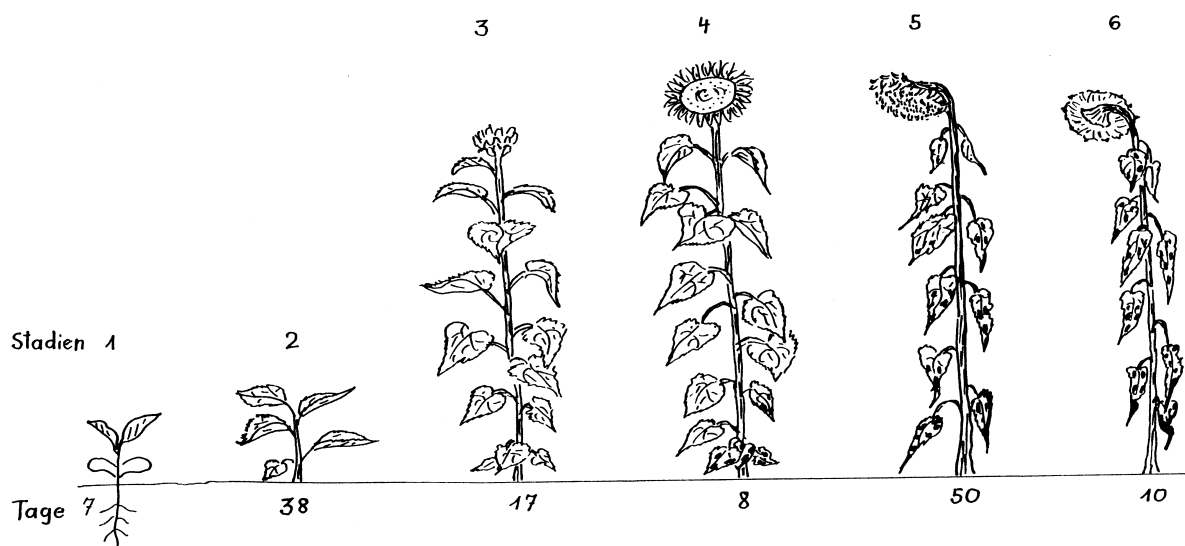
Tabelle 8: Phänotypische Variabilität einiger Merkmale von kultivierten Sonnenblumen
(nach FICK 1978)

Merkmale	Variation
Vegetationsperiode in Tagen	65-165
Wuchshöhe in cm	50-400
Stängeldurchmesser in cm	1,5-9,0
Zahl der Verzweigungen 1. Ordnung	0-35
Länge der Verzweigungen 1. Ordnung in cm	5-125
Zahl der Blätter (bei nicht verzweigten Pflanzen)	8-70
Länge der Blätter in cm	8-50
Korbdurchmesser in cm	6-50
Zahl der Blüten pro Korb, $\times 10^3$	0,1-8,0
Länge der Achänen in mm	6-25
Breite der Achänen in mm	3-13
Schalenanteil in %	10-60
Ölgehalt im Kern in %	26-72
Ölgehalt in der Frucht in %	12-60
Rohproteingehalt im Kern in %	24-40
Rohproteingehalt in der Frucht in %	9-24
Verhältnis Ölsäure zu Linolsäure	1:5-4:1

5 Entwicklungsphysiologie

5.1 Entwicklungs- und Wachstumsverlauf

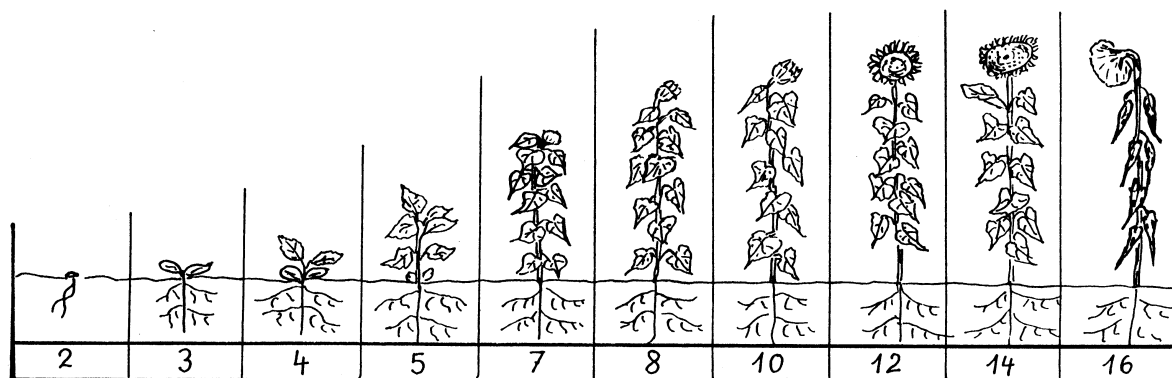
Der Vegetationsverlauf der Sonnenblume, der in seinem zeitlichen Ablauf stark durch Umwelteinflüsse modifiziert wird, kann nach BONJEAN (1986) in 6 Stadien oder nach LINDEMANN (1985) in 16 Entwicklungsstadien eingeteilt werden (siehe Abb. 23). Eine detaillierte Darstellung der Entwicklungsstadien gibt CETIOM (1987,1990). HUGGER (1989) stellt Codierungen der Entwicklungsstadien von CETIOM (1984 - 1989) und der Biologischen Bundesanstalt (BBA 1988) gegenüber. Hier werden Unterstadien genannt und kritisch verglichen: vor Keimung, Auflaufen, Blattentwicklung, Knospenbildung, Blüte, Reife, Totreife (Absterben).



1. nach BONJEAN (1986)

0: Aufgang

- 1: Erstes Blattpaar
- 2: Beginn der Knospenbildung
- 3: Volles Knospenstadium/Blühbeginn
- 4: Vollblüte
- 5: Physiologische Reife
- 6: Ende der Reife (Ernte)



2. nach LINDEMANN (1985)

- 1: Keimstadium
- 2: Auflaufen
- 3: Erscheinen des Keimblattpaares
- 4: Erscheinen des ersten Laubblattpaares
- 5: Drittes bis Viertes Laubblattpaar
- 6: Fünftes bis sechstes Laubblattpaar
- 7: Entwicklung der Knospe
- 8: Erscheinen der Knospe
- 9: Entwicklung des Blütenstandes
- 10: Öffnen des Blütenstandes
- 11: Korbblüte zu 1/3 entwickelt
- 12: Korbblüte zu 2/3 entwickelt
- 13: Vollblüte
- 14: Korb abgeblüht
- 15: Blattwelke; Korb gelb-grün
- 16: Restblüten fallen ab, Korb braun, alle Blätter vertrocknet

Abb. 23: Vegetationsstadien der Sonnenblume

Die Vielfältigkeit der Umwelteinflüsse und ihre Wechselwirkungen auf die Entwicklung und das Wachstum unserer Kulturpflanzen zeigten von BOGUSLAWSKI und LIMBERG (1960) sowie LIMBERG (1963) durch Beschreibung des "Reaktionstypes" auf. Bei der Sonnenblume spielt die Temperatur und die Fotoperiode eine wichtige Rolle auf die Entwicklung und das Wachstum. Dass dabei verschiedene Genotypen (Sorten) ganz unterschiedliche Reaktionen zeigen, wird durch Untersuchungen im Klimagewächshaus (Phytotron) in Abb. 24 deutlich ersichtlich.

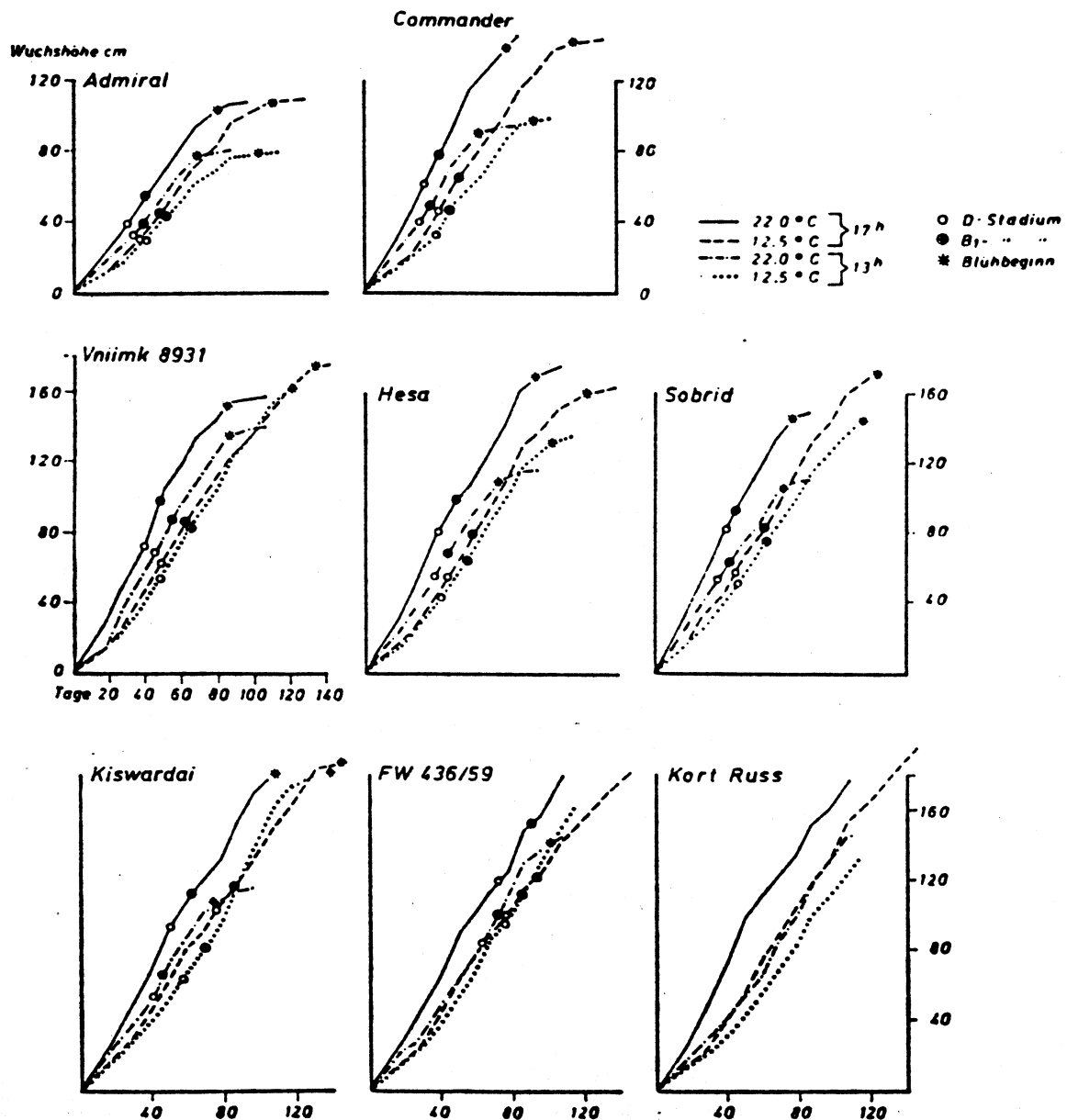


Abb. 24: Wachstums- und Entwicklungsverläufe von 8 Sonnenblumensorten.
 Temperatur- und Tageslängenstufen unter kontrollierten Bedingungen
 (aus SCHUSTER and BOYE 1971a)

Die wichtigste Entwicklungsphase, auch für die Ertragsbildung, ist die Zeit des Stadiums 4 bis 5 in Abbildung 23.2. Hier findet am Vegetationskegel die Umstimmung von der vegeta-

tiven zur generativen Phase und Blütenbildung statt. Sie beginnt mit der "Determinatio" = "D" am Vegetationskegel.

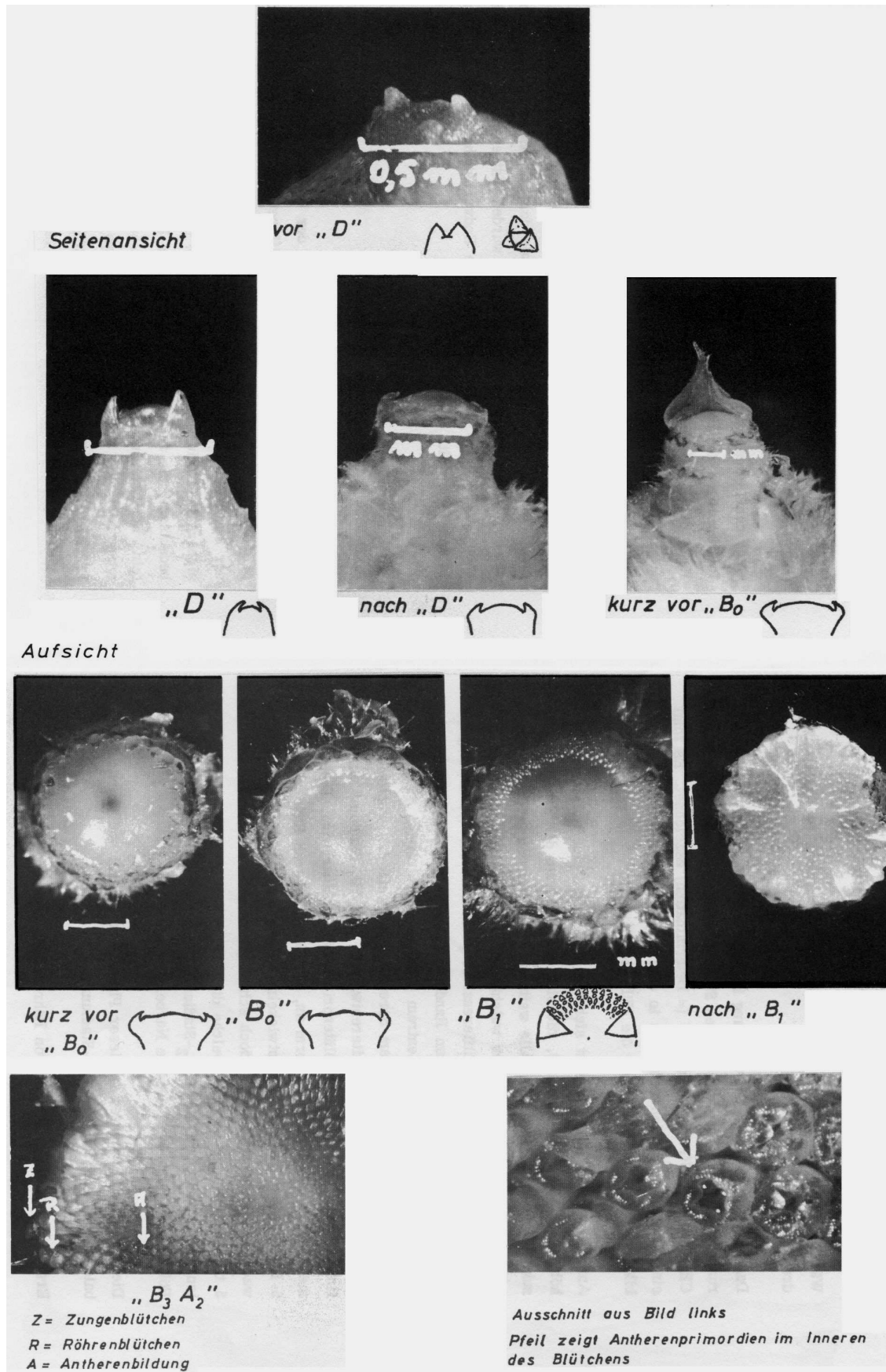


Abb. 25: Entwicklung von Infloreszenz-Primordien (Stadien) der Sonnenblume

(*Helianthus annuus* L.) aus BOYE 1970

In diesem Stadium ist eine Aufwölbung und Verbreiterung in eine gewölbte Scheibe und an der Peripherie die Bildung von Hüllblättern zu sehen (KUPERMANN 1962, BOYE 1970, MARC and PALMER 1981). Abbildung 25 zeigt die Entwicklung von Infloreszenz-Primordien (Stadien) der Sonnenblume (*Helianthus annuus*) (aus BOYE 1970).

Vom Rande her differenzieren sich schiffchenförmige Höcker, die durch Furchung in zwei Hälften geteilt werden, wobei der zum Rand hin gelegene Teil eine Pyramidenform annimmt und der zum Zentrum gelegene zuerst einem Tropfen gleicht. Ersterer bildet ein Spreublatt und der zweite wird zu einem Röhrenblütchen. Im "B₁"-Stadium wird der erste Kranz von Blütenprimordien sichtbar (siehe auch SCHUSTER 1985a). Zu dieser Zeit ist äußerlich noch keine Knospenbildung am Vegetationskegel zu erkennen. Erst nachdem ein Viertel bis ein Drittel der Scheibe Blütenbildung aufweist, kann äußerlich der Beginn einer Knospenbildung festgestellt werden. Das Erreichen dieses generativen Vorblüttestadiums und das Aufblühen des Blütenkorbes sowie die Länge der Zeit vom Aufgang bis zu den Entwicklungsabschnitten sind weitgehend von der Fotoperiode und der Temperatur abhängig. Eine Behandlung mit Gibberillinsäure beschleunigt nach LAGENAUER et al. (1975) bei *H. annuus* den Übergang des Apex von der vegetativen zur generativen Phase. Nach Untersuchungen von MARC und PALMER (1981) wurde die Ausbildung von Blütenprimordien durch geringe Wasserversorgung um vier Tage verzögert und die Zahl der Blüten im Korb von 949 auf 192 bzw. von 1237 auf 233 reduziert.

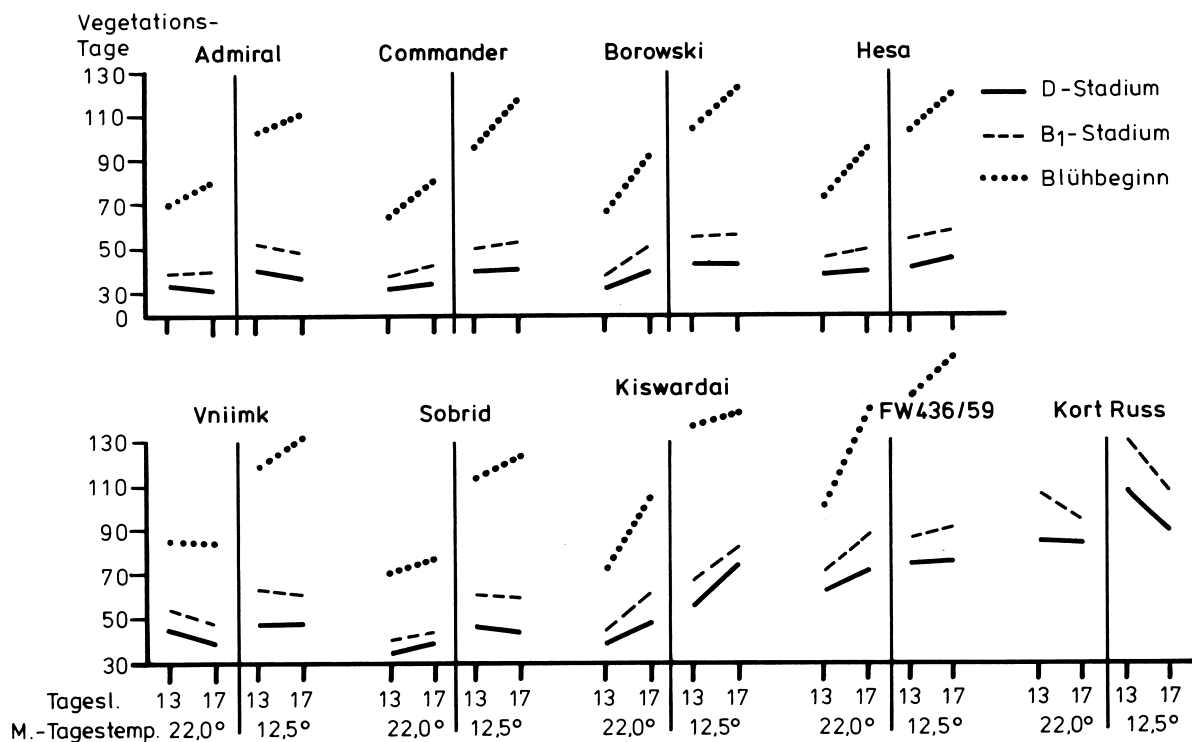


Abb. 26: Entwicklung von 9 Sonnenblumensorten unter kontrollierten Klimaverhältnissen mit 2 Temperatur- und 2 Tageslängenstufen (SCHUSTER und BOYE 1971a)

Untersuchungen im Klimagewächshaus bzw. in Saatzeitversuchen unter unterschiedlichen Klimabedingungen lassen erkennen, dass verschiedene Genotypen unterschiedlich in ihrer Entwicklung reagieren. Dies ist wichtig zu wissen, um für bestimmte Klimalagen angepasste, leistungsfähige Sorten auszuwählen.

Aus Abbildung 26 ist abzulesen, dass die Entwicklung der Blütenanlage und des Blühbeginns der Sorten sehr unterschiedlich durch die Temperatur und Fotoperiode verändert werden.

Dies ist noch dazu verschieden zu den untersuchten Stadien "Determination" = D-Stadium und „Blühbeginn“ = B-Stadium. So wurde bei der kanadischen Sorte „Admiral“ das D-Stadium im langen Tag (17 h) um 3 Tage früher erreicht als im kurzen Tag (13 h), d.h. sie reagierte wie eine Langtagpflanze. Der „Blühbeginn“ trat jedoch wie bei den meisten übrigen Sorten im 17-Stunden-Tag später ein als bei 13-Stunden-Belichtung.

Ebenso reagiert die russische Sorte „Vnimk 8931“ bis zum B-Stadium (Blütchenbildung) bei hohen und niedrigen Temperaturen wie eine Langtagpflanze. Auch der Blühbeginn tritt im Langtag bei hohen Temperaturen (22°C) nicht später ein, jedoch bei niedrigen Temperaturen (12,5° C) zeigt sich eine Kurztagreaktion.

Im Gegensatz dazu haben die ungarische Sorte „Kiswardai“ und die Grünfuttersonnenblume „FW 436/59“ in allen Entwicklungsabschnitten sowie bei hohen und niedrigen Temperaturen eine starke Kurztagreaktion. Die Erhöhung der Temperatur wirkt sich in allen Entwicklungsabschnitten beschleunigend aus, besonders bis zur „Blütendetermination“. Auf das „D-Stadium“ hat die Länge der Fotoperiode nur einen geringen Einfluss. Der Blühbeginn wird dagegen stärker durch die Fotoperiode beeinflusst.

Aus Abbildung 26 sind jedoch auch die mannigfaltigsten Wechselwirkungen zwischen Temperatur- und Tageslängeneinfluss auf die Auslösung der Blütenbildung und der Blüte zu erkennen, die bei den verschiedenen Genotypen sehr unterschiedlich sein können. Dies wird von CONNOR and HALL (1997) weitgehend bestätigt. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass die meisten angebauten Sorten quantitativ Langtagtypen oder tagneutrale Formen sind. Die Autoren betonen, dass die wichtigsten Faktoren zum Erreichen des Blühstadiums Temperatur- und Fotoperiode-Reaktionen sind.

5.2 Blühverlauf und Befruchtung

Der **Blühverlauf** einer normalen Röhrenblüte in Mitteleuropa wird in Abbildung 27 dargestellt (SCHUSTER 1964, 1985a). Nicht alle Pflanzen in einer Population zeigen den gleichen Entwicklungsstand der Röhrenblütchen. Es werden immer einige gefunden, die um 1 bis 2 Stunden nachhinken (SCHUSTER 1951, 1985b). Durch kühle, regnerische Witterung verzögert sich der Ablauf ebenfalls um 1 bis 3 Stunden. Bei sehr später Blüte im September bis Oktober, wenn die Temperaturen nachts nur wenig über dem Gefrierpunkt liegen, öffnen sich die Knospen erst um 12.00 Uhr, und die Blüte eines Blütchens dauert 3 bis 4 Tage. Oft wird hierbei nur wenig oder kein Pollen produziert, und die Narben entfalten sich direkt aus der Knospe ohne Streckung der Antheren. Anstelle der normalerweise gegebenen Protandrie

(Vormännlichkeit) tritt Protogynie (Vorweiblichkeit) häufig auch bei den Blüten in der Mitte des Korbes auf. Diese Blüten sind meist steril, so dass in der Korbmitte ein im Durchmesser 2 bis 4 bis 8 cm großer Teil des Korbes nicht mit Früchten besetzt ist. Dies ist teils genetisch bedingt, wird aber stark durch Umwelteinflüsse verändert.

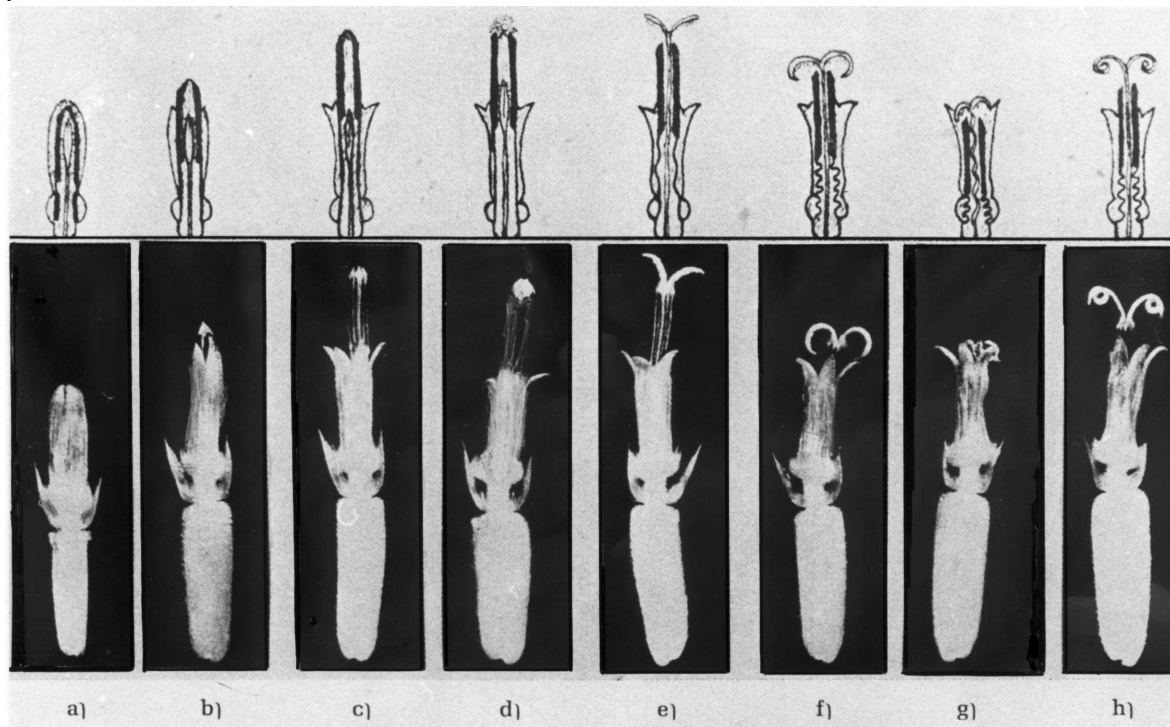


Abb. 27: **Blühverlauf einer Röhrenblüte innerhalb eines Tages** (SCHUSTER 1964)

- a) Knospe ist um 0 Uhr noch geschlossen.
- b) Zwischen 4 und 5 Uhr öffnen sich die Knospen und die Staubblätter beginnen zu Wachsen.
- c) Um 6 bis 8 Uhr hat die Staubröhre ihre volle Länge erreicht. Zu dieser Zeit ragt die geschlossene Narbe nur wenig in die Staubröhre hinein, so dass jetzt die beste Zeit für eine Kastration der Staubblätter, die mit einer Pinzette leicht her auszureißen sind, gegeben ist.
- d) Nun schiebt sich der Griffel mit der Narbe langsam in der Antherenröhre vor und kehrt mit den Haaren der Narbe den Blütenstaub vor sich her nach außen. Die Blüte stäubt.
- e) Zwischen 14 und 16 Uhr ist die Narbe so weit herausgetreten, dass die beiden Äste auseinanderklappen und die Innenflächen für eine Befruchtung frei werden. Die Staubfäden verlieren ihren Turgor und die Antheren sinken nach unten.
- f) Von 18 Uhr bis zum nächsten Morgen um 10 Uhr bleibt die Narbe voll geöffnet.
- g) Ist in dieser Zeit eine Befruchtung erfolgt, so welkt die Narbe gegen 16 Uhr (auch nach 18 Uhr) ab und sinkt in die Blütenröhre zurück.
Bleibt jedoch die Befruchtung aus, so wachsen Griffel und Narbe, die dabei ihre Äste einrollt, weiter. Ein Abwelken findet dann erst nach 6-8-10 Tagen statt.

Protogynie im gesamten Korb ist immer wieder bei einigen Pflanzen einer Population zu finden. Nach PAUN and STOENESCU (1975) wird die Protogynie durch ein einfaches rezessives Gen ausgelöst. FICK (1978a) berichtet von Untersuchungen, die vermuten lassen, dass die Protogynie durch Dominanz und Epistasie vererbt wird. Linien, die homozygot einen protogynen Verlauf haben, können als Mutter-Linien in einer Hybridzüchtung eingesetzt werden.

Die sichtbare Blüte des Korbes beginnt mit dem Öffnen und Umklappen der Hüllblätter. Die gefärbten Zungenblüten werden sichtbar. Am nächsten Morgen blühen einzelne oder der erste Kranz der Röhrenblüten auf. Die Röhrenblüten sind im Korb, wie schon betont, spiralförmig angeordnet (Abb. 17). Jeden Tag blühen je nach Witterungsablauf 1 bis 6 Kränze (Reihen) auf. Der Blühablauf im Korb ist stark witterungsabhängig. Die einzelne Pflanze blüht im Durchschnitt im Juli in Mitteleuropa 6 bis 8 Tage (SCHUSTER 1951).

Die mittlere Blühgeschwindigkeit des Korbes von offen abblühenden Sorten betrug bei Saatzeiten von 3. Dek. März bis 2. Dek. Juli 1950: 1. Saatzeit 4,9 Tage; 2. bis 5. Saatzeit 6,5 Tage; 6. Saatzeit 8,2 Tage; 7. Saatzeit 10,1 Tage (SCHUSTER 1951).

Der Blühablauf im Bestand wird ebenfalls durch Fotoperiode und Temperatur variiert. Hier machen sich Kälteeinbrüche in deutlichen Verzögerungen bemerkbar. Die Sonnenscheindauer hat keinen nachweisbaren Einfluss auf den Blühverlauf im Bestand (SCHUSTER 1951). Der Blühverlauf eines Bestandes wird jedoch stark durch die Homozygotie der Sorte bestimmt. Hybridsorten zeigen eine wesentlich geschlossenere Abblüte als offen abblühende Populationen. Die Beeinflussung der Blühgeschwindigkeit des Bestandes durch den Temperaturverlauf während der Blüte ist jedoch immer gegeben.

Die **Befruchtung** des Einzelblütchens wurde schon beim Blühverlauf beschrieben (siehe Abb. 18). Bei freier Abblüte der Pflanzen hat die Befruchtung um 8 Uhr des zweiten Blühtages schon zu 70% und um 10 Uhr praktisch zu 100% stattgefunden, während um 18 Uhr des Aufblühtages erst 18,3% der Röhrenblütchen befruchtet sind (SCHUSTER 1951). PUTT (1940) fand unter kanadischen Klimabedingungen nur 0,02 % Samenansatz, wenn er um 19 Uhr des Aufblühtages total kastrierte. Um 10 Uhr des zweiten Blühtages erhielt er ebenfalls den gleichen Ansatz wie bei den nicht kastrierten Kontrollpflanzen. Das Auskeimen von fremden Pollen geschieht nach den Untersuchungen von USTINOVA and NESTEROVA (1951) 5 bis 10 Minuten nach der Bestäubung, und schon eine Stunde nach der Bestäubung findet die Befruchtung statt.

Die Narben bleiben nach PUTT (1941) und MOROSOV (1947) 3 bis 5 Tage voll befruchtungsfähig. Erst nach 10 Tagen konnte keine Befruchtung mehr erzielt werden. Pollen sowie Narben aus noch geschlossenen Röhrenblüten sind nach ZIMMERMANN (1958) voll befruchtungsfähig.

Der Pollen ist nach Feststellungen von MOROSOV (1947) noch nach 30 Tagen befruchtungsfähig. Auch soll nach diesem Autor eine Überlagerung von befruchtungsfähigem Pollen ins nächste Jahr (11 Monate Lagerzeit) möglich sein. PUTT (1941) fand, dass Sonnenblumenpollen ohne Schädigung 1 bis 2 Wochen bei Zimmertemperatur aufbewahrt werden kann, eine Überlagerung von einem Jahr zum anderen war jedoch nicht möglich. In eigenen Untersuchungen (SCHUSTER 1951) wurde mit 4 Tage altem Pollen eine normale Befruchtung erzielt. Die Befruchtungsfähigkeit von feuchten Pollenkörnern (bei hoher Luftfeuchtigkeit gesammelt) nimmt jedoch schnell ab. Weitere Untersuchungen zeigen, dass Sonnenblumenpollen in flüssigem Stickstoff aufbewahrt nach einem Jahr zu 100 % befruchtungsfähig ist (ROATH et al. 1988) und auch noch nach 4 Jahren ausreichend keimt (FRANK et al. 1982).

Untersuchungen über den Zeitpunkt der Befruchtung bei Selbstung und bei freier Abblüte ergaben (SCHUSTER 1951), dass der fremde Polen schneller zur Wirkung kommt als der eigene, der eine Keim- oder Wachstumshemmung erfährt. Auch PUTT (1941), USTINOVA (1951), USTINOVA und NESTEROVA (1951) sowie HABURA (1957) fanden eine schnellere Keimung des fremden Pollens. Diese deutliche Keimhemmung des eigenen Pollens („Parasterilität“) erhöht bei Nebeneinanderbau oder Mischbau von Linien den Kreuzungsanteil. Die „Parasterilität“ wird jedoch stark durch die Witterungsverhältnisse modifiziert, da bei kühler und feuchter Witterung der Insektenflug vermindert ist oder unterbleibt, so dass die „Parasterilität“ für eine exakte Hybridzüchtung nicht ausreicht.

Die Frucht hat 9 Tage nach dem Aufblühen ihre gesamte Länge und das Maximum des Breitenwachstums am 14. Tag erreicht (SCHUSTER 1951, 1985a). Auch beim Ausbleiben einer Befruchtung wird meist ein Perikarp voll ausgebildet. Zunächst wächst auch hier die Samenanlage weiter, sie bleibt jedoch nach 3 bis 4 Tagen in ihrer Entwicklung stehen, beginnt zu welken und schrumpft ein. Befruchtete Früchte (Achänen) sind von unbefruchteten äußerlich oft nicht zu unterscheiden.

Die Pollenübertragung erfolgt, bedingt durch Größe und Gewicht der Pollenkörner, die stachelige Struktur der Exine sowie durch das Vorhandensein von Pollenkitt, vorwiegend durch Insekten (siehe auch STAMM 1986, STAMM und SCHUSTER 1989). Dabei spielen in den meisten Ländern Honigbienen (*Apis mellifera* L.) mit 60 – 99 % die größte Rolle. Weitere für die Bestäubung wichtige Gattungen und Arten sind die Hummeln (*Bombus* sp.) sowie Schlupfwespen (*Melissodes agilis* CR.) u.a. In Deutschland ist häufig ein Verhältnis von Bienen zu Hummeln von 1:1 an warmen Tagen zu beobachten, das sich bei kühlen Temperaturen zugunsten der Hummeln verschiebt, (SCHUSTER 1951). Da der Insektenflug stark witterungsabhängig ist, zeigt sich entsprechend auch eine deutliche Witterungsabhängigkeit des Fruchtansatzes, insbesondere unter regnerischen und kühlen Bedingungen (SCHUSTER 1964, NIELSEN and RADFORD 1980). Die für eine ausreichende Bestäubung empfohlene Anzahl von Bienen reicht von 0,25 Bienen je Blütenstand (NIELSEN and RADFORD 1980) bis 1 Biene je Blütenstand (PALMER-JONES and FORSTER 1975) bzw. 1 bis 5 Völker je ha (MCGREGOR 1976). Weitere Literaturhinweise zur Bedeutung von Insekten für Fruchtansatz, Ertrag und Saatgutproduktion bei Populationsorten finden sich bei FREUND and FURGALA (1982) sowie MAHMOOD and FURGALA (1983).

Die Windbestäubung spielt bei der Sonnenblume nach einer Reihe von Untersuchungen (PUTT 1940, SCHUSTER 1951, LANGRIDGE and GOODMAN 1981, FARKAS and FRANK 1982, STAMM 1986) keine oder eine ganz geringe Rolle: etwa 1 % Nachbarbefruchtung tritt auf.

Eine Selektion auf hohe Selbstfertilität erfolgt durch fortgesetzte Produktion von Inzuchtlinien und eine bewusste oder unbewusste Selektion auf höheren Samenansatz (SCHUSTER 1964, 1970a). FICK (1978) berichtet von Sorten mit Fruchtansätzen bis zu 100% bei Selbstung. Nach FICK and ZIMMER (1976) können auf hohe Selbstfertilität selektierte Hybriden auch bei geringem Insektenflug gute Erträge bringen (FURGALA et al. 1978, MONTILLA et al. 1988). ROBINSON (1980) und FREUND and FURGALA (1982) berichten von Hybriden, die bei Ausschluss von Bienen gleichhohe Erträge brachten wie bei offener Abblüte. Nach Fick

(1978b) profitieren jedoch auch zu 80 bis 90% selbstfertile Hybriden von einer Fremdbefruchtung. Ebenso betonen CHARLET et al. (1997): moderne Hybriden sollen selbstfertil sein; sie bringen jedoch höhere Erträge bei Kreuzbestäubung durch Honigbienen oder Hummeln. GRIFITH and ERICHSON (1983) stellten 10 bis 15 % höhere Erträge fest, wenn Bienen in selbstfertilen Hybriden bestäubten. DODDAMANI et al. (1997) fanden negative Korrelationen zwischen Autogamie und Selbstfertilität mit dem Samenertrag und einigen Ertragskomponenten. Sie leiten aber auch aus ihren Ergebnissen ab, dass es möglich sein wird hoch ertragreiche Genotypen mit hoher Autogamie zu kombinieren.

Für die Bestäubung und Befruchtung von aus männlich fertilen und männlich sterilen Pflanzen zusammengesetzten Beständen, z.B. bei bezüglich dieses Merkmals spaltenden Doppel-Hybriden oder bei der Produktion von Hybridsaatgut, ist es von Bedeutung, ob Bienen und andere Insekten männlich fertile und männlich sterile Blüten unterscheiden können. Zahlreiche Untersuchungen weisen eine solche Unterscheidungsfähigkeit nach (SANATARO et al. 1993). Bei PARKER (1981a) sowie TEPEDINO and PARKER (1982) bevorzugten die Bienen zwei von sechs männlich sterilen Linien, wogegen die eine männlich fertile Linie nur ausnahmsweise angeflogen wurde. Die sehr zahlreich vorhandene nicht-soziallebende Art *Melissodes agilis* sammelte dagegen vorwiegend den Pollen dieser männlich fertilen Linie. Nach RADFORD and RHODES (1978) sowie SATYANARAYANA and SEETHARAM (1982) werden Pflanzen mit Pollen stärker von Bienen besucht als männlich sterile. Bei DELAUDE et ROLLIER (1976) war in einem Fall die männlich sterile Linie attraktiver für Bienen, im anderen Fall jedoch die männlich fertile Linie. Die Überprüfung von analogen Linien durch VELKOV and STOANOVA (1974) ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen männlich fertil und männlich steril.

Das Differenziervermögen der Bienen zwischen verschiedenen Hybriden und Linien beruht nicht auf der Pollenmenge, da unter normalen Bedingungen nur sehr wenige Bienen aktiv Sonnenblumenpollen sammeln (LANGRIDGE and GOODMAN 1974, PALMER-JONES and FORSTER 1975, KRAUSE and WILSON 1981, PARKER 1981b, BEDASCARRASBURE and BAILES 1988). Entscheidend für eine unterschiedliche Attraktivität scheinen Nektarmenge und -qualität, Länge des Griffels, Umfang der Blütenröhre und Durchmesser des Nektarrings zu sein, für die deutliche genetische Unterschiede bestehen (FURGALA et al. 1978, TEPEDINO and PARKER 1982, WAGHOURE and RANA 1988, MONILLA et al. 1988 und GOLUBOVIC 1994). Dagegen sammeln nicht-soziallebende Arten wie z.B. *Melissodes agilis* sowohl Pollen als auch Nektar und bevorzugen deshalb Pflanzen mit Pollen (PARKER 1981b, TEPEDINO and PARKER 1982).

6 Physiologie der Ertragsbildung

Der Kornertrag je Fläche der Sonnenblume wird durch den Einzelpflanzenenertrag und die Bestandesdichte (Anzahl Pflanzen je Fläche) bestimmt. Da die Zahl der Pflanzen je ha stark durch gegebene Umweltbedingungen, insbesondere die Menge des in der Vegetationszeit zur Verfügung stehenden Wassers (siehe POSPELOWA 1959), vorgegeben ist, kommt dem

Einzelplanzenenertrag bei einem bestimmten Standraum die größte Bedeutung für den Flächenertrag zu. Optimale Standräume liegen in gemäßigten Zonen zwischen 4 und 7 Pflanzen je m². Die Korrelation zwischen Flächenertrag und Einzelplanzenenertrag beträgt nach SEIBEL (1978) $r = 0,72$; d.h. rund 50 % des Flächenertrages werden durch den Einzelplanzenenertrag bestimmt.

Die aus Eltern zu F1-Hybriden abgeleitete Heritabilität des Kornertrages der Einzelplanze lag in dem Material von SCHUSTER (1964) bei $h^2 = 0,48$ zum mütterlichen und 0,30 zum väterlichen Elter. Andere Autoren (siehe FICK 1978a) nennen h^2 -Werte für den Einzelplanzenenertrag zwischen 0,18 und 0,57.

Der Ertrag je Pflanze ist ein komplexes Merkmal. Viele Autoren befassen sich mit den Beziehungen der Ertragskomponenten untereinander und zum Flächenertrag (SKORIC 1988, PUNIA and GILL 1994, DODDAMANI et al. 1997).

Der Einzelplanzenenertrag hängt eng von der Zahl der Früchte je Pflanze bzw. je Korb mit $r = 0,79$ und 0,87 und dem Tausendkorngewicht (Achänengewicht) mit $r = 0,80$ ab (SCHUSTER und BOYE 1971b, SEIBEL 1978). Ähnlich hohe Beziehungen zwischen diesen Ertragskomponenten fanden auch andere Autoren (siehe FICK 1978a, SKORIC 1988 und MERRIEN 1992). Die Zahl der Früchte je Pflanze weist wiederum Beziehungen zum Korbdurchmesser und zum „nicht mit Früchten besetzten Teil“ in der Korbmitte sowie zur Besatzdichte im Korb auf: Zahl der Früchte je Korb zum Korbdurchmesser $r = 0,58$ (SEIBEL 1978), Zahl der Früchte je Korb zum nicht mit Früchten besetzten Teil $r = -0,57$ und zur Besatzdichte $r = 0,69$ (SCHUSTER und BOYE 1971b).

Der Einzelplanzenenertrag hängt damit mit $r = 0,44$ (SCHUSTER 1964) bzw. $r = 0,84$ (SEILER 1984) vom Korbdurchmesser und mit $r = 0,60$ von der Dichte des Besatzes ab (SCHUSTER und BOYE 1971b). Ein Einfluss des in der Korbmitte „nicht mit Früchten besetzten Teiles“ auf den Einzelplanzenenertrag ist jedoch mit $r = 0,02$ nicht gegeben. Etwas deutlicher ist die Beziehung zwischen der Korbgröße und dem in der Korbmitte „nicht mit Früchten besetzten Teil“ mit $r = 0,22$ (SCHUSTER 1964), bzw. durch Umwelteinflüsse bedingt mit $r = 0,55$ (SCHUSTER 1980). Die Heritabilität für den Korbdurchmesser war mit $h^2 = 0,16$ gering. Der „nicht mit Früchten besetzte Teil“ zeigte eine deutliche Abhängigkeit von der Mutterlinie ($h^2 \text{ ♀} = 0,55$; $h^2 \text{ ♂} = 0,12$). Von den ertragsbestimmenden Merkmalen hatten in diesem Material (SCHUSTER 1964) der Korbdurchmesser und die Zahl der Früchte je Korb die stärkste Korrelation zum Kornertrag je ha. Die Selektion auf die Korbgröße und wahrscheinlich auch auf die Fruchtzahl je Korb wird erschwert durch eine starke Umweltbeeinflussung dieser beiden Ertragskomponenten.

Die aus langjährigen Inzuchtversuchen (SCHUSTER 1980) errechneten Variationskoeffizienten (= Standardabweichung in % des Mittelwertes = s%), getrennt nach Einflüssen der Jahre (Umwelt) und der Linien (Genotypen), zeigt folgende Differenzierungen der s%-Werte (die Linien stammen aus einem Genpool):

s%	Jahre	I-Linien
Kornertrag je ha	27,5	53,0
Tausendkorngewicht	15,0	12,2
Korbdurchmesser	18,1	15,4
Nicht mit Früchten besetzter Teil	34,7	32,9

Die hohe Bedeutung der Fruchtzahl je Korb bzw. je m² Erntefläche auf den Ertrag wird auch von anderen Autoren betont (siehe SKORIC 1988). Ebenso berichten viele Autoren von hohen positiven Korrelationen des Tausendkorngewichtes zum Ertrag. Sie stellen vielfach den starken direkten Einfluss auf den Samenertrag heraus (siehe SKORIC 1988). MOROSOV (1970) betont, dass die Erhöhung des Tausendkorngewichtes um 1 g einen Mehrertrag von 40 kg/ha bringt.

Auch das Hektolitergewicht, das stärker von der Fruchtform und dem Schalenanteil (Kernanteil) beeinflusst wird, (bauchige Körner mit vollgefüllter Frucht und niedrigem Schalenanteil haben höhere Hektolitergewichte), hat deutliche Korrelationen zum Ertrag. Manche Autoren messen dem Hektolitergewicht eine höhere Bedeutung als dem Tausendkorngewicht zu (PUSTOVOIT 1967). DJAKOV (1982) stellte, wie auch BOYE (1970), eine negative Korrelation zwischen der Zahl der Früchte je Korb und der Fruchtgröße (Tausendkorngewicht) fest, dagegen war die Beziehung in dem Material von SEIBEL (1978) zwischen diesen beiden Merkmalen mit $r = 0,35$ positiv.

Die Vererbung des Merkmals Samenertrag erfolgt, entsprechend seines zusammengesetzten Charakters, komplex. Die Heritabilität ist nach FICK (1978a) vergleichsweise niedrig. Über hohe Heterosiseffekte des Merkmals Kornertrag liegen für die Sonnenblume viele Veröffentlichungen vor (siehe SCHUSTER 1964, VRANCEANU 1974, FICK 1978a, SKORIC 1988, FICK and MILLER 1997).

Die Zahl der Früchte je Korb als eine wichtige Ertragskomponente wird nach RAO and SINGH (1977) meist dominant vererbt. Andere Autoren (siehe SKORIC 1988) fanden eine vorwiegend intermediäre Vererbung. Die Heritabilität ist nach KESTELOOT et al. (1985) mit $h^2 = 0,75$ beachtlich hoch.

Die Korngröße gemessen als Tausendkorngewicht variiert von 40 - 100 g und kann bei Knabbersonnenblumen weit über 100 g liegen (FICK 1978a). In den meisten Fällen wurde intermediäre Vererbung für das Tausendkorngewicht gefunden (siehe FICK 1978, SKORIC 1988). Aber auch Superdominanz und Dominanz des besseren Elter werden nachgewiesen (MARINKOVIC and SKORIC 1985). Die F₁-Generation zeigt vielfach Heterosis, wobei nicht-additive und additive Effekte wirksam sind (SKORIC 1988).

Die Korbgröße (Korbdurchmesser), die einer stärkeren Umweltbeeinflussung unterliegt, jedoch auch Heterosis aufweist, hatte in den Untersuchungen von SCHUSTER (1964) nur eine Heritabilität von $h^2 = 0,159$, jedoch eine maximale Mehrleistung von 160%. Es scheint trotz der geringen Heritabilität dennoch zweckmäßig, die I-Linien auf dieses ertragsbeeinflussende Merkmal ($r = 0,44$ zum Korbertrag) zu selektieren.

Die abweichenden und manchmal widersprüchlichen Aussagen der verschiedenen Autoren zur Vererbung des Merkmals Kornertrag und seiner Komponenten sind in dem differenzierten Material, welches jeweils zur Untersuchung kam, begründet. Es zeigt die Vielförmigkeit der Kulturpflanze Sonnenblume und die großen Möglichkeiten für ihre züchterische Bearbeitung.

Neben den morphologischen beeinflussen eine Reihe von physiologischen Merkmalen den Kornertrag der Sonnenblume direkt und/oder in Wechselbeziehungen zu morphologischen Ertragsmerkmalen. So werden Selektionskriterien wie Blattfläche je m² Bodenfläche, Transpirationsrate, Netto-Assimilationsrate, Fotosynthese-Aktivität, Source- und Sink-Kapazität sowie die Länge der Samenfüllungsphase verstärkt in Züchtungsprogrammen berücksichtigt (SKORIC 1988, SEILER 1988, PASDA und DIEPENBROCK 1990/91, CUPINA et al. 1995, SAKAG et al. 1996).

Der **Ölertrag** je Fläche steht oft vor dem Kornertrag im Mittelpunkt des Interesses, zumal der Ölertrag je ha stärker durch den Fruchtertrag als durch den Ölgehalt der Früchte bestimmt wird, wie Abbildung 28 mit allen Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Faktoren in einer Pfad-Koeffizienten-Analyse zeigt (ALBA et al. 1979).

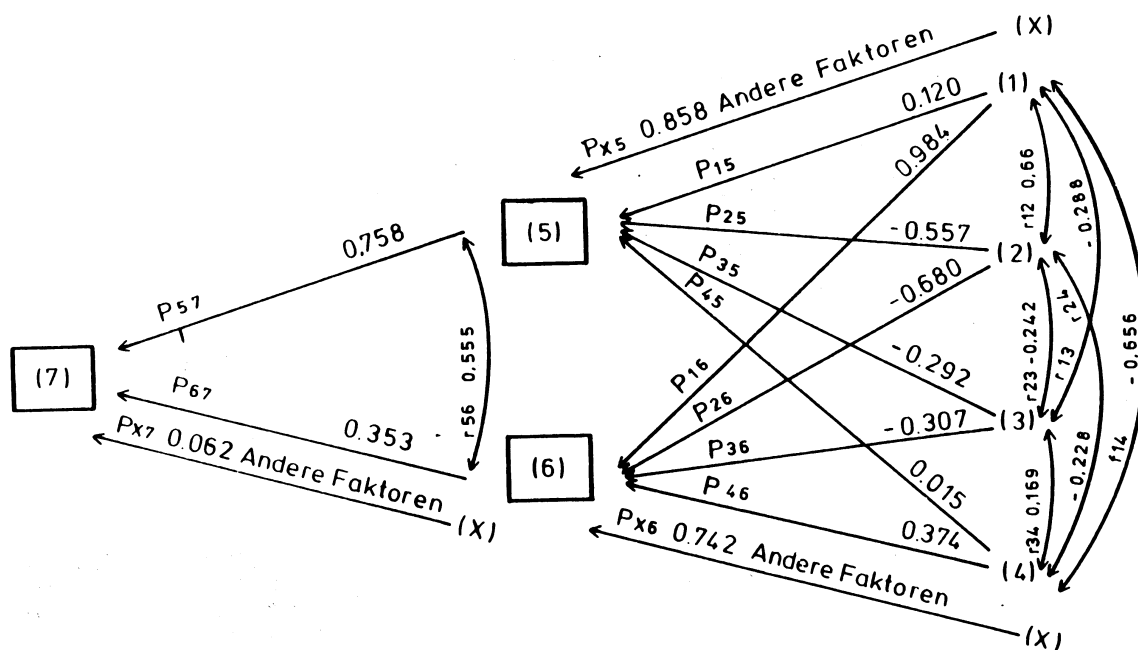


Abb. 28: Pfad-Koeffizienten der Ölertragskomponenten (Mittel von zwei Standorten)

ALBA et al. 1979)

- | | |
|---------------------|---------------|
| 1. Tage bis Blüte | 5. Kornertrag |
| 2. Wuchshöhe | 6. Ölgehalt |
| 3. Korbdurchmesser | 7. Ölertrag |
| 4. 1000-Korngewicht | |

Weitere Korrelationsrechnungen und Pfad-Koeffizienten-Untersuchungen wurden seitdem veröffentlicht, die alle ähnliche Ergebnisse brachten, die jedoch, bedingt durch das un-

terschiedliche Material, etwas voneinander abweichen (PINTHUS 1963, MARINKOVIC and SKORIC 1988, ALVAREZ et al. 1992, PUNIA 1994, CUPINA et al. 1995, DODDAMANI et al. 1997).

SAKAC et al. (1997/98) stellten fest: Die fotosynthetische Kapazität der Sonnenblume ist höher als bei allen anderen C3-Pflanzen. Hierfür ist eine hohe Carboxylase-Oxygenase-Aktivität die wichtigste Voraussetzung. Wassermangel hemmt die Fotosyntheseaktivität, jedoch ist dies bei trockenheitstoleranten Hybriden in geringerem Ausmaß gegeben. Mittlere Blattzahlen und damit Blattflächen, sowie längere Blattaktivität sind wirksame Faktoren für hohe Fruchterträge (siehe auch MERRIEN 1992).

7 Ertragssichernde Merkmale

7.1 Adaption an gegebene Klimaverhältnisse

Nur Pflanzen, die optimal an die jeweiligen Klimabedingungen des Gebietes, in dem sie angebaut werden sollen, angepasst sind, können dort Höchstserträge bringen. Die Sonnenblume ist nach der fotoperiodischen Reaktion eine Kurztagpflanze (siehe Abschnitte .5.2), d.h. sie verkürzt die vegetative Entwicklungsphase und kommt schneller zur Blüte im kurzen Tag (RUDORF 1961). Dies bedeutet, dass für einen Anbau in nördlicheren Gebieten Formen gewählt werden müssen, die nur eine geringe Kurztagsreaktion bzw. eine „Tagneutralität“ aufweisen und damit die vegetative Phase nicht oder nicht erheblich im langen Tag verlängern. Auch ist eine Selektion von Formen mit Langtagcharakter, die im längeren Tag früher zur Blüte kommen, möglich, wie bei Mais und Sojabohnen nachgewiesen. Auch bei Sonnenblumen wurden deutliche quantitative Abstufungen in der Reaktion auf veränderte Fotoperioden und Temperaturen gefunden (siehe Abschnitt 1.10.5.2, Abb. 26). FICK (1978a) betont, dass die Sorten aus der UdSSR eine große Formenmannigfaltigkeit für diese Eigenschaft besitzen und hier entsprechende „Reaktions“-Typen selektiert werden können. Die Selektion für unterschiedliche Reaktionen auf Temperatur und Fotoperiode kann unter kontrollierten Klimabedingungen im Phytotron oder durch Saatzeitunterschiede auf ökologisch stark differenzierten Standorten erfolgen.

Auch die **Kältetoleranz** (GIMENO-RAMIREZ 1975) und Frostresistenz (PUTT 1943, 1957) sind wichtige Teileigenschaften der Adaption an bestimmte Klimaverhältnisse (siehe auch Stressresistenz bei SEILER 1988). Im allgemeinen ist die Kältetoleranz der Sonnenblumenlinien für eine frühe Frühljahrsaussaat oder für den Winteranbau in Gebieten mit milden Wintern (südlich des 40. Breitengrades) ausreichend. Bis -4°C werden kurzfristig von fast allen Sorten ohne Schädigung vertragen, im Kotyledonenstadium nach Merrien (1992) sogar -5 bis -7°C . Im Interesse einer früheren Aussaat im Frühjahr könnte die Kältetoleranz verbessert werden. Auch für die Nutzung als Stoppelfrucht für eine Grünfütterung sind Formen erwünscht, die nach frühen Frosteinwirkungen im Herbst nicht absterben.

Eng mit der Reaktion auf Fotoperiode und Temperatur hängt das Zuchtziel **Frühreife** zusammen, das gerade für nördliche Anbauggebiete einer der wichtigsten ertragssichernden Faktoren ist. Als Selektionskriterium hierzu kann die Errechnung von Leistungszeitfaktoren

(= Ertrag in kg TM dividiert durch Anzahl Tage von Aufgang bis Reife) hilfreich sein (BOGUSLAWSKI 1983).

Die Vererbung der Frühreife wird nach FICK (1978a), MILLER and FICK (1997), zumindest in einigen Genotypen, über ein einfach rezessives Gen gesteuert. RUSSEL (1953) und PUTT (1966) deuten ihre Untersuchungsergebnisse mit Dominanz der Frühreife, da alle Hybriden so früh wie oder noch früher als die früheste Elterlinie waren. Dies kann jedoch auch mit Heterosis in der F_1 für dieses Merkmal erklärt werden.

7.2 Trockenresistenz

Die Sonnenblume hat dank ihres intensiven weitverzweigten Wurzelsystems (siehe Abschnitt .4.1) ein hohes Aneignungsvermögen für Bodenwasser, so dass sie mit wenigen Niederschlägen auskommt und weniger Dürreschäden zeigt als z.B. der Mais. Eine Sonnenblume zu züchten, die eine besondere Eignung für Trockengebiete hat, ist jedoch von besonderem Interesse, können doch dadurch weitere Gebiete für den Sonnenblumenanbau gewonnen und die hohen Bewässerungskosten gesenkt werden (SCHUSTER 1989). Wichtige Teileigenschaften hierfür sind: ein stark ausgeprägtes Wurzelsystem; kurze Pflanzen mit wenigen, schmalen Blättern und mit flaumiger Behaarung, um möglichst wenig Verdunstungsverluste zu haben (CONNOR and HALL 1997). Solche Formen werden unter normalen Anbaubedingungen keine Höchstertäge liefern, können aber, da sie ohne oder mit einer geringen Wasserzufuhr auskommen, rentabler sein als normale Sorten (TURNER 1979, SKORIC et al. 1994). Besondere Bedeutung wird den Unterschieden in der Zahl der Spaltöffnungen (Stomata) für die Trockenresistenz beigemessen (SEILER 1988). Es konnte eine große Variabilität für dieses Merkmal zwischen den verschiedenen *Helianthus*-Arten gefunden werden (SEILER 1986a). Nach FERNANDEZ-MARTINEZ (1983) ist die Dürreeristenz ein sehr komplexes Merkmal, auf das viele Faktoren, die untereinander in Wechselbeziehungen stehen, einwirken. Besondere Bedeutung kommt in den amerikanischen Untersuchungen (siehe SEILER 1988, CONNOR and HALL 1997) den folgenden Faktoren zu: Resistenz gegen Krankheiten und Schädlinge, Blattwasser-Potential, fotosynthetische Aktivität, Blattstruktur und Zahl der Spaltöffnungen. Es genügt nicht, alleine auf einen geringen Wasserbedarf zu selektieren. Die Ertragsleistung ist dann immer noch abhängig von dem Zeitpunkt, an dem der Trockenstress eintritt (SKORIC 1988). So empfehlen FERNANDEZ-MARTINEZ and DOMINGUEZ-JIMENEZ (1981), für die Erzielung von Trockenresistenz Sorten zu züchten und anzubauen, deren Blüh- und Kornfüllungsphase nicht mit Trockenheit und hohen Temperaturen in den betreffenden Gebieten zusammenfallen. KAMALI and MILLER (1982) messen der Hitzetoleranz und einem hohen osmotischen Potential der Linien eine große Bedeutung für die Trockenresistenz zu und empfehlen die Selektion auf diese beiden Eigenschaften, die partiell dominant und überdominant vererbt werden. Nach MOJAYAD (1994) ist die Toleranz gegen innerpflanzliches Wasserdefizit wesentlich für die Trockenresistenz und die Fotosynthese-Leistung. Die gute Toleranz von einigen Genotypen gegen innerpflanzliches Wasserdefizit beruhte, bei diesen Untersuchungen, auf der abgestuften Schließung der Stomata, die die Auslösung der Fotosyntheseaktivität bei niedrigen Blattwasserpotential verhindert (siehe MERRIEN 1992).

SKORIC (1980) betont in diesem Zusammenhang die Notwendigkeit, auf eine Resistenz gegen *Macrophomina phaseoli* sowie auf eine hohe Pollen- und Nektarproduktion unter Trockenheit zu selektieren. In der Art *Helianthus argophyllus* sind nach BLANCHET and GELFI (1980) MORIZET et al. (1984) sowie LEPEL et al. (1994) und KORELL (1996) spezifische Gene für Trockenresistenz zu finden. Seit einigen Jahren werden in den verschiedensten Ländern interspezifische Kreuzungen (KORELL et al. 1996, 1998) und Genpools für die Züchtung auf Trockenresistenz hergestellt (siehe auch BEHLASSEN 1994). VANNOZZI et al. (1991) empfehlen in der Züchtung auf Trockenresistenz molekulare Marker einzusetzen.

Auch kann im Zusammenhang mit der Trockenresistenz eine Toleranz gegen hohe **Salz-** oder **Alkalikonzentration** von besonderem Wert sein (KARAMI 1974, HUSSAIN and REHMAN (1993). Die Vererbung dieser Eigenschaft ist offensichtlich ebenfalls komplexer Natur, es sind eine ganze Reihe Teileigenschaften mit unterschiedlicher Vererbung beteiligt (FICK 1978a, HUSSAIN et al. 1996, REHMAN and HUSSAIN 1999).

7.3 Standfestigkeit und Stängelbruch

Die Standfestigkeit der Sonnenblume hängt von mehreren Teileigenschaften ab: Stängellänge, Stängeldicke, Internodienlänge, Stängelfestigkeit (Einlagerung von Zellulose), Wurzelentwicklung und der Schwere des Korbes.

Die Stängellänge (siehe Abschnitt 4.2) variiert von 40 bis 500 cm und der Stängeldurchmesser von 1 bis 10 cm (KNOWLES 1978). Auch von Giganta-Typen mit Wuchshöhen von 7 bis 12 m (FICK 1978a) wird berichtet. Die phänotypische Variabilität der Wuchshöhe ist weitgehend abhängig von der fotoperiodischen Reaktion des Genotyps (siehe Abschnitt 5.2). Die höchsten Pflanzenlängen werden bei stark auf Kurztag reagierenden Formen unter Langtagbedingungen bei kühlen Temperaturen gemessen (siehe Abb. 8 und 24). Für die Erzeugung von hohen Kornerträgen sollen unter guten Wachstumsbedingungen Pflanzenlängen von 160 bis 180 cm angestrebt werden (SKORIC 1987). Die Korrelation zwischen Kornertrag und Wuchshöhe betrug im Material von SCHUSTER (1964) $r = 0,46$ und bei SEIBEL (1978) $r = 0,40$.

Für die Nutzung zur Grünfütterung ist die Wuchslänge ein wichtiger Ertragsfaktor (SCHUSTER 1970a).

Nach FICK (1978a) bestimmen Länge und Zahl der Internodien weitgehend die Wuchslänge. Mehrere Untersuchungsergebnisse weisen darauf hin, dass die Wuchshöhe nicht additiv vererbt wird und meist spezifische Genwirkungen verantwortlich sind. BARETTA DE BERGER and MILLER (1985) fanden dagegen in ihrem Material additive Effekte für die Internodienlänge. Die aus Eltern zu F_1 -Korrelationen errechnete Heritabilität betrug $h^2 = 0,921$ und $0,840$ (SCHUSTER 1964). MARINKOVIC (1981) fand Superdominanz, Dominanz und partielle Dominanz für die Vererbung der Wuchslänge. LAY und KHAN (1985) errechneten, dass 57% der gesamten genetischen Varianz dominant und 30% additiv waren.

Für das Merkmal Wuchslänge ergaben sich deutliche Inzuchtdepressionen von 35 cm = 23% (SCHUSTER 1980) und Heterosiseffekte von maximal 47% (SCHUSTER 1964). Nach LUCZKIEWICZ (1975b) wird der Zwergtyp (siehe Abb. 8.1) durch ein einfach rezessives Gen

gesteuert (siehe auch VRONSKIN 1983). Diese Zwerg- bzw. Halbzwerghybriden mit bester Standfestigkeit werden in der Hybridzüchtung verstärkt benutzt (siehe auch SKORIC 1988). Hier ist es nach STOJANOVA et al. (1975) notwendig, Inzuchtlinien zu selektieren, die 40 cm niedriger sind als die gewünschten Hybriden.

Eine starke Wurzelbildung, insbesondere der Hauptwurzel, ist für feuchtere Gebiete, wo während und nach der Blüte mit starken Regenfällen gerechnet werden muss, von besonderer Bedeutung für die Standfestigkeit der Sonnenblume (siehe auch Abschnitt 4.1).

Bei geringer Ausbildung von Stützgewebe (Rohfaser) im Stängel kommt es, besonders bei dickfleischigen, stark überhängenden Körben, zum Abbrechen des reifenden Korbes. Eine Selektion auf 1. kurze, dicke Stängel mit viel Festigungsgewebe und 2. dünne, weniger fleischige Körbe ist hier notwendig.

Nach Untersuchungen von SARCA et al. (1978) wird die Standfestigkeit als komplexes Merkmal insgesamt mehr oder weniger intermediär vererbt, wobei in einigen Fällen der mütterliche Elter einen stärkeren Einfluss auf die Hybride hatte.

Für die Selektion von standfesten Sonnenblumenlinien und -sorten mit hoher Ertragsleistung ist nach SKORIC (1988) der „Ernteindex“ (= Kornertrag x 100 dividiert durch Gesamttrockenmasse) gut geeignet. Der einfachste Weg, den Ernteindex zu erhöhen, ist, die Pflanzenlänge zu verringern, damit den Gesamtertrag herabzusetzen und gleichzeitig die Standfestigkeit zu erhöhen. Es liegen eine ganze Reihe von Untersuchungen über die Möglichkeit der Erhöhung des Ernteindex bei Sonnenblumen vor (SKORIC and MARINKOVIC 1981, BARETTA DE BERGER and MILLER 1985, FICK et al. 1985).

7.4 Blattgröße und -zahl sowie Blattstellung

Der Blattzahl, Blattgröße und Blattstellung am Stängel kommt für die Assimilation und die Stoffeinlagerung in die Samen der Sonnenblume eine besondere Bedeutung zu.

Hier ist zu fordern: ein Maximum an Assimilationsfläche (6 bis 7000 cm² je Pflanze) bzw. nach SAKAC et al. (1996) ein Blattflächen-Index zur Zeit der Blütenknospen von 3 m² je m² Anbaufläche und eine optimale Stellung der Blätter in horizontaler und vertikaler Richtung, um eine hohe Sonnenlichteinstrahlung und eine gute CO₂-Assimilation zu gewährleisten. Die Blätter sollen ein dichtes Dach bilden, unter dem eine gute Luftzirkulation gegeben ist. SOKSIMOVIC et al. (1997-98) fanden eine ebenso hohe positive Korrelation zwischen der Blattfläche und dem Samen- und Ölertrag wie zwischen Samenertrag und Ölertrag.

In *H. mollis* sind Formen mit kurzen Blattstielen zu finden. Diese Eigenschaft ist mit Hilfe von interspezifischen Kreuzungen in Kulturformen einzulagern. Sorten mit kurzen Blattstielen können mit hohen Bestandesdichten (über 10000 Pflanzen je ha) angebaut werden (SKORIC et al. 1989). Dies bringt eine deutliche Ertragssteigerung, vor allem in Gebieten oder Verhältnissen mit guter Wasserversorgung.

Nach SKORIC (1988) sind die oberen Blätter in den Morgen- und Abendstunden, wenn die Sonne tief steht, stärker fotosynthetisch aktiv. Gegen Mittag, bei hohem Sonnenstand, übernehmen die mittleren Blätter in stärkerem Maße die Fotosynthese.

Die selektierten Linien sollen außerdem Gene für eine hohe Nettoassimilationsrate ($NAR = (\text{Trockenmassezuwachs/mittlere Blattfläche}) \times \text{Tage}$) und für eine intensive Fotosynthese mit hoher Einlagerung der Assimilate in die Samen besitzen (SKORIC (1980)).

Die Nettoassimilationsrate der Sonnenblume ist nach ROBINSON (1978) hoch: 10 bis 28 bis 38 g je m² Blattfläche pro Tag. Solche Werte wurden sonst nur bei C₄-Pflanzen, wie Mais, Sorghum und Zuckerrohr, erreicht. Dies wird nicht zuletzt durch den Heliotropismus der Sonnenblumenblätter ermöglicht (ROBINSON 1978). Nach SHELL and LANG (1976) bewirkt dieser Heliotropismus der Sonnenblumenblätter eine tägliche Erhöhung der Fotosynthese-Leistung von 10 bis 23%.

Die Blattfläche je Pflanze wird durch die Blattgröße und Blattzahl bestimmt. Die Blattzahl ist durch die Zahl der Nodien je Pflanze festgelegt. Erwünscht ist eine große Zahl von Nodien und damit Blättern bei einer geringen Internodienlänge, besonders bei den Zwerg- und Halbzwergetypen. Beide Merkmale - Blattgröße und Blattzahl - lassen im Vergleich I-Linien zu Hybriden eine klare Heterosis erkennen (siehe auch MOROSOV 1947). Überdominanz- und Dominanz-Effekte überwiegen in der Vererbung der höheren Blattzahl (siehe SKORIC 1988). Neben diesen beiden Merkmalen ist nach SKORIC (1985a) der Blattflächen-Index (= Blattfläche /m² Bodenfläche) ein brauchbarer Selektionsparameter, der vorwiegend dominant vererbt wird.

Weitere Messgrößen der Ertragsbildung können als Selektionskriterien benutzt werden, z.B. die „Relative Wachstumsrate“ = $R = 1$ dividiert durch Ertrag in TM x Trockenmassezuwachs durch Dauer der Versuchsperiode (siehe auch BOGUSLAWSKI 1983). Bei einem Zwergtyp fanden KLIMOV et al. (1975) eine fast doppelt so hohe Fotosyntheseleistung als bei einem normalen Typ (464 gegen 296 cal je Minute und cm² im 8^h-Tag).

Nach SKORIC (1988) sollte eine niedrig wachsende Hybride, verkürzte Internodien mit einer großen Fotosynthesefläche, einem hohen Blattflächen-Index, mit hoher Source und Sink-Kapazität, eine verstärkte Wettbewerbsfähigkeit besitzen.

7.5 Verzweigung, Korbform und Korbhaltung

Schon ältere Untersuchungen (SCHEIBE 1938, RUDORF 1948, 1961) ergaben, dass **verzweigte** Sonnenblumen einen geringeren Kornertrag bringen als einköpfige. Auch für eine Grünnutzung (SCHUSTER 1958) sind die unverzweigten Typen den verzweigten überlegen. Die verschiedenen Verzweigungsformen bei der Sonnenblume (siehe Abschnitt .4.2) werden durch Umwelteinflüsse und genetische Veranlagungen in Wechselwirkung ausgelöst. Zwei unterschiedliche Formen der Verzweigung, die morphologisch nicht erkannt werden können, sind zu unterscheiden (PUTT 1940): eine mit rezessiver Vererbung, die im Hybrid nicht in Erscheinung tritt, und eine mit dominanter Vererbung, die nur als Zierpflanze zu nutzen ist. Die rezessiv vererbten Verzweigungstypen werden gerne als Restorer (Wiederhersteller der Fertilität) verwendet, da sie als väterliche Linie eine längere Zeit Pollen liefern und ohne Schwierigkeiten auch später blühende Mutterlinien befruchten können (siehe DUCHSCHERER (1998) und Abschnitt 2.2).

In Zuchtpopulationen und Inzuchtlinien treten in der ganzen Welt Verzweigungsformen mit zwei seltener drei Stängeln auf. Diese Typen (Y-branched Typ) sind nach BRIGHAM und YOUNG (1980) und LECLERCQ (1984) wegen eines eventuell höheren Ertragspotentials, besonders bei lückigen Beständen, für die Züchtung von Interesse. Die Vererbung der Gabelbildung ist jedoch instabil, sie wird durch Temperatureinflüsse modifiziert (LIU GONG-SHE and LECLERCQ 1988).

Die **Korbform** der Sonnenblume ist nach MOROSOV (1947) ein wichtigeres Merkmal für die Ertragssicherheit als die Korbgröße. Eine Beeinflussung durch Umweltfaktoren ist ähnlich wie bei der Korbgröße gegeben. Extreme Wachstumsbedingungen, wie sehr weiter Standraum, Stickstoffüberdüngung u.ä., aber auch Trockenheit und niedrige Temperaturen rufen Verkrümmungen und Deformationen am Korb hervor (siehe SCHUSTER 1985a, 1993). Vom Standpunkt einer verlustarmen und leichteren Ernte sind die Formen 2, 3, 5 und 6 in Abb. 15.1) nicht besonders gut geeignet. Ebenso aus der Sicht einer besseren Austrocknung und einer geringeren Krankheitsanfälligkeit nicht die Formen 3, 4 und auch 5. Die Form 6 hat zuviel Parenchym, trocknet deshalb bei der Reife schlecht aus und bereitet beim Drusch Schwierigkeiten. So bleibt als anzustrebende Korbform nur der Typ 1 und Übergangsformen zwischen 1 und 2, 1 und 4 sowie eventuell 2. Nach FICK (1978) wird, wie schon betont, die Korbform meist intermediär vererbt. Der Schrumpfkorb Typ 5 in Abbildung 15.1 wird durch ein einfaches rezessives Gen bedingt (FICK 1978a).

Die **Korbhaltung** wird ebenfalls durch extreme Anbaubedingungen modifiziert, jedoch in geringerem Ausmaß als die Korbform. Nach GUNDAEV (1971) wird die aufrechte Haltung (Typ 1 in Abb. 10) über die geneigte dominant vererbt. Die Korbhaltung spielt sowohl für die Ernte als auch für den Krankheitsbefall eine Rolle. Alle Formen, die stärker in den Bestand hineinhängen (Abb. 10, Typ 7), hemmen die Luftbewegung im Bestand, erhöhen die Luftfeuchte und die Temperatur so dass sich Pilzkrankheiten am Stängel und Kopf verstärkt ausbreiten. Bei den Formen 6 und 7 in Abb. 10 ist außerdem die Gefahr gegeben, dass die Köpfe bei der Ernte vom Mähdrescher abgeschnitten werden und zu Boden fallen. Vor einiger Zeit vertraten einige Sonnenblumenzüchter die Auffassung, dass diese Formen besonders resistent gegen Vogelfraß seien. Den gleichen Vogelschutz erreicht man mit den Typen 3, 4 und 8, ohne die oben genannten Nachteile der übrigen Formen. Der aufrechte Typ 1 wird sehr stark durch Vogelfraß geschädigt. Die Formen 2, 3 und eventuell noch 4 werden heute bevorzugt, da hier geringere Pilzinfektionen gegeben sind. SKORIC (1988) nennt eine Neigung von 45° (Typ 1 in Abb. 10) als günstige Korbhaltung, da hier die intensivste Sonneneinstrahlung auf die Scheibenblütchen und Früchte stattfindet.

KOVACIC und SKALOUD (1988) fanden für mehrere Formen der Korbhaltung eine partiell dominante Vererbung. Die Kopfneigung um 90° war rezessiv zur 135° und diese dominant zur 180°-Neigung.

7.6 Resistenz gegen Schaderreger

Die Sonnenblume kann nach ZIMMER and HOES von mehr als 35 Mikroorganismen, meist Pilze, befallen werden. Die Autoren schätzen, dass 12% des Ertrages in jedem Jahr durch

Krankheitsbefall verloren gehen. Das Vorkommen, die Stärke der Infektion und der Grad der Schädigungen sind unter den verschiedenen Klimaverhältnissen und geographischen Lagen sehr unterschiedlich. Einige Pilze kommen in allen Gebieten der Erde vor, das Ausmaß der Schädigungen ist jedoch in den einzelnen Regionen verschieden (siehe auch EIJNATTEN 1974, SKORIC 1988, SEILER 1988). ACIMOVIC (1988) veröffentlicht eine Kartierung des Vorkommens von Sonnenblumenkrankheiten in Europa und einigen anderen Ländern mit Angaben über die Stärke der Schädigungen (siehe Tabelle 9).

Tabelle 9: **Schaderreger der Sonnenblume und ihre Verbreitung in Europa**
(nach ASIMOVIC 1988 ergänzt)

Pathogen	Bul- garien	Deut- schland	Frank- reich	Italien	Portu- gal	Rumä- nien	Türkei	Un- garn	Yugos- lawien
<i>Alternaria</i> sp.	+++	+	+	-	+	++	++	++	++
<i>Botritis cinerea</i>	+	+++	++	++	+	+	+	+	+
<i>Fusarium</i> sp.	+	-	-	+	++	-	-	-	+
<i>Orobanche</i> sp.	+	-	-	+	-	+++	++	-	+
<i>Phoma oleracea</i>	++	+	-	-	-	+++	+	+	+
<i>Phomopsis helianthi</i>	++	+	+++	-	-	+++	-	+	++
<i>Plasmopara helianthi</i>	+	++	++(+)	++(+)	-	++(+)	++	+	++(+)
<i>Puccinia helianthi</i>	+	+	-	-	+	+	+	+	+
<i>Sclerotinia</i> sp.	++	+++	++	++	+++	+++	+++	++	+++
<i>Septoria helianthi</i>	+	-	-	-	-	+	+	+	+
<i>Verticillium</i> sp.	++	-	+	-	+	+	+	-	+

Vorkommen: + = gering ++ = mittel +++ = stark

Einzelheiten über die die Sonnenblume befallenden Schaderreger sowie ihre Bekämpfung siehe Abschnitt 10.9 Pflanzenschutz.

Die Züchtung auf Resistenz bzw. Toleranz gegen die jeweilig stark schädigenden Pathogene ist eine der wichtigsten, aber auch schwierigsten ertragsichernden Zuchtziele, da sich immer wieder neue anfällige Formen entwickeln und ausbreiten und die erzielte Resistenz hinfällig machen. Dies zeigt sich am deutlichsten am „Falschen Mehltau“, der durch den Pilz *Plasmophora helianthus* (= *P. halstedii*) verursacht wird. TOURVIELLE (2000) berichtet: „Erste Berichte von *Plasmophora halstedii*-Befall bei Sonnenblumen in Frankreich 1966. Durch die

Entdeckung eines einfach vererbten dominanten Genes, welches sich leicht in die auf männliche Sterilität aufbauenden Hybriden einlagern ließ, bekam man den „Falschen Mehltau“ schnell unter Kontrolle. Diese Resistenz konnte mit gutem Erfolg 10 Jahre lang genutzt werden bis 1988 neue Rassen des Pilzes auftraten (je 4 in Frankreich und in Amerika), die in den folgenden Jahren starke Schäden verursachten. Es gelang auch gegen diese Resistenzgene zu finden, so dass im Jahr 2000 etwa 80 % der Anbaufläche in Frankreich gegen *Plasmophora halstedii* resistente Sorten angebaut wurden“. Auch bei anderen Pathogenen, wie *Sclerotinia* und *Phomopsis* u.a. traten ähnliche Wechsel bei den resistenten Sorten auf. Nach SACKSTON (1997) ist es nicht voraussehbar ob und wann konstante Resistenz entwickelt werden kann.

Nun wird, besonders in Frankreich (TOURVIELLE 2000), empfohlen, nicht nur die Resistenzzüchtung zu verstärken, sondern die Krankheiten durch Zusammenarbeit von Pflanzenzüchtern, Landwirten, Pathologen, Genetiker und Molekularbiologen zu bekämpfen bzw. auf ein Minimum zu beschränken.

Trotz aller Schwierigkeiten bei der Resistenz- bzw. Toleranzzüchtung werden in den letzten Jahren die Anstrengungen unter zur Hilfenahme der interspezifischen Kreuzungen und der neu entwickelten Zellkultur-Methoden und Selektion über molekulare Marker in allen Teilen der Welt verstärkt (SCHEUERMANN et al. 1991a, 1991b; SACKSTON 1992; GANSSMANN and FRIEDT 1994; KORELL et al. 1995a, 1995b; HAMMANN et al. 1995; BRAHM and FRIEDT 1996; GULYA et al. 1997; KÖHLER 1997; BRAHM et al. 1998, 1999; SERIEYS 1997-98; DEGENER et al. 1999).

8 Inhaltsstoffe und Qualität

8.1 Qualität der Früchte

Die Qualität der Sonnenblumenfrucht wird einmal durch äußere Faktoren wie Fruchtgröße, Kernanteil und die Sameninhaltsstoffe bestimmt, zum anderen gewinnt die Qualität der Inhaltsstoffe zunehmend an Bedeutung als Nahrungsfett und als Industriepflanze (Nachwachsender Rohstoff) (SCHUSTER und KÜBLER 1983, BOCKISCH 1993). Alle Qualitätsmerkmale unterliegen in stärkerem Ausmaß Umwelteinflüssen, wie Wasserversorgung, Temperatur, Boden- und Düngungsunterschiede sowie Krankheitsbefall (ZIMMER and ZIMMERMANN 1972, SCHUSTER und KÜBLER 1981, FICK and MILLER 1997).

8.1.1 Schalenanteil

Der Schalenanteil (Kernanteil) variiert erheblich; die phänotypische Variabilität liegt zwischen 10 und 60% Schalen an der Gesamtfucht (FICK 1978b), wobei Umweltfaktoren nur in geringem Ausmaß wirksam sind (SEIBEL 1978). ROZHKOVA and ANASCENKO (1977) berichten von genotypischen Unterschieden zwischen Linien von 16 bis 59% Schalenanteil. SCHUSTER und SEIBEL (1977) fanden Differenzierungen zwischen älteren und neueren Sorten von 21,7% bis 38,5% sowie zwischen weltweiten Standorten im Mittel der Sorten nur von 25,7 bis 28,7%. Da Formen mit sehr niedrigen Schalenanteilen von 10 bis 12% sich nicht oder nur mit großen Kernverlusten dreschen lassen, werden Typen mit 15 bis 20% angestrebt (KÜBLER

1984). Auch in anderen *Helianthus*-Arten sind Formen mit niedrigen Schalenanteilen zu finden, die in interspezifischen Kreuzungen genutzt werden können (SEILER and BROTHERS 1997-98).

Der Samen-(=Kern-)Anteil an der Gesamtf Frucht unterliegt einer Inzuchtdepression mit fortschreitenden I-Generationen, die im Mittel aller I-Linien relativ 3 bis 4% ausmacht (= Abnahme des Kernanteils bzw. Zunahme des Schalenanteils um 1,7 bis 2,3% (SCHUSTER 1980)). Das Inzuchtminimum wurde in I_{11} mit relativ 15% = 8,6% weniger Kernanteil bzw. höherem Schalenanteil erreicht (siehe auch 9.1).

Die Heritabilität des Schalenanteils betrug in diesem Material (SCHUSTER 1964) $h^2_{\text{♀}}$ -Linie = 0,24, $h^2_{\text{♂}}$ -Linie = 0,31. Andere Autoren (siehe FICK 1978) nennen h^2 -Werte zwischen 0,27 und 0,32 bzw. 0,20 und 0,37. Auch bei Formen mit niedrigem Schalenanteil von 16 bis 17% kann Resistenz gegen die Sonnenblumenmotte gegeben sein. Der Schalenanteil wird nach VRANCEANU und STOENESCU (1969b) durch weitgehend additiv wirkende Gene gesteuert.

Bei den älteren Sorten, die mittlere Schalenanteile von 40 bis 43% hatten, mussten die Sonnenblumen vor der Extraktion geschält werden, um die Rückstände der Ölfabrikation als Viehfutter verwenden zu können. Aber auch die neuen Sorten mit geringen Schalenanteilen werden aus verschiedenen Gründen vor der Weiterverarbeitung meistens geschält. Die hierbei anfallenden Schalen werden zur Herstellung von wärmedämmenden Bauplatten verwandt (DORRELL 1978). Aber auch Zellulose und Wachse können aus den Schalen gewonnen werden (LOFGREN 1978, 1997). Weiter lassen sich aus violetten (purpur) Achänenschalen Naturfarben für Speisewecke (Anthocyan) gewinnen (PARKER et al. 1997). Nach CANCALON und KINARD (1975) enthalten die Schalen: 4% Rohprotein, 2 bis 5% Fett bzw. Wachs, 50% Rohfaser, 2,5% Asche. Sie können damit auch als Rohfutter für Schafe und Kleintiere genutzt werden. Auch für eine Zuckergewinnung durch Fermentation und für eine Hefeproduktion lassen sich Sonnenblumenschalen einsetzen (DORELL and VICK 1997). Der Schalenanteil beeinflusst den Ölgehalt der Frucht mit $r = -0,96$ (BOYE 1970) bzw. $r = -0,83$ (SEIBEL 1978) wesentlich. Zum Ölgehalt im Kern bestehen dagegen geringere negative Beziehungen von ($r = -0,673$ und $-0,383$) (siehe auch BALDINI et al. 1995).

Der Schälbarkeit der Achänen wird in neuerer Zeit eine größere Bedeutung als wichtiges Qualitätsmerkmal für die Verarbeitung der Früchte zugemessen (DENIS 1994). BEAUCUILLAUME (1994) stellte fest: Je spröder die Schale um so besser die Schälbarkeit und je elastischer um so schwieriger. Die Länge der Achäne ist ein einfaches Selektionsmerkmal für gute Schälbarkeit. Die Achänendichte und -breite sind weniger wichtig. DENIS (1994) errechnete h^2 -Werte von 0,72 bis 0,85; es wird jedoch betont, dass starke Umwelteinflüsse bestehen.

8.1.2 Ölgehalt

Über 60% der Variabilität des Fettgehaltes in der Achäne werden somit durch den Schalenanteil bestimmt. Nach GUNDAEV (1971) basiert die Erhöhung des Ölgehaltes in der

Frucht zu 2/3 auf einer Senkung des Schalenanteils und nur zu 1/3 auf der Erhöhung des Ölgehaltes im Samen (Kern).

Nach BORODULINA and KHARCHENKO (1976) beginnt die Ölbildung in den Sonnenblumensamen in den ersten Tagen nach der Blüte und endet bei der physiologischen Reife der Samen. Eine intensive Ölproduktion ist in der Zeit zwischen dem 15. und 22. Tag nach Blühbeginn gegeben, sie ist am stärksten während der Samenfüllungsphase (SAKAC et al. 1996). Der Ölgehalt im Kern variiert nach VENZLAVOVIC (1941) zwischen 26 und 72%. In der Gesamtf Frucht lag nach SCHUSTER und SEIBEL (1977) der Ölgehalt zwischen weltweit gestreuten Standorten bei 38,5 bis 45,4% und zwischen älteren und neueren Sorten bei 33,1 bis 47,9%. Der Ölgehalt unterliegt danach einer erheblichen Umweltbeeinflussung, wobei Temperatureinflüsse eine wesentliche Rolle spielen (CANVIN 1965, SCHUSTER und BOYE 1971b, SCHUSTER et al. 1972, MARQUARD et al. 1977, UNGER and THOMPSON 1982, SEILER 1988). Neuere Hybridsorten haben nicht selten 50 bis 55% Öl in der Frucht. FICK (1982) berichtet von Linien mit mehr als 63% Rohfett in der Achäne.

Nach SEILER (1982, 1988) haben alle Wildformen der Sonnenblume niedrigere Fettgehalte als die Kultursorten (unter 41%). Einzelsamenuntersuchungen in der Populationsorte „VNIIMK 8931“ von KÜBLER (1984) ergaben eine phänotypische Variabilität zwischen 8,7 und 56,5% Öl in der Frucht. FICK and ZIMMERMANN (1973) untersuchten die Variabilität des Ölgehaltes zwischen verschiedenen Köpfen und innerhalb der Köpfe.

Die Heritabilität wird mit $h^2 = 0,33$ für die männlichen Linien und $0,66$ für die weiblichen Linien (SCHUSTER 1964) angegeben. FICK (1978a) nennt für den Fettgehalt Heritabilitätswerte verschiedener Autoren, die in der Gesamtf Frucht zwischen $0,20$ und $0,37$ sowie im Samen zwischen $0,52$ und $0,61$ liegen. FICK (1975) und MILLER et al. (1977) schließen aus ihren Untersuchungen von Kreuzungsnachkommen, dass schon in frühen Generationen auf einen hohen Ölgehalt selektiert werden kann. FICK (1974) fand eine hohe positive Korrelation des Ölgehaltes mit dem Tausendkorngewicht. Dagegen war in dem Material von BOYE (1970) eine negative Korrelation zwischen TKG und Ölgehalt von $r = -0,304$ gegeben. Der Rohfettgehalt zeigte zum Kornertrag bei BOYE (1970) und bei SEIBEL (1978) keine deutliche korrelative Beziehung; d.h. es kann gleichzeitig auf hohen Fettgehalt und hohen Kornertrag selektiert werden. Der Rohfettgehalt der Früchte ist mit dem Ölgehalt im Kern nur mit $r = 0,858$ (BOYE 1970) bzw. $0,807$ (SEIBEL 1978) korreliert, da der unterschiedliche Schalenanteil den Ölgehalt in der Frucht stärker variiert. Die Inzuchtdepression des Fettgehaltes beträgt nach SCHUSTER (1980, 1985b) relativ 5 bis 7% = absolut 2,6 bis 3,7% Rohfett im Kern mit einem Inzuchtminimum in I_{20} mit relativ 15% = 7,9% Rohfett im Kern weniger gegenüber der Ausgangspopulation. FICK (1978a) nimmt an, dass der Ölgehalt vorwiegend durch additive Geneffekte gesteuert wird. VRANCEANU und STOENESCU (1969a) fanden vor allem dominante Genwirkungen und Heterosiseffekte. Auch SCHUSTER (1964) wies Hybrideffekte für den Ölgehalt bis zu relativ 113% zur Ausgangspopulation nach, wobei spezifische Kombinationswirkungen eine wesentliche Rolle spielten. SEIBEL (1978) untersuchte den Einfluss des Pollens auf den Ölgehalt des F_1 - bzw. I_1 -Samens und der Frucht. Er fand keinen Unterschied im Ölgehalt der selbstbestäubten Früchte und Samen zu den fremdbefruchteten, offen abge-

blühten. Dagegen konnten VAGVÖLGYI und GAAL (1987), bei Überprüfung von russischen Untersuchungen, in einem einjährigen Versuch nachweisen, dass bestimmte Polleneltern einen Einfluss auf das Tausendkorngewicht und den Fettgehalt im Kern haben. So kann nach Meinung der Autoren der Ertrag an Öl durch die Auswahl von entsprechenden Hybriden, die nebeneinander angebaut werden, ohne große Aufwendungen erhöht werden. Auch für die Beurteilung von Fettgehaltswerten in Leistungsprüfungen kann dies von Bedeutung sein.

8.1.3 Fettsäurezusammensetzung des Öls

Die Verwendung des Sonnenblumenöls für die Herstellung von Speiseöl und Diätmargarine steht heute im Vordergrund. Hierfür sind hohe Gehalte der essentiellen Linolsäure erwünscht (ANDRICH et al. 1984, GEORGE et al. 1988), jedoch werden auch in zunehmendem Maße Öle mit hohem Ölsäureanteil nachgefragt, da in umfangreichen Studien die günstige Wirkung ölsäurereicher Öle bezüglich Regulierung des Lipidstoffwechsels und Prävention von Herz- und Gefäßerkrankungen nachgewiesen wurde (DELPLANQUE 2000). Andererseits eignen sich diese ölsäurereichen Öle, infolge ihrer guten Hitzestabilität, zum Fritieren und Backen und sie sind für eine vielseitige oleochemische Verwendung von besonderem Interesse als nachwachsende Rohstoffe, z.B. zur Herstellung mittelkettiger Fettsäuren und in der Petrochemie anstelle von Olefinen (ZOEBELEIN 1986). Somit ergeben sich für die Züchtung zwei entgegengesetzte Zuchtziele: Sorten hohem Linolsäuregehalt und Sorten mit hohem Ölsäureanteil (sog. High-oleic-Sorten), wobei das Öl letzterer Sorten vorzugsweise im „Nonfood“-Bereich Verwendung findet (siehe auch SCHMIDT 1990, FRIEDT et al. 1994).

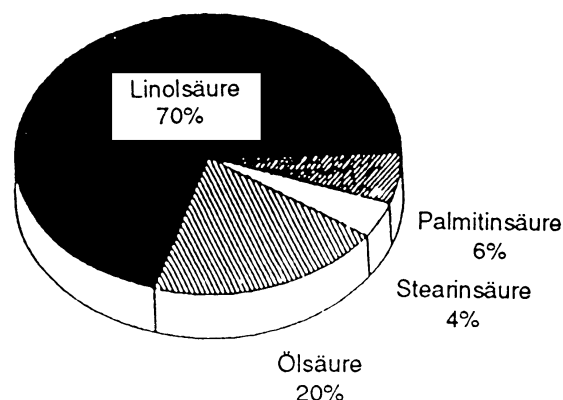


Abb. 29: **Charakteristische Zusammensetzung des Sonnenblumenöls unter Anbaubedingungen in Mitteleuropa** (aus SCHMIDT et al. 1987)

Das Öl der meist angebauten Sonnenblumensorten zählt mit 50 bis 70% Linol- und 20 bis 50% Ölsäure aus ernährungsphysiologischer Sicht zu den wertvollsten Nahrungsfetten (siehe Abb. 29). Zwischen Öl- und Linolsäure besteht eine hohe negative Korrelation von $r = -0,972$ (SEIBEL 1978), die vor allem durch Temperatureinflüsse während der Ausreife bedingt ist (DOMPERT und BERINGER 1976, MARQUARD 1980). Die Variabilität zwischen 6 weltweiten

Standorten lag zwischen 46,2% Linolsäure in Bornova/Türkei und 77,2% in Morden/Kanada sowie 14,7% Ölsäure in Morden/Kanada und 43,8% in Bornova/Türkei (siehe Abb. 30)

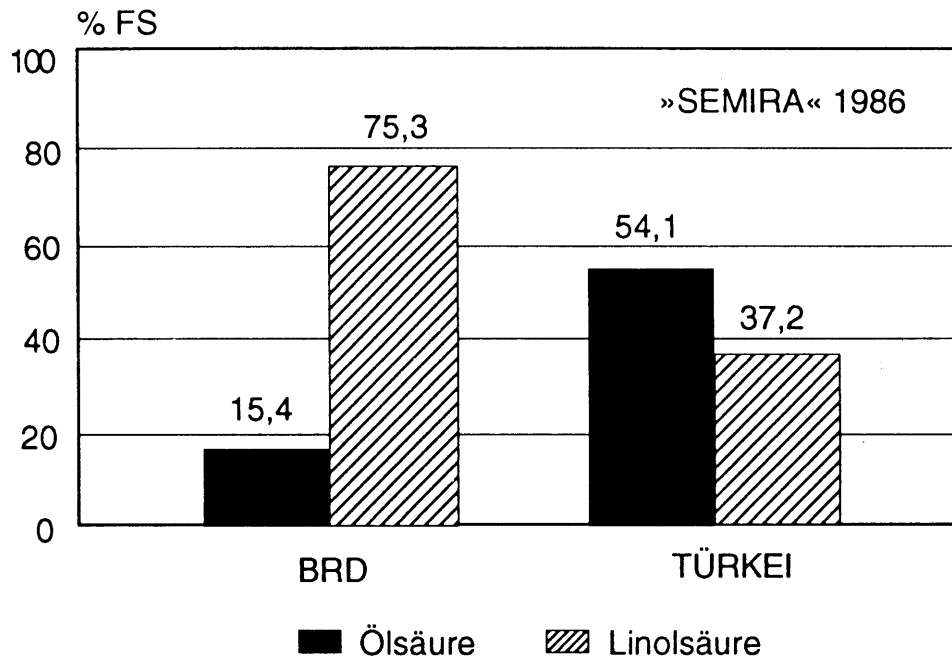


Abb. 30: Standortbedingte Variation des Fettsäuremusters (aus SCHMIDT et al. 1987)

Über Einflüsse von Umweltfaktoren auf das Fettsäuremuster, insbesondere Temperatur, Wasser und Tageslänge u. a., liegt eine große Zahl von Veröffentlichungen vor (siehe u. a. KÜBLER 1984, SKORIC 1988, ALONSO 1988). Aber auch durch unterschiedliche Anbauzeiten (ROBERTSON und GREEN 1981) sowie Erntezeiten (ROBERTSON et al. 1978, OWEN 1983) werden die Fettsäureanteile verändert, da bei Überreife die Linolsäure abnimmt. THOMPSON et al. (1980) berichten über eine Erhöhung des Ölsäureanteils bei Kopffäule, verursacht durch *Rhizopus* ssp. Zwischen verschiedenen Regionen im Korb und zwischen einzelnen Sonnenblumenfrüchten einer Sorte ergeben sich große Unterschiede im Fettsäuremuster (PUTT et al. 1969, SCHUSTER et al. 1980, KÜBLER 1984). Bei allen vergleichenden Untersuchungen ist zu beachten, dass das Fettsäuremuster im F₁-Samen durch den Pollen mit geprägt, d.h. durch Befruchtung fremder Genotypen verändert wird.

Die natürliche Variabilität kann durch künstliche Mutationen erhöht werden (SCHUSTER und KÜBLER 1983, KÜBLER 1984, SCHMIDT et al. 1987, CARSES et al. 2000). KHARCHENKO and SOLDATOV (1976) berichten von neuen Mutanten mit mehr als 90% Ölsäure. Abbildung 31 zeigt den Öl- und Linolsäuregehalt von zwei nach mutagener Behandlung (KÜBLER 1984) selektierten Linien mit hohem Ölsäure- („O/5549“) bzw. Linolsäureanteil („L/5448“), erwachsen unter kühlen und warmen Temperaturen im Phytotron, im Vergleich zur Sorte „Mirasol“ (SCHMIDT et al. 1987, SCHMIDT 1990).

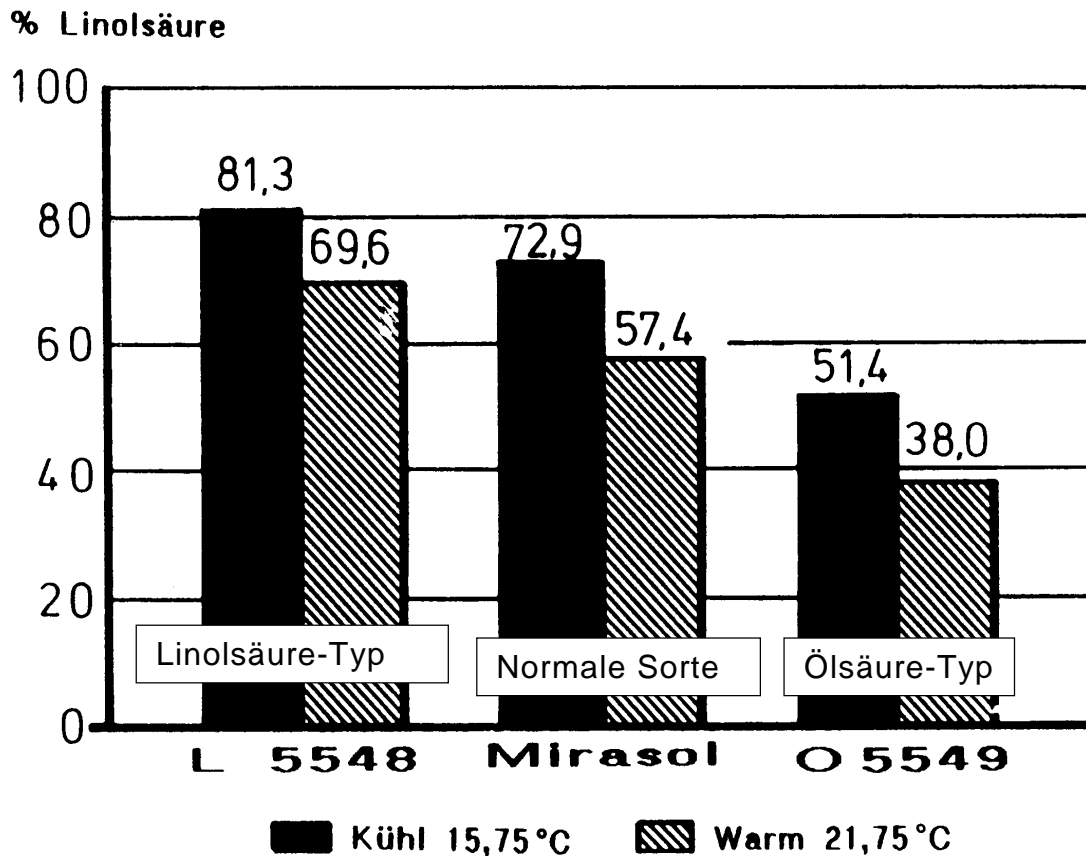


Abb. 31: Einfluss der Temperatur auf den Linolsäuregehalt (aus SCHMIDT et al. 1987)

Über die Fettsäuremuster der wilden *Helianthus*-Arten liegt eine große Zahl von Untersuchungen vor: KNOWLES et al. (1970), FERNANDEZ-MARTINEZ und KNOWLES (1976), THOMPSON et al. (1981), SEILER (1982, 1984b, 1986b, 1996) u.a. (siehe auch bei SKORIC 1988 und SEILER 1988). LACOMBE and BERVILLE (2000) berichten von neuen Genotypen mit veränderten Fettsäurekombinationen, die sie nach Mutationsauslösung und Kreuzung mit diesen Genotypen erhielten (Ölsäuregehalt 86 bis 92 %). Von hohen Linolsäurewerten sowie hohen Ölsäuregehalten in Wildarten berichtet SEILER 1985a und 1988.

SEILER (1988) betont, dass die Umweltstabilität der beiden wichtigsten Fettsäuren Öl- und Linolsäure in den Wildarten von *Helianthus* größer ist als in den Kulturformen. Trotzdem fand KHARCHENKO (1979) in den Samen der Sorte „Pervenets“ keinen Wechsel der Biosynthese von Linol- und Ölsäure bei höheren Temperaturen. Aus dieser Sorte entwickelten MILLER und VICK (1984) eine Population (synthetic „ND-01“) mit hohem Gehalt an Ölsäure, der weitgehend temperaturstabil ist. Auch URIE (1984, 1985) selektierte aus „Pervenets“ mehrere Genotypen mit Ölsäurewerten von 87 bis 90%. Mit dem Material aus „Pervenets“ arbeiten seit längerem viele Sonnenblumenzüchter in der Welt, um den stabilen hohen Ölsäureanteil in Maintainer (B-Linien) und Restorer (R-Linien) von entsprechend adaptierten, leistungsfähigen Hybriden mit hohem Ölgehalt einzulagern (MILLER et al. 1987, SCHMIDT et al. 1987, ALONSO 1988, FERNANDEZ-MARTINEZ 1988, SEEHUBER 1988, SKORIC 1988, DEHMER und FRIEDT 1994, KORELL und FRIEDT 1996a, 1996b). Auf der anderen Seite sind auch die

Bemühungen, einen hohen, genetisch stabilen Linolsäuregehalt in leistungsfähige Hybriden einzulagern, erfolgreich (FERNANDEZ-MARTINEZ and ALBA 1984, GEORGE et al. 1988). Hierbei waren vor allem Kreuzungen mit Wildarten, z.B. *H. exilis*, hilfreich (DOWNES and TONNET 1982).

Die Variabilität der übrigen Fettsäuren (Palmitin- und Stearinsäure) in Kultur- und Wildformen ist nach älteren Veröffentlichungen gering (SEIBEL 1978, SKORIC 1988, SEILER 1988). Lediglich für die Stearinsäure wurden einige Differenzierungen zwischen verschiedenen Wildarten gefunden (SEILER 1988). IVANOV et al. berichten aus Bulgarien von Selbstungen mit 25% Palmitinsäure aus einer Linie „175 HP“, die im Mittel 13,9% C_{16:0} enthielt. Weitere Selektionen kommen auf mehr als 30% Palmitinsäure. Neuere Untersuchungen berichten von Hoch-Palmitinsäure-Mutanten und hohen Stearin-Werten nach X-Strahlenbehandlung (FERNANDEZ-MARTINEZ et al. 1997, PEREZ-VICH et al. 2000).

Zwischen den vier hauptsächlich vorkommenden Fettsäuren des Sonnenblumenöls bestehen nach verschiedenen Autoren (MARQUARD et al. 1977, SEIBEL 1978, SKORIC et al. 1978, SEILER 1985b) neben der in allen diesbezüglichen Veröffentlichungen bestätigten hohen negativen Korrelation ($r = -0,98$) zwischen Öl- und Linolsäure vielfach positive Beziehungen zwischen Palmitin- und Stearinsäure ($r = 0,50$ bzw. $0,20$ bei SEIBEL 1978).

Die Fettsäurezusammensetzung im Sonnenblumensamen wird, ebenso wie bei anderen Ölpflanzen, durch den Embryo gesteuert, so dass auf der F₁-Pflanze (= F₂-Samen) ausgelesen werden kann. Für die Selektion kann die ½-Korn-Methode angewandt werden, indem ein Stück der beiden Kotyledonen am trockenen Samen abgeschnitten und untersucht wird. Der Restsamen mit Embryo kann später zur Pflanze heranwachsen (SCHUSTER et al. 1980).

Es wird teilweise von dominanter und in anderen Fällen von rezessiver oder intermediärer Vererbung eines hohen Linolsäuregehaltes berichtet (siehe FICK 1978a, SCHMIDT et al. 1987, SKORIC 1988). Nach FICK (1984) wird der hohe Ölsäuregehalt in der Sorte „Pervenets“ durch ein einfach partiell dominantes Gen gesteuert. Aber auch ein mütterlicher Einfluss war aus den reziproken Kreuzungen zu erkennen. In den Kreuzungsversuchen von MILLER et al. (1987) zeigten sich ebenfalls maternale Effekte und eine partiell dominante Genwirkung für hohen Ölsäureanteil unter Mitwirkung eines Modifikationsgens (MI.). Nur der Genotyp „OI OI ml ml“ hat hohe Ölsäuregehalte über 80%, während „OI MI“ mittlere Ölsäurewerte von 50 bis 70% aufweist.

8.1.4. Freie Fettsäuren (FFA)

Speiseöle sollen möglichst zu 100 % aus Triacylglycerolen bestehen (früher Triglyceride), d.h. die Fettsäuren sollen in gebundener Form als Ester des 3-wertigen Alkohols Glycerol (Glycerin) vorliegen. Freie Fettsäuren, künftig als FFA bezeichnet, sind unerwünscht, da sie die Haltbarkeit der Öle herabsetzen und werden deshalb bei der Raffination der Rohöle entfernt.

In Raffinaten liegt ihr Anteil in der Regel deutlich unter 1 %, in nativen Ölen, insbesondere in Oliven-Jungferölen, werden höhere Gehalte bis etwa 3 % toleriert.

Für Ölsaaten wie Raps und Sonnenblumen besteht ein oberer Grenzwert von 2 % FFA im Rohöl, höhere Gehalte führen zu Preisabschlägen, da sie die Ölausbeute entsprechend ihres Anteils mindern. Hinzu kommt, dass die Eliminierung höherer FFA-Gehalte einen größeren Aufwand bei der Raffination (Entsäuerung) erfordert.

Bei der Untersuchung zur Qualitätsbewertung von Ölsaaten für die Ölproduktion wird in Deutschland nur bei Sonnenblumen der FFA-Anteil routinemäßig bestimmt, da hier häufig überhöhte Werte auftreten

Für einen hohen Anteil freier Fettsäuren (FFA) in Ölsaaten, und speziell in Sonnenblumen, werden in der Regel zwei Ursachen genannt:

1. Schlechte Ausreife der Samen. Hierbei wird davon ausgegangen, dass zum Zeitpunkt der Ernte die Fettsäurebiosynthese noch nicht abgeschlossen ist, so dass ein erheblicher Teil der Fettsäuren noch nicht in Triacylglycerolen (Triglyceride) gebunden ist (APPELQVIST 1989, UPPSTRÖM 1995).

2. Hydrolytische Spaltung der Fette durch Einwirkung von Lipasen, welche die Abspaltung der Fettsäuren von den Triacylglycerolen (Speicherfette) katalysieren (APPELQVIST 1989, BRÜHL & FIEBIG 1993, BOKISCH 1993, UPPSTRÖM 1995).

Sieht man von der ersten Ursache ab, die vor allem dann relevant wird, wenn die angebauten Sorten nicht den Standortbedingungen angepasst sind oder wenn extrem ungünstige Witterungsverhältnisse eintreten, erscheint die zweite Ursache wesentlich gravierender.

Zu einer Spaltung der Triacylglycerole kommt es bei ausgereiften Samen nur dann, wenn die Lipasen Zutritt zum Substrat, in diesem Falle den Ölkörpern, die im Endosperm und im Embryonalgewebe lokalisiert sind, erlangen. Die Ölkörper sind von einer Phospholipidschicht umschlossen, die normalerweise die Fette vor einem „Angriff“ der Lipasen schützt.

Bei Quellung der Samen infolge hohen Wassergehaltes, aber auch bei mechanischen Verletzungen, geht man davon aus, dass die Lipasen über den Weg der Oleosine (Proteinstrukturen) die Ölkörper erreichen und die Fettspaltung einsetzt.

In einer von MARQUARD und Mitarbeiter für die UFOP durchgeführten Studie zur Bildung freier Fettsäuren in Sonnenblumensaat (BINGEL und MARQUARD 2001, MARQUARD und BINGEL 2002) wurden verschiedene Aspekte bezüglich Ausreife und Beschädigung der Samen beim Drusch, Lagerungsbedingungen und Pilzbefall im Lager sowie Pilzbefall der Körbe auf dem Feld, untersucht.

Bezüglich der Ausreife konnte anhand von Proben aus 4 Zeiternten eindeutig nachgewiesen werden, dass eine unvollständige Abreife nicht zu einer Erhöhung des FFA-Anteils führt, wie Tabelle 10 zeigt.

Die Sorten 1 bis 7 sind in der Sortenliste des BSA als Hybriden mit einem konventionellen Fettsäuremuster ausgewiesen und sind alle der Reifegruppe 4, früh bis mittelfrüh, zugeordnet; bei den Sorten 8 bis 10 handelt es sich um sog. „high-oleic“ Hybridsorten.

Tab. 10: **FFA-Gehalte im Öl von Sonnenblumenfrüchten aus 4 Zeiternten nach Trocknung des Erntegutes bei 105°C** (Angaben in %)

	1. Ernte	2. Ernte	3. Ernte	4. Ernte	Mittel
Eurosol	0,7	0,4	1,0	0,6	0,7
Flavia	0,5	0,4	0,5	3,3	1,2
Fleury	0,6	1,3	1,5	3,5	1,7
Frankasol	0,5	0,5	0,6	1,9	0,9
Pablo	0,4	0,6	3,7	1,8	1,6
Rigasol	0,6	0,3	0,7	1,9	0,9
Sanluca	0,4	1,4	4,0	2,0	2,0
Capella	0,4	0,6	2,3	1,8	1,3
Cadasol	0,5	0,4	0,8	0,8	0,6
Olsavil	1,3	0,4	0,5	1,5	0,9
Mittel	0,6	0,6	1,6	1,9	1,2

Variations-Grundlage	F	GD5%	GD1%	GD0,1%
B	6,68 **	0,75	1,01	1,34
S	1,28	1,18	1,59	2,12
ES	1,00	2,36	3,19	4,25

Die Ernten wurden am 09.08., 04.09., 20.09. und am 04.10.2000 durchgeführt.

Bei den beiden ersten Ernteterminen waren die Früchte noch sehr unvollständig ausge-reift, was auch in der geringen Trockenmasse von 36 und 58 % zum Ausdruck kam. Gerade in diesen Mustern war der FFA-Anteil besonders niedrig, so dass man daraus schließen kann, dass es während der Fettsäurebiosynthese nicht zu einer Anreicherung der sog. „Pool-Fettsäuren“ kommt, sondern dass diese zügig mit Glycerol zu Triacylglycerolen verestert werden. Zu deutlichen Anstiegen und teilweiser Überschreitung des Grenzwertes von 2 % kam es bei einigen Sorten in der 3. und 4. Ernte. Hier wurde als Ursache Pilzbefall der Körbe vermutet, der in dieser Versuchsreihe aber nicht spezifisch erfasst wurde. Dass es bei Pilz-befall zu einer Aufspaltung der Fette kommt, wurde bereits von SCHNEITER (1997) an ver-schimmelten Mustern nachgewiesen, die einen extrem hohen FFA-Gehalt aufwiesen. Bei früheren Untersuchungen über den Einfluss von *Sclerotinia* auf die Ölqualität (LASAR et al. 1986) wurden zwar nur geringe Unterschiede im Fettsäuremuster festgestellt, da hier eine Transmethylierung der Fette durchgeführt wurde, wodurch nur gebundene Fettsäuren als Methylester erfasst werden.

Der Einfluss von Beschädigung der Früchte und der Lagerbedingungen auf den FFA-Gehalt ist den Tabellen 11 und 12 zu entnehmen.

Tab. 11: **FFA-Gehalte von ungetrockneten Sonnenblumenfrüchten mit unterschiedlich starker Beschädigung nach 8 Wochen Lagerung in einer Halle** (Angaben in %)

	Feuchte in %	ohne Trocknung				Mittel
		A*	B*	C*	D*	
Eurogol	13,6	0,8	3,0	3,7	5,9	3,4
Flavia	17,6	3,4	3,9	5,7	9,8	5,7
Fleury	17,1	5,3	6,0	6,1	7,5	6,2
Frankasol	12,4	1,3	1,9	1,8	2,0	1,8
Pablo	14,2	6,0	6,4	7,6	7,5	6,9
Rigasol	13,4	1,0	1,8	1,8	2,0	1,7
Sanluca	12,3	6,3	6,5	6,8	7,0	6,7
Capella	14,6	5,8	6,9	8,2	9,9	7,7
Cadasol	15,3	1,0	2,7	2,9	3,8	2,6
Olsavil	22,7	4,2	4,0	4,1	4,6	4,2
Mittel	18,2	3,5	4,3	4,9	6,0	4,7

* A: unbeschädigt; B: leichte Pressung; C: mittlere Beschädigung; D: starke Beschädigung

Variations-Grundlage	F	GD5%	GD1%	GD0,1%
B	11,81 ***	0,88	1,19	1,59
S	21,73 ***	1,40	1,89	2,51
BS	1,00	2,79	3,77	5,02

Der Wassergehalt in dem gut ausgereiften Material aus der 3. Ernte variierte zwischen 12,3 und 22,7 %. Unmittelbar nach der Ernte und Trocknung des Erntegutes bei 105° C lagen die FFA-Gehalte mit Ausnahme der Sorten „Capella“ (2,3 %), „Pablo“ (3,7 %) und „Sanluca“ (4,0 % deutlich unter dem Grenzwert von 2 % FFA im Öl (vgl. Tab. 10). Nach 8 Wochen Lagerung der ungetrockneten Muster blieben in der Variante A die Sorten „Eurosol“, „Frankasol“, „Rigasol“ und „Cadasol“ unter dem Grenzwert, wobei die Sorten „Frankasol“ und „Rigasol“ auch in den Varianten mit Beschädigung der Früchte weitgehend konstant blieben. In der statistischen Auswertung weist der F-Test deutliche Sortenunterschiede, aber auch einen Einfluss der Beschädigung der Früchte aus. Bei einer Lagerung der ungetrockneten Früchte in einem geschlossenen Plastikbeutel kam es zur Schimmelbildung und einem rasanten Anstieg der FFA-Gehalte, wobei sich der Grad der Beschädigung noch stärker auswirkte (Ergebnisse hier nicht mitgeteilt).

Nach Trocknung des Erntegutes bei 40°C auf einen Feuchtegehalt zwischen 8,2 und 9,2 % vor der Lagerung blieben die FFA-Gehalte deutlich niedriger, wie aus Tabelle 12 zu ersehen ist.

Tab.12: **FFA-Gehalte von getrockneten Sonnenblumenfrüchten mit unterschiedlich starker Beschädigung nach acht Wochen Lagerung in einer Halle** (Angaben in %)

	Feuchte in %	Trocknung bei 40 ⁰ C auf ca. 9 %				Mittel
		A*	B*	C*	D*	
Eurosol	8,6	0,4	0,4	0,6	0,5	0,5
Flavia	8,3	0,7	0,8	0,9	0,9	0,8
Fleury	9,2	0,9	1,1	1,1	0,8	1,0
Frankasol	8,7	0,9	0,8	0,8	1,2	0,9
Pablo	8,3	1,7	2,3	2,6	2,4	2,3
Rigasol	8,2	0,7	0,9	0,6	0,9	0,8
Sanluca	8,9	2,9	3,0	3,4	3,7	3,3
Capella	9,1	3,4	3,6	3,9	3,4	3,6
Cadasol	8,6	1,1	1,1	1,3	1,6	1,3
Olsavil	8,4	0,8	0,7	0,9	1,2	0,9
Mittel	8,5	1,4	1,5	1,6	1,7	1,5

* A: unbeschädigt; B: leichte Pressung; C: mittlere Beschädigung; D: starke Beschädigung

Variations-Grundlage	F	GD5%	GD1%	GD0,1%
B	5,10 **	0,18	0,24	0,32
S	126,41 ***	0,29	0,38	0,51
BS	1,00	0,57	0,77	1,03

Für Untersuchungen über den **Einfluss von Pilzbefall auf die FFA-Gehalte** wurden gesunde Körbe und Körbe mit sichtbarem Pilzbefall getrennt geerntet und analysiert. Nach der Ernte wurde ein Teil der Teil der Muster sofort bei 105°C getrocknet und der FFA-Gehalt bestimmt. Der andere Teil der Proben wurde bei 40° C auf eine Feuchte von ca. 9 % getrocknet und 4 Wochen in einer Halle gelagert.

Tab. 13: **FFA-Gehalte im Öl von Früchten gesunder und kranker Sonnenblumenkörbe nach der Ernte und nach einer Lagerung von 4 Wochen** (Angaben in %)

Sorten	Trocknung bei 105° nach der Ernte		Nach vier Wochen Lagerung	
	ohne Befall	mit Befall	ohne Befall	mit Befall
Eurosol	0,5	2,0	0,9	2,6
Flavia	1,0	6,3	2,7	6,6
Fleury	0,4	7,1	1,4	8,2
Frankasol	0,4	1,2	0,5	3,9
Pablo	0,3	-	0,4	-
Rigasol	0,6	2,7	0,9	8,4
Sanluca	0,4	-	0,4	-
Cadasol	0,2	10,0	0,6	12,3
Olsavil	0,4	6,3	1,2	11,5
Sunny	1,0	3,9	4,6	3,9
Mittel	0,5	4,6	1,4	7,2

Die Werte in Tabelle 13 zeigen deutlich, dass die Früchte aus gesunden Körben nur geringe FFA-Gehalte im Öl aufweisen und dass auch nach 4 Wochen Lagerung, mit Ausnahme der Sorte „Sunny“, der Grenzwert von 2 % nicht erreicht wird.

Bei den von Pilzkrankheiten befallenen Körben lag zur Ernte lediglich die Sorte „Frankasol“ im FFA-Gehalt unter 2 %. Während der 4-wöchigen Lagerung stiegen sie weiter an bis zu einem Höchstwert von 12,3 % bei der Sorte „Cadasol“.

Eine statistische Auswertung der gesamten Versuchsreihe ist in Tabelle 14 wiedergegeben:

Tab 14: **Statistische Auswertung zum Einfluss von Erntetermin, Sorte und Pilzbefall auf den FFA-Gehalt von Sonnenblumen**

Variations-Grundlage	F	GD5%	GD1%	GD0,1%
E Erntetermin	4,53 *	1,69	2,35	3,26
S Sorte	19,54 ***	2,76	3,83	5,33
ES	1,38	4,78	6,64	9,23
a Befall	109,90 ***	1,38	1,92	2,67
Ea	11,71 **	2,39	3,32	4,62
Sa	5,16 **	3,91	5,42	7,54
Esa	1,00	6,77	9,39	13,06

Der F-Test weist einen höchstsignifikanten Einfluss des Pilzbefalls und der Sorte aus wobei hochsignifikante Interaktionen zwischen Erntetermin und Befall sowie zwischen Sorte und Befall bestehen. Für den Erntetermin wird ein signifikanter Einfluss ausgewiesen, der wahrscheinlich aus einer Zunahme von Pilzkrankheiten bei späteren Ernteterminen resultiert.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass nach diesen Ergebnissen hohe FFA-Gehalte nicht durch eine mangelhafte Ausreife der Sonnenblumen verursacht werden, sondern durch zu feuchte Lagerung des Erntegutes, einhergehend mit Verpilzung oder durch Befall der Körbe mit Pilzkrankheiten auf dem Feld. Stets sind auch Sortenunterschiede nachweisbar und durch Beschädigung der Früchte beim Drusch werden die FFA-Gehalte während der Lagerung stärker erhöht als bei unbeschädigten Früchten.

8.1.5 Rohproteingehalt

Neben dem Ölgehalt und der Fettsäurezusammensetzung ist für die Verwendung der Sonnenblumenkerne in der Human- und Tierernährung der Rohproteingehalt und die Aminosäurezusammensetzung von Bedeutung. Die Beziehungen zwischen Öl- und Proteingehalt in der Sonnenblumenachäne sind eng und negativ (RUDORF 1961). SEIBEL (1978) fand eine umweltabhängige negative Beziehung zwischen Fett- und Eiweißgehalt, jedoch keine genotypische Korrelation. DJAKOV (1986) betont, dass keine gegensätzlichen Biosynthesewege für Fett und Eiweiß bestehen. Die Züchtung auf gleichzeitig höheren Öl- und Eiweißgehalt ist demnach möglich (SKORIC et al. 1978b, STANOJEVIC et al. 1992, FICK and MILLER 1997). Die Abhängigkeit des Rohproteingehaltes der Frucht vom Schalenanteil ist wesentlich geringer als die des Ölgehaltes vom Schalenanteil (SEIBEL 1978, SCHUSTER et al. 1980). Auch ist

die Umweltvariabilität des Rohproteingehaltes in der Frucht geringer als die des Fettgehaltes. Zwischen 6 stark differenzierten Standorten schwankten die Rohproteinanteile von 17,1% unter kühlen Wachstumsbedingungen bis 20,8% unter hohen Temperaturen. Aber auch zwischen den hier untersuchten Sorten lagen die Unterschiede nur zwischen 18,4% und 20,1% (SCHUSTER und SEIBEL 1977). Dagegen berichtet FICK (1978) über eine Variabilität des Rohproteingehaltes in der Frucht zwischen kultivierten Sonnenblumen von 9 zu 24% und im Samen von 24 bis 40%. Eine große Zahl von Autoren berichtet von Sorten- und Linienerunterschieden im Eiweißgehalt der Sonnenblume (siehe SKORIC 1988). Auch ist die Variabilität innerhalb von Populationssorten (frei abblühende Sorten) im Proteingehalt beachtlich groß, wie Abbildung 32 zeigt. Zwischen und in Wildarten lässt sich eine noch größere Variabilität finden (PUSTOVOIT and KRASNOKUTSKAYA 1975, MOROSOV 1980, BEDOV and SKORIL 1981, SEILER 1985a, 1988). GEORGIEVA-TODOROVA and KHRISTOVA (1975) fanden in entfeteten Samen von *H. rigidus* bis zu 71% Rohprotein. Nach LAFFERIER (1986) ist der höhere Proteingehalt der Wildformen vor allem durch die schmalere Frucht bedingt.

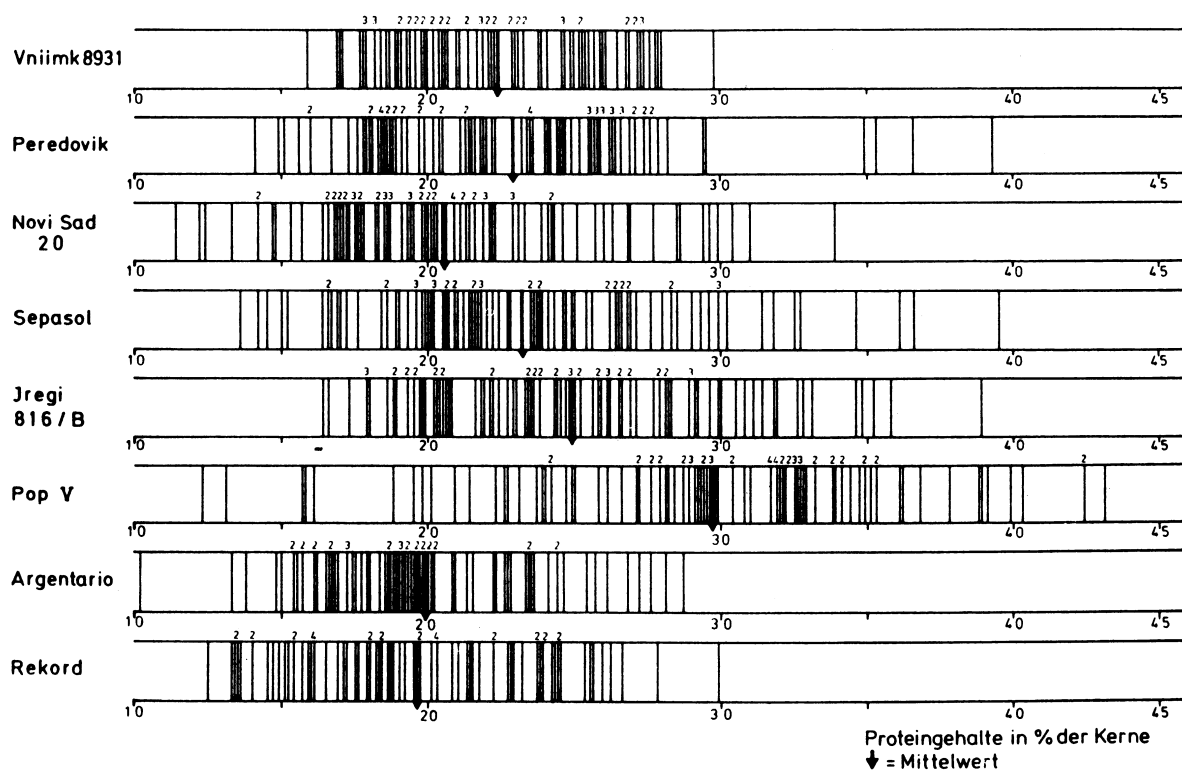


Abb. 32: Variabilität des Proteingehaltes von je 100 Sonnenblumenkernen innerhalb unterschiedlicher Sorten (aus SCHUSTER et al. 1980)

Nach PARK et al. (1997) beinhalten Sonnenblumenmehle aus neueren Hybridsorten 26 bis 50 % Rohprotein, 12 bis 33 % Rohfaser und 1 bis 9 % Rohfett. Ein hoher Rohfasergehalt von 16 bis 31 % wird als Diätfutter bei Milchfettdepressionen und in der Schweinefütterung eingesetzt.

Die Vererbung des Proteingehaltes war in Kreuzungen von STOYANOVA and IVANOV (1975) intermediär oder prävalent für den Elter mit dem niedrigen Proteingehalt.

Die Züchtung von Sonnenblumen auf hohe Fett- und Eiweißgehalte in den Achänen sollte auf die Summe von beiden Qualitätsmerkmalen selektieren, wobei der Senkung des Schalenanteils wegen der verhältnismäßig engen Korrelation zwischen Schalenanteil und Fettgehalt besondere Aufmerksamkeit zukommt.

8.1.6 Aminosäurezusammensetzung des Proteins

Ein wichtigeres Zuchtziel als der Proteingehalt ist die Verbesserung des Proteinmusters der Sonnenblume (KINMAN 1972). Es ist gekennzeichnet durch einen vergleichbar niedrigen Gehalt an Albumin (17 bis 23%) und einen hohen Anteil an Globulin (55 bis 60%). Gluteline sind mit 11 bis 17%, Prolamine mit 1 bis 4% und Nicht-Proteinstickstoffverbindungen unter 11% des Gesamtstickstoffs in extrahiertem Sonnenblumenmehl vertreten (DORRELL 1978). Sonnenblumenextraktionsschrot hat einen essentiellen Aminosäureindex von 68 gegen Vollei = 100 und Soja = 79.

Die Aminosäurezusammensetzung des Sonnenblumenschrotes in g je 100 g Rohprotein im Vergleich zu Sojabohnen und Raps ist aus Tabelle 15 zu ersehen (aus HUGGER 1989).

Tabelle 15: **Aminosäuremuster verschiedener Ölsaatschrote in g/100 g Rohprotein**
(aus BONJEAN 1986 aus HUGGER 1989)

Aminosäure	Sonnenblume	Raps	Soja
Threonin	3,65	4,45	4,10
Valin	5,60	5,25	5,30
Isoleucin	4,65	4,05	5,00
Leucin	6,40	6,85	7,80
Phenylalanin	4,85	4,00	5,15
Tyrosin	2,75	3,15	3,85
Methionin	2,25	2,15	1,50
Cystein	1,95	2,85	1,75
Lysin	3,65	5,70	6,50
Histidin	2,50	2,65	2,70
Arginin	8,50	6,10	7,40

Die am stärksten limitierende essentielle Aminosäure ist Lysin mit 3,65 % im Rohprotein (6,0 bis 6,5 % im Sojaschrot) (siehe auch PARK et al. 1997). Abweichend von dem in Tabelle 14 dargestellten Aminosäuremuster wurden deutliche Sortendifferenzierungen gefunden. IVANOV (1975) berichtet von I-Linien mit 70,2% Rohprotein und 5,2% Lysin im Eiweiß. Die Selektion auf Formen mit verändertem Aminosäuremuster und mit hohem Lysinanteil ist demnach durchaus erfolgversprechend (FERNANDEZ-MARTINEZ and ALBA 1984).

BORODULINA and SUPRUNOVA (1979) errechneten eine positive Korrelation zwischen Ölgehalt und Lysinanteil von $r = 0,7$. Der Lysingehalt im Protein war jedoch mit dem Eiweißge-

halt in den Samen mit $r = -0,6$ negativ korreliert. Der Lysingehalt stand jedoch in enger Beziehung zu den wasserlöslichen Proteinen ($r = 0,8$).

8.1.7 Andere Sameninhaltsstoffe

Auch für weitere Sameninhaltsstoffe besteht eine deutliche genetische Variabilität, über die DORRELL (1978) berichtet. In der Weiterentwicklung der Qualitätszüchtung bei Sonnenblumen finden diese in den Zuchtzielen verstärkt Berücksichtigung (DORRELL and VICK 1997, JOVANOVIĆ et al. 1997-98).

Der **Tokopherolgehalt** (KURNIK 1967, BERINGER und DOMPERT 1976) im Sonnenblumenöl mit seiner Funktion als Vitamin E und Antioxidans ist hier vor allem von besonderem Interesse, er ist höher als in allen anderen Pflanzenölen (DORRELL and VICK 1997). Sonnenblumentokopherole bestehen zu 90% aus α -Tokopherol, so dass meist mit dem Gesamt-Tokopherolgehalt gearbeitet werden kann. JOSIC et al. (2000) fanden jedoch auch I-Linien mit 50 % α - und 50 % β -Tokopherolgehalten, die von einem einfach rezessiven Gen gesteuert werden. Ein anderes einfach rezessives Gen (ph2) kontrolliert zu 95 % das γ - und zu 5 % das α -Tokopherol (siehe auch DEMURI 1993).

Über Sortenunterschiede im Tokopherolgehalt von 551 mg/kg Öl bei „Sobrid“, bis 805 mg/kg Öl bei „HA 89 x RHA 266“ berichten MARQUARD et al. (1977) in Abbildung 33.1, wobei deutliche Wechselwirkungen zwischen Sorten und Umweltbedingungen (Standorte und Jahre) auftreten (siehe Abb. 33.2). Der Tokopherolgehalt war mit dem Linolsäuregehalt mit $r = 0,38$ und mit dem Palmitinsäureanteil mit $r = 0,30$ nur schwach positiv korreliert, zum Ölgehalt der Samen bestand keine direkte Beziehung (SEIBEL 1978). MARQUARD (1980) stellte fest, dass unter für hohe Fettgehalte günstigen Bedingungen (Jahreswitterung oder Standortbedingungen) die Tokopherolgehalte niedrig liegen, während unter für den Fettgehalt ungünstigen Konstellationen hohe Tokopherolgehalte im Öl zu erwarten sind. Nach den Untersuchungen von MARQUARD et al. (1977), die an frei abgeblühtem Material aus Sortenversuchen und gleichzeitig an Früchten aus Befruchtungen innerhalb der Sorten vorgenommen wurden, besteht eine gegensinnige Korrelation zwischen Fett- und Tokopherolgehalt bei genetischen und umweltbedingten Einflüssen auf den Fettgehalt. Es konnte eine Beeinflussung des Tokopherolgehaltes durch den väterlichen Pollen, wie bei den Fettsäuren, festgestellt werden. Deshalb ist bei vergleichenden Untersuchungen darauf zu achten, dass die Befruchtung innerhalb der Sorte stattgefunden hat.

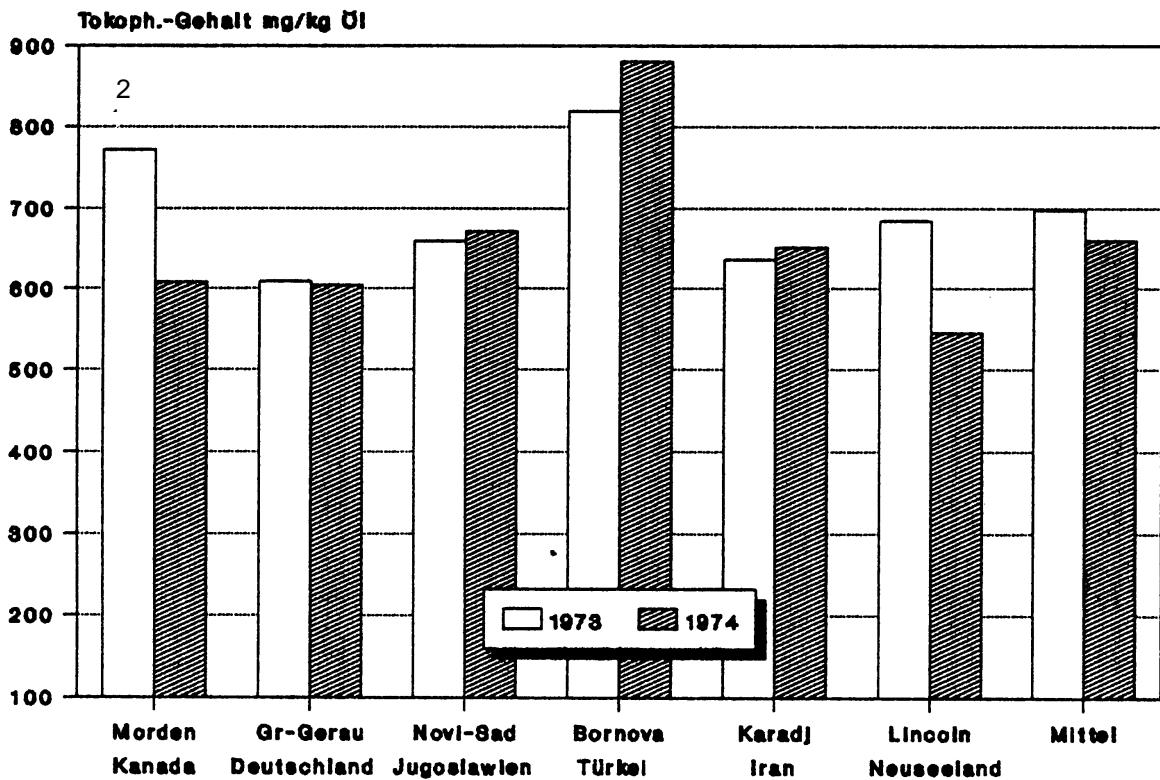
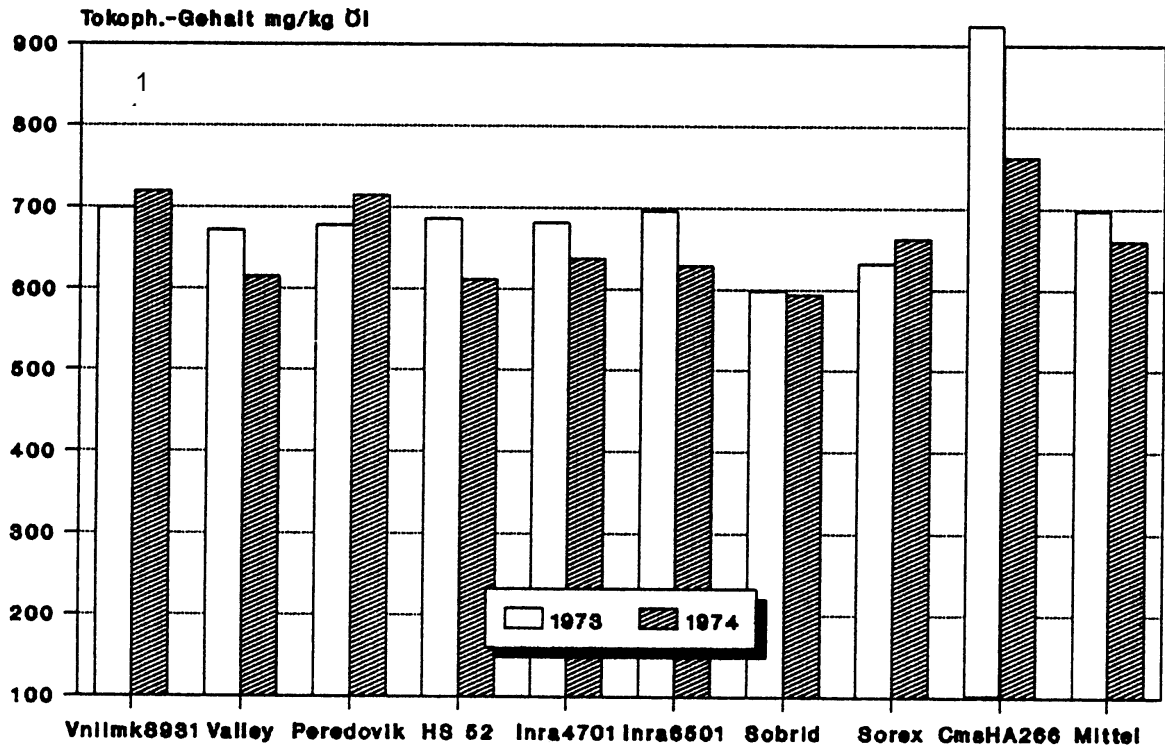


Abb. 33: Tokopherolgehalt im Öl – Befruchtung innerhalb der Sorte

(aus MARQUARD et al. 1977)

1. Sorten- und Jahresunterschiede im Mittel von 6 Standorten

2. Der Einfluss des Standortes und des Jahres im Mittel von 9 Sorten

Die **Chlorogensäure**, eine Poly-Phenolsäurekomponente, und deren genotypische Variabilität ist von besonderem Interesse, da sie als unerwünschter Inhaltsstoff die Verfärbung der geschälten Kerne und des Sonnenblumenmehls verursacht, so dass es nicht für die Humanernährung geeignet ist. DORRELL (1976, 1978) fand Unterschiede zwischen Wildformen von 1,5 bis 2,7 % Chlorogensäure und von 1,1 bis 4,5 % zwischen Inzuchtlinien. IVANOV (1975) berichtet von Genotypen in I_6 ohne Chlorogensäure.

Weitere Sameninhaltsstoffe, die in der Qualitätszüchtung ggf. zu berücksichtigen sind: Lecithin, Phosphatide, β -Carotine, Sterole und Vitamine (Nikotinsäure, Riboflavin, Biotin) sowie Mineralstoffe. Auch antinutitive und toxische Inhaltsstoffe wie Aginase- und Trypsin-Inhibitoren sind zu beachten (siehe DORRELL 1978, DORELL and VICK 1997). KONAREV et al. (2000) berichten über Unterschiede in Samen und Blättern von Protein-Inhibitoren bei verschiedenen *Helianthus*-Arten. FICK and MILLER (1997) weisen darauf hin, dass für das Sonnenblumenmehl und für die Nutzung der Kerne im Direktverzehr in USA ein niedrig Cadmiumgehalt gefordert wird (CHANEY et al. 1993).

8.2. Qualitätsaspekte bei weiteren Nutzungsrichtungen

8.2.1 Anbau zur Grünfuttergewinnung

Wegen ihrer Anspruchslosigkeit und Schnellwüchsigkeit kann die Sonnenblume eine wertvolle Grünfutter- und Gründüngungspflanze sein (SCHUSTER 1958, 1970b, 1977, STEIKHARDT 1961, SCHUSTER und BOYE 1971b, ROBLES-SANCHEZ 1978, ABDULLAHI and ADO 1988). Ihre Leistungsfähigkeit im Zweitfruchtanbau nach überwinternden Futterpflanzen und im Stoppelfruchtanbau nach Wintergerste oder Sommergerste ist unbestritten (siehe auch SCHUSTER 1987). Im Zweitfruchtanbau nach Winterroggen-Gemenge können mit entsprechenden spätblühenden, hochwachsenden Züchtungen bei Ernte in Siloreife (mehr als 50 % der Pflanzen blühen) 150 dt/ha Trockenmasse geerntet werden. Auch im Stoppelfruchtanbau (z.B. nach Wintergerste) sind in günstigen Lagen noch 60 bis 80 dt/ha Trockenmasse für Silagezwecke und zur Erzeugung von Biomasse als Nachwachsender Rohstoff zu erzielen (SCHUSTER 1987).

Als Gründüngungspflanze angebaut, liegt ihr wesentlicher Vorteil in einer weitgehenden Resistenz gegen die verschiedenen Nematoden (SCHUSTER 1977). Für den Gemengeanbau mit Mais eignen sich nur spätblühende Formen, die an den langsameren Wachstumsrhythmus des Mais angepasst sind wie die Sorte „Giganta“ (Abb. 34).

Der Futterwert der Sonnenblume ist unterschiedlich zum Silomais (siehe auch Abschnitt 2). Dementsprechend ist sie auch anders in der Tierfütterung einzusetzen (nach DLG-Futterwerttabelle):

	Trocken- masse %	Verd. Roh- protein %	Stärke- wert	Ballast	Eiweiß- Stärkewert Verhältnis 1:1
Silomais	18	10	95	56	9
Sonnenblume	14	7	75	42	11



Abb. 34: **Sonnenblumen-Mais-Gemenge (2/3 Mais + 1/3 Sonnenblumen) als Hauptfrucht neben "Giganta" in Reinsaat (links) (aus SCHUSTER 1993)**

Die wichtigsten Zuchtziele zur Grünnutzung und deren Qualitätsverbesserung sind:

- Hoher **Blattanteil** durch kurze Internodien, viele und große Blätter. Je höher der Blattanteil, um so höher der Eiweißgehalt und geringer der Rohfaseranteil. Es ist eine beachtliche Variabilität zwischen Sorten und Linien im Rohproteingehalt und im Rohfaseranteil festzustellen (siehe SCHUSTER 1958, 1993).
- **Hochwüchsigkeit**, da diese mit $r = 0,86$ mit dem Trockenmasseertrag korreliert ist.
- Je nach Nutzungsrichtung, für den Stoppelfrucht- oder Zweitfruchtanbau entsprechend **fotoperiodisch** unterschiedlich reagierende Formen (SCHUSTER und BOYE 1971a und b). Für den Stoppelfruchtanbau sind mittelfrüh bis mittelspät blühende Typen mit geringer Kurztag- oder tagneutraler Reaktion zu selektieren. Für den Zweitfruchtanbau bzw. Gemengeanbau mit Mais sind Formen mit stärkerer Kurztagreaktion, die im langen Tag in Mitteleuropa hochwachsend sind, spät blühen und viel vegetative Masse produzieren, am besten geeignet. Diese Formen können auch für eine hohe Produktion an Biomasse bzw. Zellulose (Nachwachsende Rohstoffe) geeignet sein.
- Fehlende oder geringe und weiche **Behaarung**, um die Fresslust und die Futteraufnahme für die Grünfütterung zu erhöhen.

SEILER (1986c) fand einige Unterschiede in der Futterqualität zwischen wilden Sonnenblumenarten und empfiehlt, diese durch interspezifische Kreuzungen zu nutzen.

8.2.2 Verwendung der Früchte für die direkte menschliche Ernährung

Ein steigender Anteil von Sonnenblumenfrüchten wird der direkten menschlichen Ernährung als „Knabbersonnenblumen“ in Russland und im Orient oder als „geschälte Sonnenblumenkerne“ („In-shell“) in USA und Kanada zugeführt (LOFGREN 1978, 1997). Auch in der Bäckerei als Backzusatz finden Sonnenblumenkerne zunehmend Verwendung (siehe auch Abschnitt 3 „Wirtschaftliche Verwertung“). Für diese Nutzungsrichtung sind folgende Zuchtziele von Bedeutung:

- Große Achänen mit locker sitzendem Kern, die sich leicht mechanisch schälen lassen. Hier ist der Schalenanteil an der Gesamtf Frucht höher (s. Abschnitt 7.6 und .8.1.1).
- Schälbarkeit der Früchte (LOFGREN 1992)
- Hoher Eiweißgehalt mit einem hohen Anteil an essentiellen Aminosäuren. Der Ölgehalt kann dabei unter 40% im Kern liegen. Bis heute werden hierfür, wie auch für die Nutzung als Vogelfutter, weiß und dunkelgrau gestreifte oder rein weiße Achänen bevorzugt. Die Fruchtschalenfarbe ist jedoch nach KNOWLES (1978) nicht mit anderen Eigenschaften wie Öl- oder Eiweißgehalt, Schalenanteil usw. gekoppelt.

Die Variabilität für die Nutzung als „Nichtölsaart“-Sonnenblume ist im weltweiten Anbau ebenfalls sehr groß (LOFGREN 1978, 1997).

8.3 Anbau als Zierpflanze

Die verschiedensten *Helianthus*arten werden seit altersher als mehrjährige und einjährige Zierpflanzen wegen ihres Blütenreichtums und den verschiedensten Blütenformen und -farben angebaut (PUTT 1978). Zur Nutzung als Schnittblumen erfreut sich die einjährige *Helianthus annuus* weltweit zunehmender Beliebtheit.

Die Variabilität der Röhren- und Zungenblütenfarbe ist durch die verschiedensten Kombinationsmöglichkeiten, noch dazu im Zusammenspiel mit den unterschiedlichen Verzweigungsformen und der Blütenfüllung (verlängerte Röhrenblüten) beeindruckend (siehe ÖSTERREICHISCHER AGRAR-VERLAG 1998).

Über die Vererbungsverhältnisse der Blütenfarben, der Anthocyanausbildung (violette Färbung), Blütenfüllung (*Chrysanthemum*-Formen), Verzweigung u.a.m. berichten zusammenfassend FICK (1978) und SECEROV-FISER and SKORIC (1988). Interessante Qualitätsmerkmale für die Nutzung als Zierpflanze und Schnittblume sind:

- Für Schnittblumennutzung:
 1. Einstängeligkeit bei Wuchshöhen von 120 bis 180 cm, 2. Mittelfgroße bis große Blütenköpfe, 3. relativ lange, im dichten Kranz fest sitzende Zungenblüten, 4. Aufrechte bis schräg nach oben stehende Blütenköpfe (1 und 2 in Abb. 10), 5. Leuchtend gelbe, auch zitronengelbe bis orangefarbige Zungenblüten, 6. Dunkel violette, dunkelbraun bis rot gefärbte Korbmitte (Röhrenblüten), 7. Röhrenblüten ohne Blütenstaub als männlich sterile Pflanzen (CMS-Formen), die keine „Verschmutzung“ durch ausfallende Pollen verursachen, 8. Gesundes, nicht zu dichtes Laub (Beblattung), 9. Feste, nicht zu stark behaarte Blätter, 10. Feste Stängel, die im Wasser nicht faulen, 11. Lange Blühdauer (8 bis 14 Tage)
- Zierpflanzen auf Rabatten und Einfriedungen:

1. Einstängelig oder mit langen Seitenzweigen erster Ordnung, 2. mehrjährig oder einjährig, 3. alle übrigen Eigenschaften wie oben.

- Als Topfpflanzen:

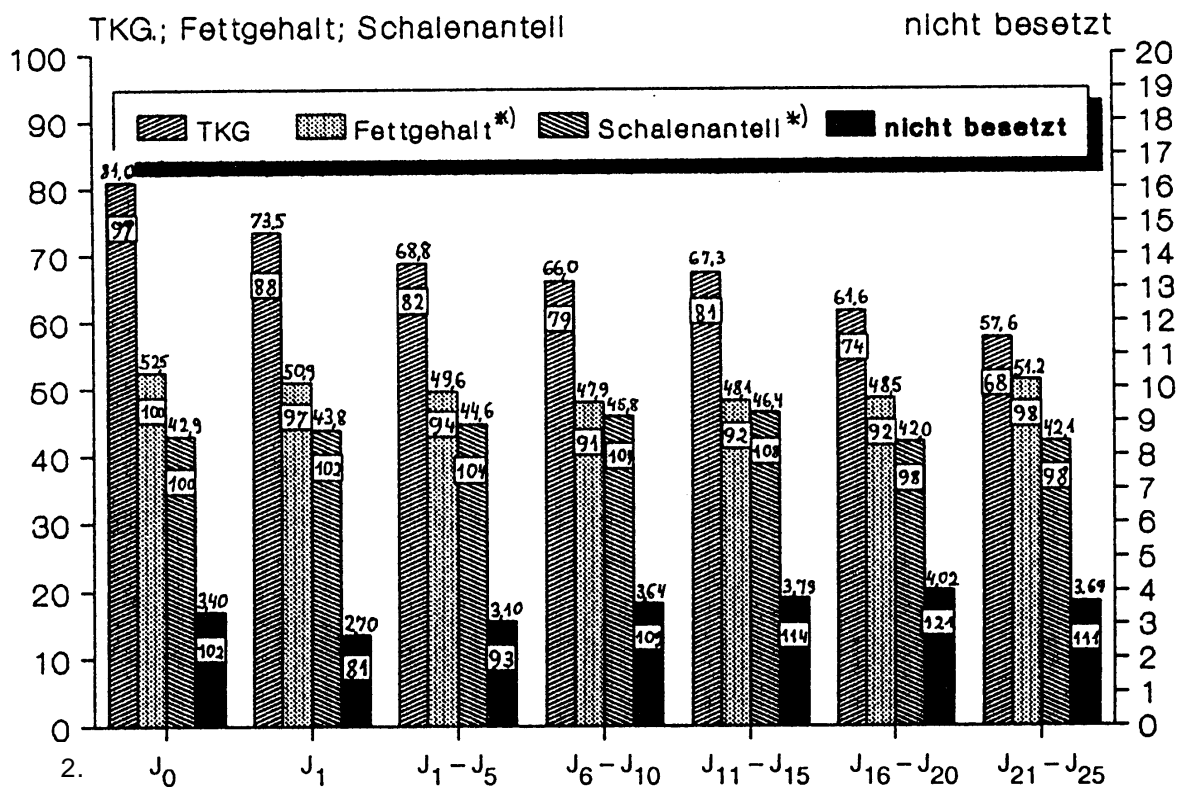
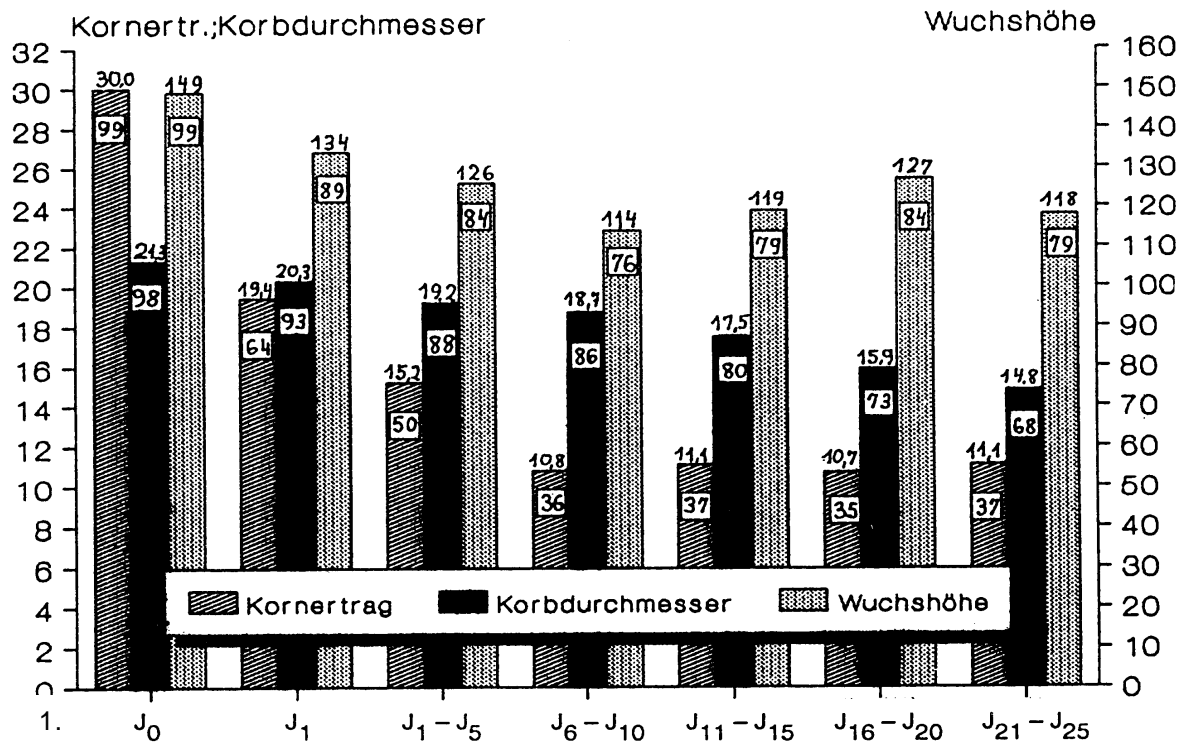
1. Kurz wachsend im Topf (30 bis 50 cm hoch), 2. Einstängelig, eventuell auch mit seitlichen Knospen, 3. die übrigen Eigenschaften wie oben.

Für den Gewächshausanbau wird zur Stängelverkürzung die Behandlung mit CCC-Mitteln oder „Ethephon“ empfohlen (BLAMEY and ZOLLINGER 1997).

9 Stand der Züchtung, Sortenwahl

9.1 Inzuchtung und Heterosis

Wie schon in Abschnitt 5.2 „Blühverlauf und Befruchtung“ dargelegt, ist die Sonnenblume eine durch ihre Blütenbiologie und die Insektenbestäubung in starkem Maße fremdbefruchtende Pflanze, die jedoch bei erzwungener Selbstbefruchtung in ausreichendem Maße selbstfertil ist (siehe auch FICK and MILLER 1997). Sie unterliegt, ähnlich wie der Mais, bei fortgesetzter Selbstung zur Erreichung von Homozygotien für die einzelnen Merkmale unterschiedlichen Inzuchtdepressionen, wie in Abb. 35 zu sehen ist (SCHUSTER 1980).



*) ältere Formen mit geringem Ölgehalt ←= relativ zu Standard = 100

Abb. 35: Inzuchtwirkung von J₀ bis J₂₅ bei Sonnenblumen aus den Jahren 1948 bis 1975 (aus SCHUSTER 1993)

1. Korntrug dt/ha; Wuchshöhe cm; Korbdurchmesser cm
2. Nicht besetzt in Korbmitte cm; Tausendkorngewicht g; Fettgehalt im Kern % ATM; Schalenanteil %

Auch treten die Inzucht-Minima, nach denen keine weiteren Veränderungen durch spätere I-Generationen mehr stattfinden, bei den Merkmalen in unterschiedlichen Generationen auf, wie Abbildung 35 zeigt.

Die stärksten Inzuchtdepressionen sind bei dem komplexen Merkmal Kornertrag festzustellen, dagegen sind beim Fettgehalt und Kernanteil (= umgekehrter Schalenanteil) nur geringe Depressionen und beim Merkmal „nicht besetzt in der Korbmitte“ keine Einflüsse der fortschreitenden Inzuchtung festzustellen. Diese Inzuchtdepressionen erschweren die Selektion auf die betreffenden Merkmale, trotzdem können schon an den Relationen der Merkmalausprägungen zwischen den selektierten Linien in den ersten I-Generationen positive und negative Aufspaltungen für eine große Zahl von Merkmalen erkannt werden. Die stärksten Depressionen treten infolge der Aufdeckung von rezessiven Letal- und Subletalfaktoren in I_1 auf. Vor allem können Resistenzgene in den frühen I-Generationen erkannt werden. Es besteht die Notwendigkeit der Selektion während der fortschreitenden Inzuchtung bis zur ausreichenden Homozygotie. Auch auf Qualitätsmerkmale wie Ölgehalt u.ä. kann frühzeitig zwischen den Pflanzen in frühen I-Generationen ausgelesen werden. Wegen der starken Aufspaltungen (siehe Abb. 36.2) ist es notwendig, in den frühen I-Generationen nicht zu wenig Nachkommen auszusäen, um ausreichende Selektionsmöglichkeiten zu haben und nicht zu viele, eventuell wertvolle Genotypen zu verlieren. Die Unterschiede in der Merkmalsausprägung und in den Inzuchtdepressionen zwischen den I-Linien sind sehr groß (SCHUSTER 1964).



Abb. 36: **Inzuchtdepressionen** (aus SCHUSTER 1993)

1. I-Linie (Restorer) in I_5 neben Hybrid
2. Aufspaltungen nach Selbstung in I_2

Den starken Inzuchtdepressionen nach über mehrere Generationen fortgesetzter Selbstung stehen die Vorteile gegenüber: 1. Aufdeckung von rezessiv positiven Genen, die somit einer Hybrid- oder Kombinationszüchtung zugeführt werden können. 2. Sichtbarwerden von negativen Eigenschaften, die so ausgemerzt werden können. 3. Erstellung von homozygoten I-Linien für die Hybridzüchtung.

IVANOV (1975) weist besonders auf den Wert der Inzüchtung für die Aufdeckung von Qualitätsmerkmalen hin.

Über die Auswirkungen der Inzüchtung bei Sonnenblumen liegen aus den verschiedensten Gebieten der Erde Veröffentlichungen vor, über die FICK (1978, FICK and MILLER 1997) zusammenfassend berichtet (siehe auch SKORIC 1988). Alle Ergebnisse sind den in Abbildung 35 und 36 dargestellten ähnlich.

Die Erstellung von ausreichend homozygoten Inzuchtlinien lässt sich durch eine zweite Generation im Gewächshaus über Winter oder, auf der anderen Erdhälfte, im dortigen Sommer wesentlich beschleunigen.

Der Inzuchtdepression steht die „faszinierendste Erscheinung der Biologie“ (SCHNELL 1978), die „Heterosis“ bei der Sonnenblume, gegenüber. Wie bei Mais, so liegen auch bei der Sonnenblume aus aller Welt Berichte über Heterosiserscheinungen vor, d.h. über bessere Leistung in F_1 als bei den Eltern (über „Heterosis“ siehe u.a. SCHUSTER 1992b). SHULL (1952) berichtet, dass er schon 1905 eine starke Heterosiswirkung nach Kreuzung zwischen einer kultivierten Sonnenblumensorte und einer Wildform beobachtete. Die Eltern waren 5 und 6 Fuß hoch, während der Hybrid im Mittel eine Wuchshöhe von 10,5 Fuß erreichte. Aus den 30er Jahren berichten MOROSOV (1934) und JAGODKIN (1937) über Mehrerträge bis 22 % bzw. 60 % nach Kreuzung geeigneter Inzuchtlinien. Auch UNRAU and WHITE (1944) sowie UNRAU (1947) erhielten in Kanada Mehrleistungen bis zu 60 % von Hybriden in F_1 . In den Untersuchungen von SCHUSTER (1964 und 1993) hatte der Kornertrag die höchsten Hybriddeffekte (maximal 170 % zur Ausgangspopulation). Dass im Mittel aller Kreuzungen der Kornertrag 19 % unter der Ausgangspopulation lag, wird mit mangelndem „Wahlvermögen“ bei der zufälligen Kreuzung (ohne Selektion der Partner) stark differenzierter I-Linien erklärt (SCHUSTER 1964). Die meisten Untersuchungen (FICK 1978, FICK and MILLER 1997, MILLER and FICK 1997) weisen, wie auch die Ergebnisse von SCHUSTER (1964), auf eine spezifische Kombinationseignung der Linien hin.

Aber nicht nur die Mehrleistung der Hybriden (Heterosis), sondern auch die Ausgeglichenheit in Wuchshöhe, Blüte und Abreife ist ein wesentlicher Vorteil für den Anbau von Hybriden, wie Abbildung 37 erkennen lässt.



Abb. 37: Hybriden (rechts) neben frei abblühender Sorte (links); zu beachten sind die Unterschiede in der Ausgeglichenheit (Homogenität) der Wuchshöhe und des Blühbeginns der einzelnen Pflanzen (aus SCHUSTER 1993)

9.2 Hybridzüchtung

Die Nutzung dieser deutlichen Heterosis-Effekte und die Ausgeglichenheit im Wuchs, in der Blüte und der Reife sowie die schnelle Kombinierbarkeit von nützlichen Eigenschaften in der Resistenz und der Qualität aus verschiedenen Genotypen lässt sich relativ einfach mit der Hybridzüchtung erreichen. Diese war, wie schon betont, erfolgreich seit der Entdeckung einer stabilen cytoplasmatisch und kerngenisch gesteuerten männlichen Sterilität in Clermont-Ferrand/F. (LECLERCQ 1969) in einer Kreuzung *H. petiolaris* x *H. annuus* (Sorte „Arma-virski 9345“) und von Restorer-Genen zur Wiederherstellung der Fertilität (KINMAN 1970, ENNS et al. 1970) möglich (siehe auch SCHUSTER 1993 und Abb. 38) Schon 1976 wurden 80 % der amerikanischen Hybriden auf dieser CMS Basis produziert (MILLER 1987).

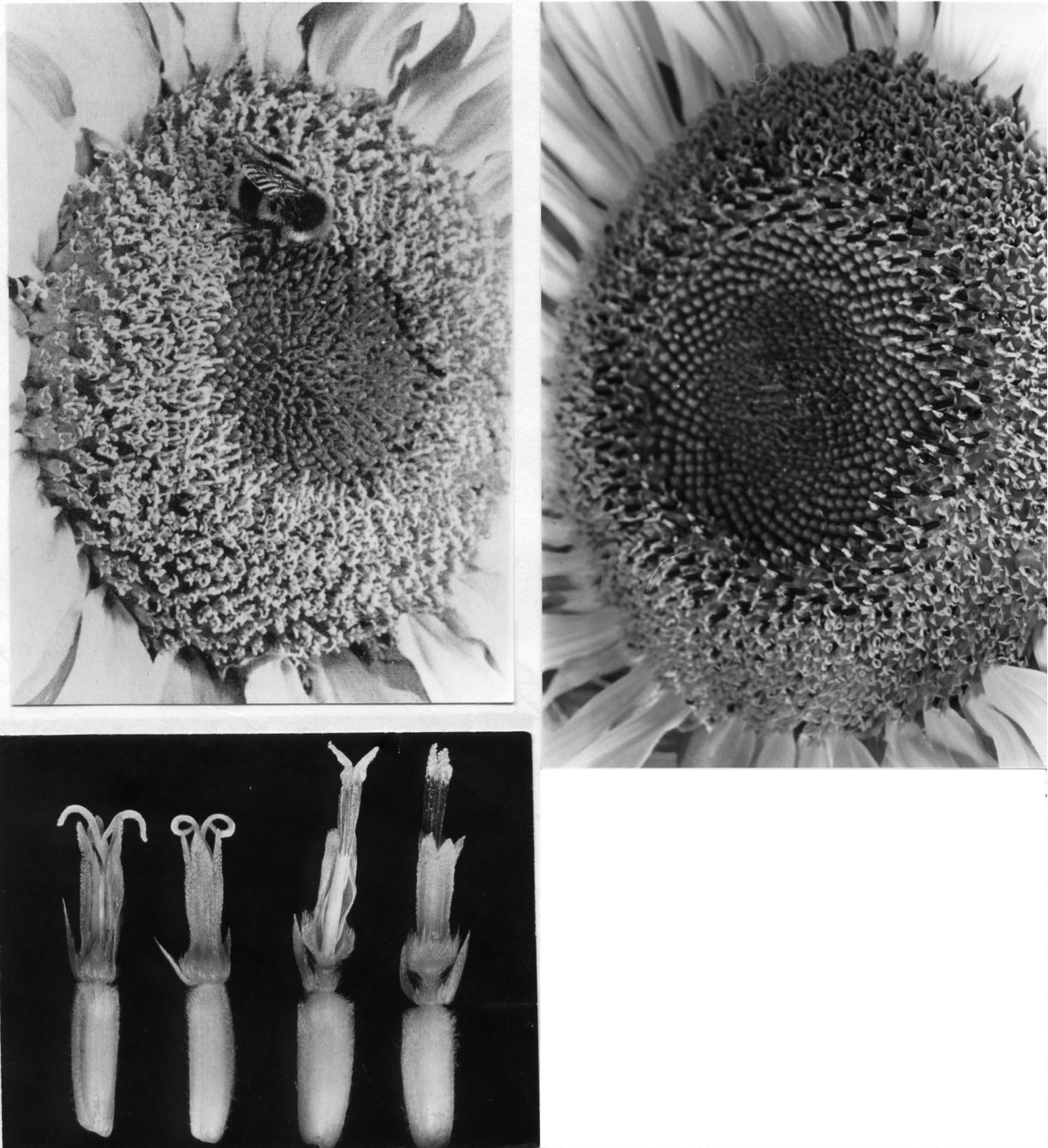


Abb. 38: **Cytoplasmatisch + kerngenetisch ausgelöste männliche Sterilität;** rechts normal fertil; darunter je zwei Röhrenblütchen aus obigen Blütenkörben, das jeweilige linke Blütchen geöffnet (aus SCHUSTER 1993)

Da die Verwendung der gleichen Plasma-Basis in allen Hybrid-Sorten der Welt eine große Gefahr für Krankheitseinbrüche, wie beim Mais vor einigen Jahren durch das Auftreten von *Helminthosporium maidis* geschehen, mitbringt, wird in allen Sonnenblumen anbauenden Ländern der Erde nach neuen Plasmafaktoren der CMS gesucht (bis 1988 siehe SCHUSTER 1993). Danach werden viele Veröffentlichungen über neue CMS Plasmen für die männliche Sterilität der Sonnenblume bekannt, vor allem aus anderen *Helianthus*-Arten und aus interspezifischen Kreuzungen z.B.: CHRISTOV (1990, 1999); HAHN und FRIEDT (1992); SERIES (1994); HORN et al. (1995); HORN and FRIEDT (1996, 1997); KORELL et al. (1996b); HORN

Nachkommen ergeben (siehe SKORIC 1988, SCHUSTER 1993, HORN et al. 1994, HORN and FRIEDT 1997). HORN et al. (2000) geben eine genetische Analyse der Wiederherstellung der Fertilität in Sonnenblumen.

Restorer-Gene lassen sich in vielen Wildarten und deren Kreuzungen für die verschiedensten CMS-Typen selektieren (CHRISTOV et al. 1996). SKORIC et al. (1988) geben einen Überblick über die bis dahin gefundenen R-Gene. Neue Maintainer (B-Linien) und Restorer (C-Linien) lassen sich auch aus entsprechenden Genpools, die durch Kreuzungen von bekannten, leistungsfähigen Maintainer-Linien bzw. Restorer-Linien jeweils getrennt untereinander hergestellt wurden, selektieren. Gezielte Kombinationskreuzungen sowie Einkreuzungen von Wildarten für die Kombination mit besonderen Resistenz- oder Qualitätseigenschaften sind hierbei hilfreich (HAMMANN and FRIEDT 1992).

Mit Hilfe der Elektrophorese (LEROY 1985, LEROY et al. 1985) kann CMS-Plasma schnell erkannt werden (KÖHLER und FRIEDT 1993). Die Untersuchungen von HUSTEDT (1994) geben einen Einblick in die molekularbiologischen Zusammenhänge der cytoplasmatischen männlichen Sterilität bei der Sonnenblume (siehe auch HORN 1991, HORN et al. 1992, 1994, 1995, HAHN et al. 1992, HAHN and FRIEDT 1994).

Die Hybridzüchtung läuft folgerichtig in 3 Schritten ab: Inzüchtung, Testung auf Kombinationsfähigkeit und Leistung, Saatgutproduktion. Hierzu siehe SKORIC (1988) und SCHUSTER (1993).

Theoretisch können über die CMS-Sterilität bei der Sonnenblume die gleichen Hybridformen wie beim Mais hergestellt werden (SCHUSTER und ROJC 1980): Einfach-Hybriden = $A_{cms} \times B_R$; Dreiwege-Hybriden = $(A \times B)_{cmsF1} \times C_R$; Doppel-Hybriden = $(A \times B)_{cmsF1} \times (C_{cms} \times D_R)F_1$; Topcross-Hybriden = $A_{cms} \times Population_R$ oder $(A \times B)_{cmsF1} \times Population_R$; Synthetische Sorten = Linien-Gemisch von 3 - 8 Linien mit guter allgemeiner Kombinationsfähigkeit.

Diese Hybridformen unterscheiden sich im Grad der Heterozygotie und im Grad der Heterogenität. Die Heterogenität nimmt von den vollständig homogenen Einfach-Hybriden bis zu den Topcross-Hybriden und Synthetischen Sorten zu, ebenso die Heterozygotie. Eine hohe spezifische Leistungsfähigkeit ist von den mehr homogenen Hybriden zu erwarten, eine hohe Leistungsstabilität sollte dagegen in stärker heterogenen Hybriden gegeben sein. Dies bestätigte sich weitgehend in einer entsprechenden Versuchsreihe in zwei Jahren auf je 4 differenzierten Standorten (SCHUSTER et al. 1984, STAMM 1986). Abbildung 40 zeigt den Kornertrag und die jeweilige Heterosis (Elternmittel = 100) der verschiedenen Hybridformen.

Den höchsten Ertrag brachten im Mittel der 8 stark differierenden Umwelten die Dreiwege-Hybriden mit 2 dt/ha Mehrleistung zu den Einfachhybriden und einer Heterosis von 158 % über dem Elternmittel. Einzelne Einfach-Hybriden, die hier 135 % Heterosis-Mittel in diesen 8 Umwelten hatten, waren jedoch unter günstigen Umweltbedingungen den Dreiwege-Hybriden überlegen. Die Umweltstabilität (STAMM und SCHUSTER 1985) war bei den mehr heterozygoten Hybridformen besser als bei den Einfachhybriden.

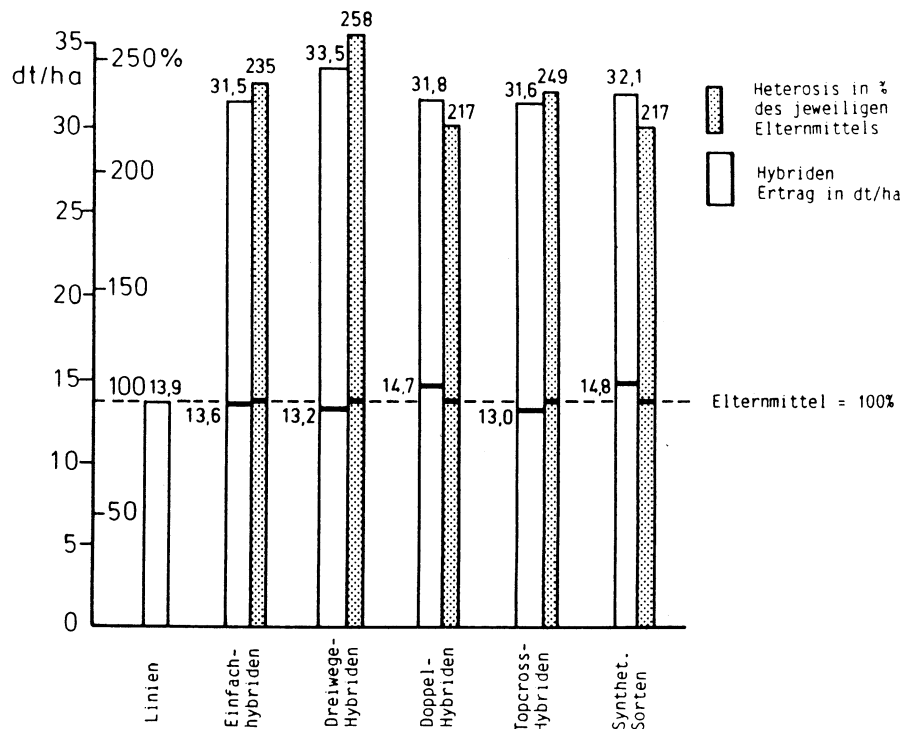


Abb. 40: **Kornertrag und Heterosis verschiedener Hybridformen der Sonnenblume** (nach SCHUSTER und STAMM 1984)

Ähnliche Ergebnisse erhielten VRANCEANU and STOENESCU (1979), HSIEH and CUO (1980), GRILL and PUNIA (1996), FICK and MILLER (1997).

Wegen ihrer einfacheren und billigeren Saatgutproduktion sind die Topcross-Hybriden und auch die synthetischen Sorten für die Sortenzüchtung zur Grünnutzung von Interesse (FICK and MILLER 1997).

Ein wesentlicher Faktor für die Entscheidung, Dreiwege- oder Einfach-Hybride, scheint die Frage nach der Gleichmäßigkeit des Bestandes in Wuchslänge und Abblüte für den Anbauer zu sein. Deshalb werden heute in den Hauptanbauländern nur noch Einfach-Hybride angebaut, obwohl zumindest die bessere Leistungsstabilität und Plastizität bei wechselnden Umweltbedingungen für die Dreiwege-Hybride spricht. Die Saatgutproduktion ist jedoch nicht wesentlich billiger, wie dies beim Mais der Fall ist. In der französischen Sortenliste von 1988 standen 23 Einfach-Hybriden und noch 12 Dreiwege-Kreuzungen, jedoch 2000 nur noch Einfach-Hybriden.

9.3 Artkreuzungen innerhalb der Gattung *Helianthus*

Auf die Bedeutung, die die interspezifischen Kreuzungen für die moderne Sonnenblumenzüchtung zur Einlagerung von Resistenzgenen gegen pilzliche und tierische Schaderreger sowie für die Qualitätszüchtung und für die Verbesserung von morphologischen Merkmalen zur Erleichterung der Agrartechnik sowie für die Entwicklung neuer CMS-Linien hat, wurde schon frühzeitig hingewiesen (HAMMANN und FRIEDT 1994). WAGNER (1932) nennt eine ganze Reihe gelungener Kreuzungen zwischen verschiedenen einjährigen sowie zwischen

einjährigen und mehrjährigen *Helianthus*-Arten aus den Jahren 1895 bis 1929. SKORIC et al. (1988, 1989), KORELL et al. (1996) stellen die große Bedeutung der Artkreuzungen für den Fortschritt der Hybridzüchtung heraus, insbesondere auch für die Aufdeckung neuer CMS-Faktoren und Restorer-Gene.

Inzwischen liegen viele Erfahrungen in der Kreuzungstechnik bei *Helianthus*-Artkreuzungen vor (siehe SKORIC 1988, JAN 1997, WEBER et al. 1996, 2000). Schon WHELAN (1978) gibt einen eingehenden Überblick über die bis dahin bekannten interspezifischen Kreuzungen der Gattung *Helianthus*. HEISER et al. (1969), GEORGIEVA-TODOROVA (1976, 1984) und SKORIC (1988) weisen darauf hin, dass nicht nur Sterilitätsbarrieren, bedingt durch die Genomunterschiede, die Artkreuzungen erschweren, sondern auch Unterschiede in der Blühzeit und anderen ökologischen Differenzierungen. Über elektronenmikroskopische Untersuchungen zur Selbststerilität und Inkompatibilität von interspezifischen Kreuzungen berichten OLIVERI et al. (1988). Bessere Kenntnisse auch über individuelle Unterschiede innerhalb der Spezies werden die Fertilität verbessern. Hierzu gehören eingehende Beobachtungen in den verschiedenen, inzwischen weltweit aufgebauten Art- und Wild-Sortimenten der Gattung *Helianthus* (SKORIC 1981). Es ist jedoch immer eine große Zahl von Einzelkreuzungen notwendig, um ausreichend Nachkommen und Genkombinationen zu erhalten (siehe Abb. 41).



Abb. 41: Eine große Zahl von Kreuzungen ist erforderlich, um ausreichend Fruchtansatz und Genkombinationen zu erhalten (aus SCHUSTER 1993)

Über die Kreuzbarkeit von *H. annuus* mit anderen *Helianthus*-Arten, **interspezifische Kreuzungen**, informiert Abbildung 42 und JAN (1997).

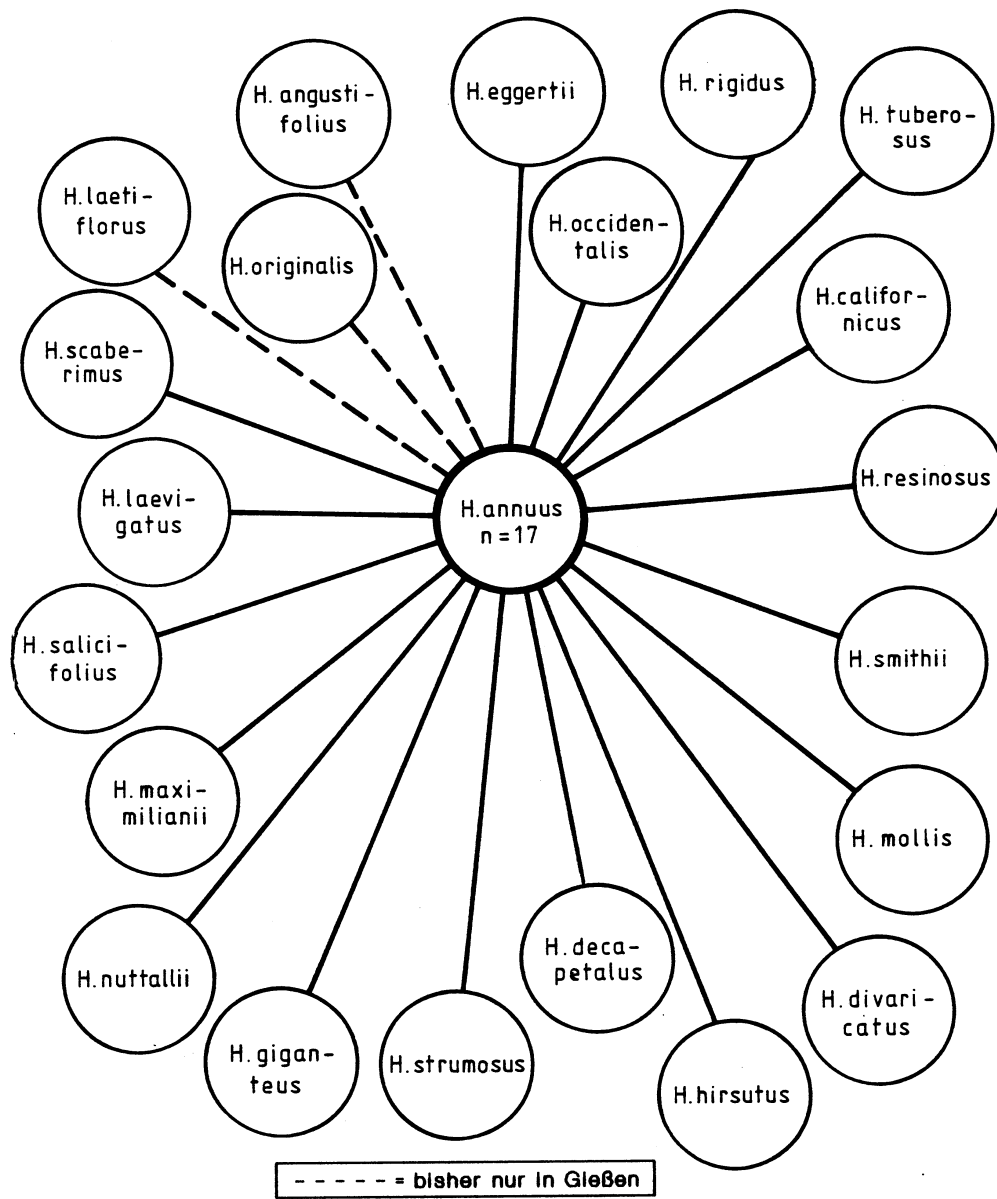


Abb. 42: Erfolgreiche Kreuzungen von *Helianthus*-Wildarten mit der Kulturform *H. annuus*. Zusammenfassung nach CHANDLER and BEARD (1984), GEORGIEVA-TODOROVA (1984), KRÄUTER and FRIEDT (1988).

Durch die intensive Arbeit mit Artkreuzungen und die Aufdeckung von individuellen Unterschieden der Kompatibilität kommen laufend neue Erkenntnisse hinzu, wie z.B. die Untersuchungen von CHRISTOV (1988), ATLAGIC (1988) und KÖHLER and FRIEDT (1995). Auch Kreuzungen zwischen unterschiedlichen *Helianthus*-Arten sind für die Neukombination von Eigenschaften und für die Neugestaltung des Habitus der Sonnenblumenpflanze mit dem Ziel, mehr Assimilationsfläche und damit eine höhere Produktivität zu erreichen, von Interes-

se. Abbildung 43 gibt einen Überblick über die Kreuzbarkeit einiger *Helianthus*-Arten untereinander, **Artbastardierungen** (nach GEORGIEVA-TODOROVA 1972).

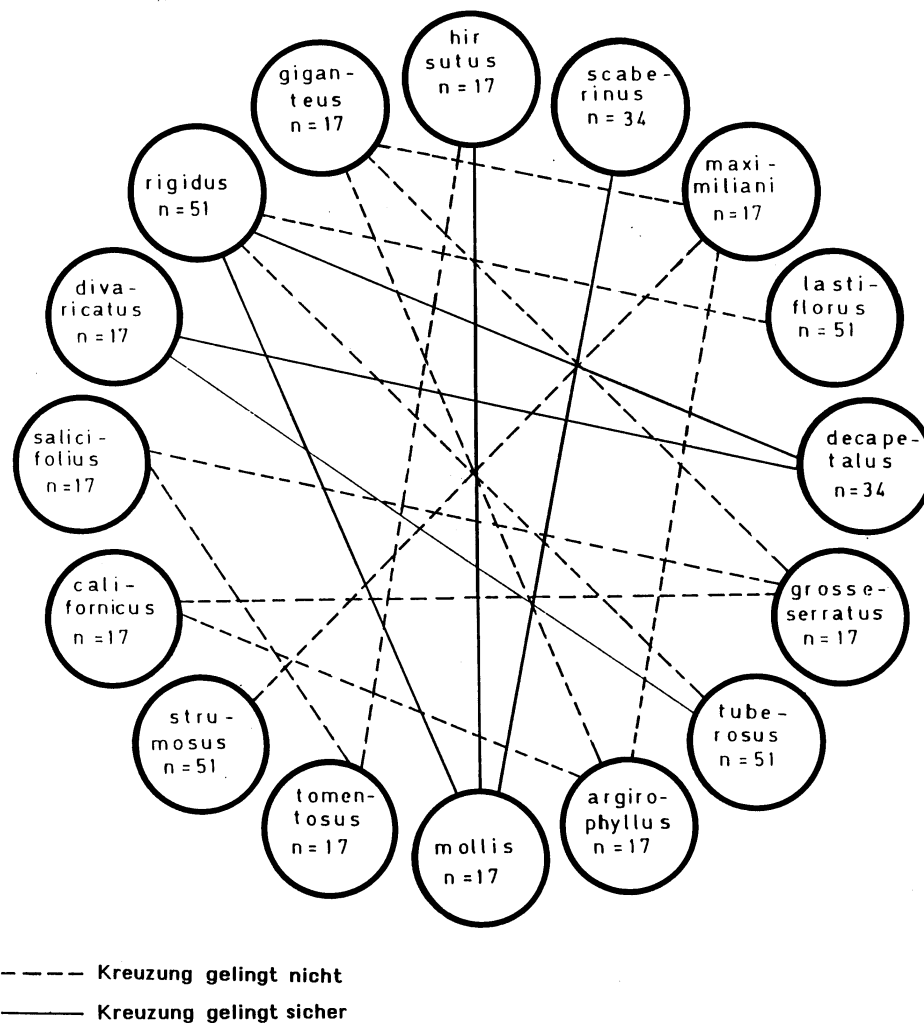


Abb. 43: **Überblick über die Kreuzbarkeit zwischen verschiedenen *Helianthus*-Arten** (nach GEORGIEVA-TODOROVA 1972; aus SKORIC 1988)

Mit der einfachen Kreuzung ist jedoch bei Artbastardierungen nicht viel anzufangen. Es gehören zur Erzielung eines Leistungstyps mehrere Rückkreuzungen mit Testung auf Resistenz- und Qualitätseigenschaften. Auch kommt die Kombination von mehreren Eigenschaften aus unterschiedlichen Arten als neues Zuchtziel hinzu, wie Resistenz und Qualität oder hoher Ölgehalt und Nutzung für die Konfektherstellung (DOZET et al. 1996)



Abb. 44: **Artkreuzungsnachkommen nach der zweiten Rückkreuzung mit Kulturformen**
(aus SCHUSTER 1993)

Abb. 44 zeigt Artkreuzungsnachkommen nach der zweiten Rückkreuzung. Bei einer Anzahl von Arten gelingt die Bastardierung mit *H. annuus* nicht ohne weiteres. Die Ursache liegt häufig in Unverträglichkeitsfaktoren zwischen den polyploiden Allopathen und der diploiden *H. annuus*, die den Hybrid-Embryo im frühen Stadium absterben lassen. Die Polyploidisierung der F_1 wird in allen Fällen notwendig, in denen zwei oder mehrere differenzierte Genome zusammentreten. Eine Colchizin-Behandlung zur Chromosomen-Verdopplung des einen oder beider Kreuzungspartner kann auch vor der Kreuzung hilfreich sein.

Diese Schwierigkeiten lassen sich durch die Anwendung von biotechnischen Methoden wesentlich leichter und schneller überwinden (FRIEDT 1990, DAHLHOFF und FRIEDT 1992, FRIEDT et al. 1992).

9.4 Biotechnologie in der Sonnenblumenzüchtung

DAHLHOFF und FRIEDT (1991) bezeichnen die Sonnenblume als Beispiel für eine gegenüber Biotechniken widerspenstige Pflanze. In der Biotechnologie der Sonnenblume wurden trotzdem im letzten Jahrzehnt große Fortschritte erzielt (DAHLHOFF und FRIEDT 1992, FRIEDT und LÜHS 1999).

9.4.1 Embryokultur

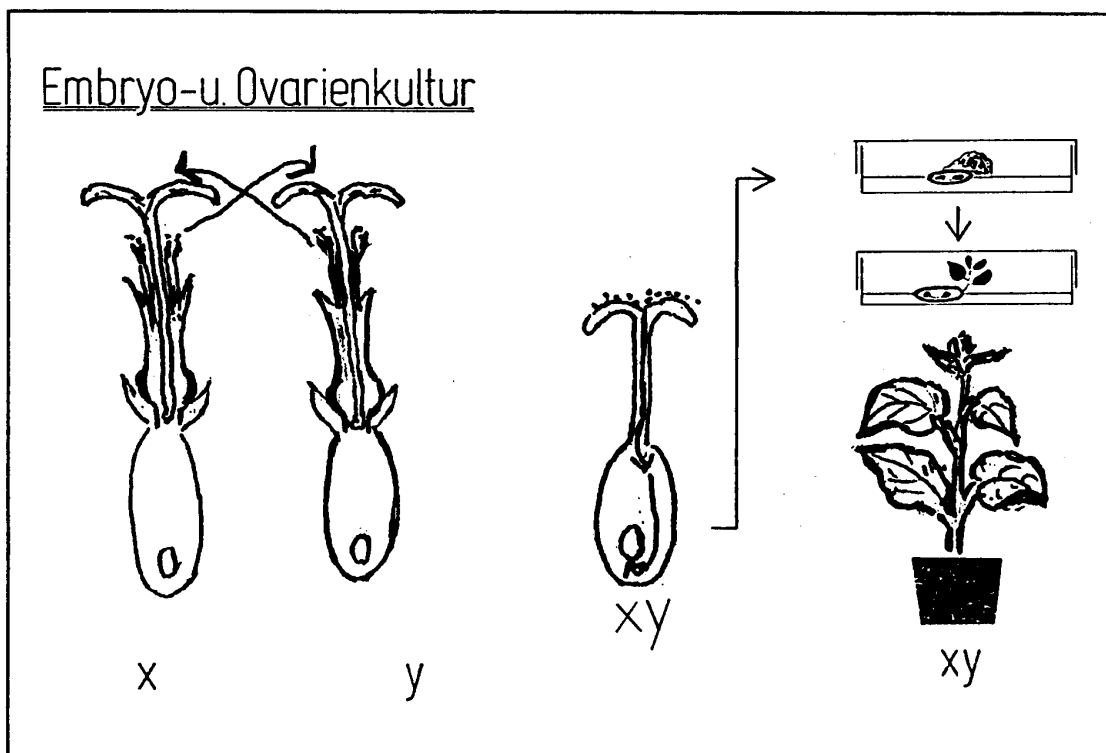


Abb. 45: **Embryokultur** (nach MIX 1982; aus SCHUSTER 1993)

Mit Hilfe der Embryokultur in vitro (siehe Abb. 45) gelingt es, Pflanzen von interspezifischen Kreuzungen heranzuziehen, die normalerweise keine Nachkommen gebracht hätten. Diese können so über Rückkreuzungen weiter der interspezifischen Hybridisation nutzbar gemacht werden (CHANDLER 1978, CHANDLER und BEARD 1982, CHANDLER und JAN 1984, ESPINASSE et al. 1985, ESPINASSE-GELLNER and LAY 1988, SCHETTLER und MIX 1988, KRÄUTER and FRIEDT 1989, KRÄUTER 1990, DAHLHOFF et al. 1991, NURHIDAYAH et al. 1994, 1995). Ein Problem ist die nach Artkreuzungen in F_1 auftretende lange Keimruhe. Diese kann ebenfalls durch die Embryokultur überwunden werden (SEILER 1988, CHANDLER 1978).

Die Technik der Embryokultur in vitro wird beschrieben bei CHANDLER (1983) und ESPINASSE et al. (1985): Die Embryonen werden 3 bis 7 Tage nach der Bestäubung „befreit“ und in ein modifiziertes „Gamborgs B 5-Medium“ gebracht. Zum Wachsen und zur Anzucht der Sämlinge werden die Embryonen in ein Medium von anorganischen Nährstoffen mit 1 % Saccharose überführt (SKORIC 1988). LI YING-HONG et al. (1988) berichten über eine Methode zur direkten Erzeugung von Embryonen aus somatischem Gewebe.

9.4.2 Antheren-, Pollen- und Ovarienkultur

Für die Züchtungsarbeit mit der stark fremdbefruchtenden Sonnenblume ist die Erstellung von Homozygoten ein wesentlicher, normalerweise zeitaufwändiger Schritt (siehe Abschnitt 1.10.9.1 „Inzuchtung und Heterosis“). Durch die Technik der Erzeugung von

Haploiden aus Eizellen- oder Pollenkulturen (siehe Abb. 46) in vitro kann der Weg über 4 bis 5 Generationen auf eine verkürzt werden.

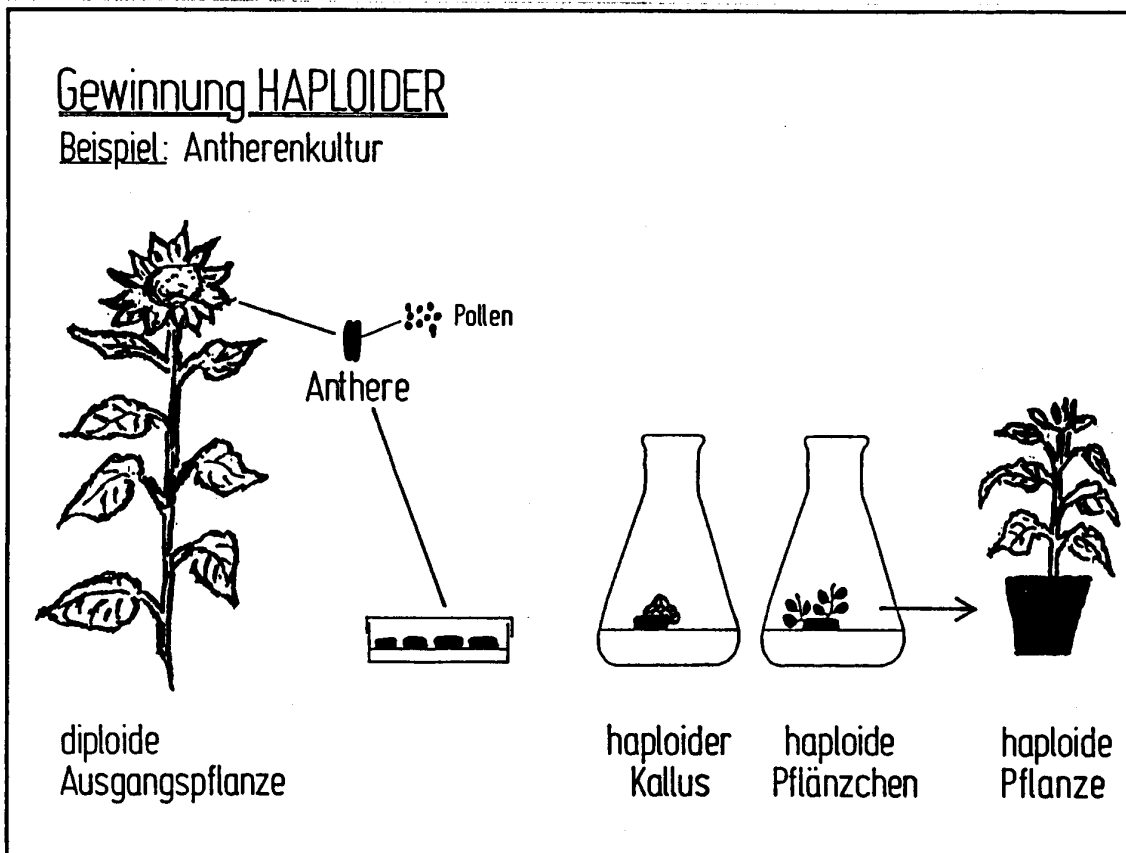


Abb. 46: **Antheren- und Pollenkultur zur Erzeugung von Haploiden-Pflanzen** (nach Mix 1982; aus SCHUSTER 1993)

Die Technik der Zellvermehrung, Kallusbildung, Bewurzelung und Anzucht von jungen haploiden Pflanzen. Behandlung mit Colchizin, Samengewinnung nach Selbstung von der homozygoten, diploiden Pflanze gelingt seit längerem bei vielen Kulturarten und ist auch bei der Sonnenblume mit guten Erfolgen gelungen (BOHOROVA et al. 1986, NURHIDAYAH et al. 1990, FRIEDT 1997, NENOVA et al. 1992, 2000, VASIC et al. 2000). Es wird weiter an vielen Stationen intensiv an der Verbesserung der Methode gearbeitet (Mix 1985, 1986, ALISA et al. 1985, MEZZAROBBA und JONARD 1986, 1988, GÜREL et al. 1991a und b, NURHIDAYAH et al. 1994, JAMBHULK 1995).

Die Methode der Züchtung mit Haploiden ermöglicht die Erstellung einer großen Zahl von Linien, die einmal auf der haploiden und später auf der diploiden Stufe auf erwünschte Eigenschaften, wie Resistenz, Kältetoleranz u.a., selektiert werden können, bevor sie einer Hybridzüchtung oder Neukombinationskreuzungen zugeführt werden. Auch besonders für die Arbeit mit interspezifischen Kreuzungen ist diese Technik äußerst nützlich, wenn in frühen Rückkreuzungsgenerationen haploide und homozygote diploide entwickelt werden können (SKORIC 1988). NURHIDAYAH et al. (1990) berichten über direkter Embriogenese aus Antherenkultur interspezifischer Kreuzungen.

9.4.3 Gewebe- und Zellkultur (Meristemkultur)

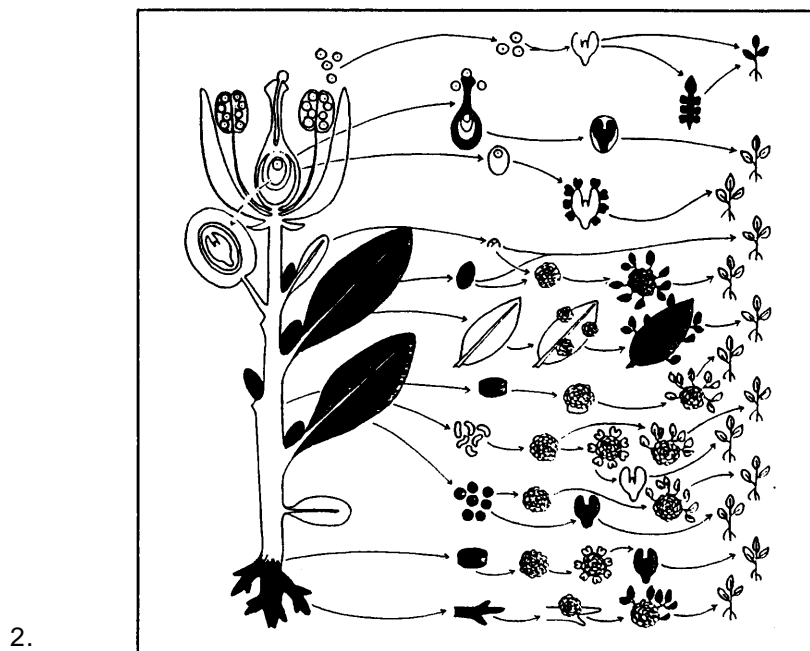
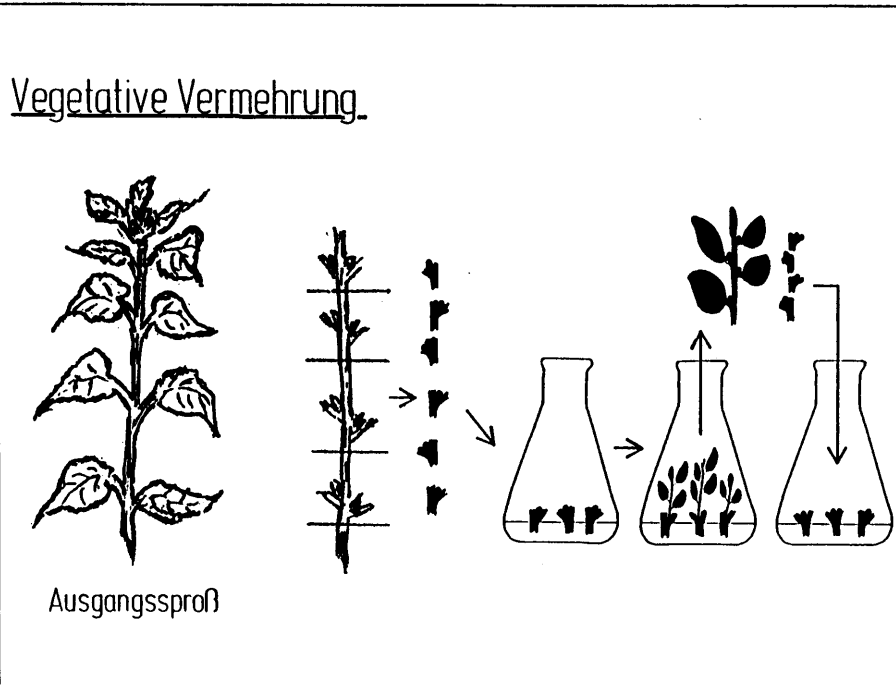


Abb. 47: 1. Vegetative Vermehrung aus Sproßknospen
2. Theoretische Möglichkeiten der Vermehrung von Genotypen
(nach MIX 1982; aus SCHUSTER 1993)

Die Technik der Gewebe- und Zellkultur (Kalluskultur) (siehe Abb. 47.1 und 2) wird seit längerem mit Erfolg bei vielen Kulturarten angewandt. Hier können über eine vegetative Vermehrung von Gewebe- und Pflanzenteilen sowie von einzelnen Zellen bestimmte, erwünschte Genotypen sehr schnell vermehrt (geklont) und erhalten werden (ORTON 1982). Auch diese Techniken sind besonders nützlich in der Züchtung mit Artbastarden, lassen sich doch, wegen der stark eingeschränkten Fertilität, aus nur wenigen bei Kreuzung und Rückkreuzung entstandenen Pflanzen, sehr viele identische Individuen für eine größere Saatproduktion gewinnen. Insbesondere ist die Zellkultur für die Züchtung auf Krankheitsresistenz (DONALD et al. 1985), Resistenz gegen Insekten, gegen Trockenheit und hohe Salzkonzentration (RAINS 1982), Herbizidresistenz u.a. geeignet. Die Einzelzellen werden auf dem Nährmedium den entsprechenden Schaderregern oder Trockenheitsstress, hohen Salz- und Herbizidkonzentrationen ausgesetzt, so dass auf der Ebene der Einzelzellen eine Selektion stattfindet. Die große Zahl der „in vitro“ zu erhaltenden Zellen erhöht den Selektionserfolg beträchtlich.

Bei der Sonnenblume gelingt die vollständige Regeneration zu fertilen Pflanzen noch schwer. Am besten scheinen sich Keimblätter von zygotischen Embryonen (POWER 1987, BOHOROVA et al. 1990) oder Sprossspitzen sowie Blattachsen aus dem Hypokotyl im Keimlingsstadium zu eignen (PATERSON 1984, PATERSON und EVERETT 1985). Stängel- und Blattteile eignen sich bisher noch nicht für die vegetative Vermehrung der Sonnenblume in größerem Umfang. HARTMANN et al. (1988) und MASIREVIC et al. (1988) berichten von einigen Erfolgen bei der Selektion auf Resistenz gegen *Phoma macdonaldii*, *Sclerotinia sclerotiorum* und *Phomopsis* sp. mit der Gewebekulturtechnik. Um die Meristemkultur bei der Sonnenblume praxisreif zu machen, ist es notwendig, die Kalluskultur aus Einzelzellen und Protoplasten zu verbessern (BOHOROVA et al. 1986, BOHOROVA 1988, KRÄUTER and FRIEDT 1991).

9.4.4 Somatische Hybridisation

Einige Forschungsinstitute in der Welt arbeiten seit längerem mit Protoplastenfusion (siehe Abb. 48), um so unterschiedliche Genome zusammen zu bringen, die sich durch Kreuzung (geschlechtliche Hybridisation) nicht vereinigen lassen (LENEE and CHUPEAU 1985). Auch für eine schnellere Überführung von besonderen Inzuchtlinien mit guter Kombinationsfähigkeit in die männlich sterile Form kann diese Technik gut geeignet sein. Es können schnell Kernumlagerungen aus einer kultivierten Sorte in ein neues Cytoplasma mit Faktoren der männlichen Sterilität von Wildformen erfolgen (RENEE-SUNG und FURNER 1982, EVERETT et al. 1987). Es gelang, Protoplasten aus dem Hypokotyl und den Kolyledonen zu isolieren, um Teilung und Kallusbildung zu erreichen. Es kam zur Wurzelregeneration und zur Bildung von meristematischen Regionen am Kallus (BOHOROVA et al. 1986, HAHNE 1995).

Somatische Hybridisation

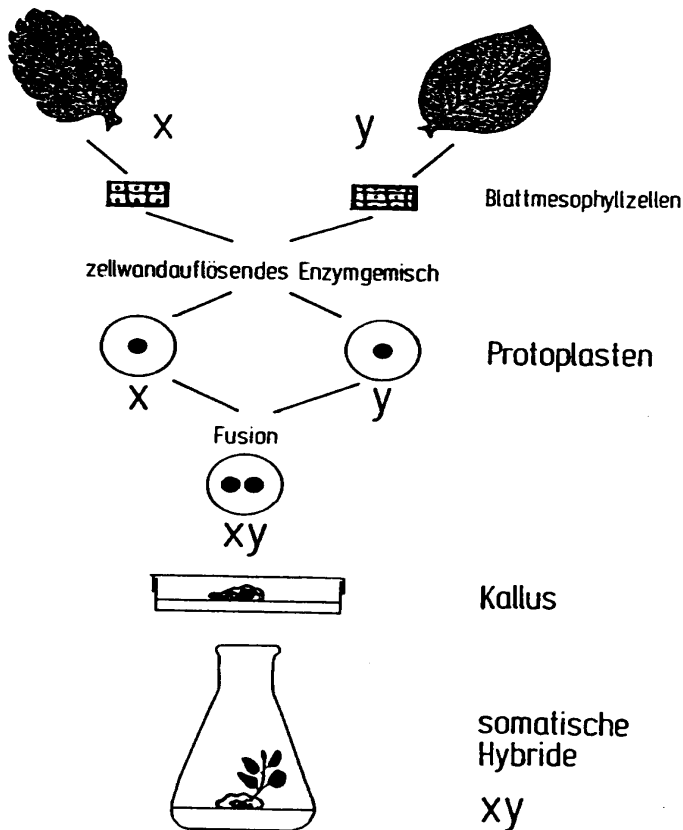


Abb. 48: Kernverschmelzung über Protoplastenkultur (aus MIX 1982)

9.4.5 Genübertragung

Ebenso steht die Forschung in der Sonnenblumenzüchtung bei den Techniken des „gen engineering“ (QUALSET 1982) erst am Anfang. Die Übertragung einzelner Gene mit besonderen Resistenzeigenschaften, Qualitätsmerkmalen, Toleranzeigenschaften u.a. aus Wildformen, die nicht mit *H. annuus* gekreuzt werden können, ist außerordentlich wertvoll. Die Technik ist schwierig (siehe Abb. 49) und bleibt wohl bis auf weiteres nur einigen Spezialisten vorbehalten. MATZKE et al. (1984), BURRUS et al. (1992), HORN et al. (1996) berichten über gelungene Transformationen, die jedoch nicht genetisch stabil weitergegeben werden. Nach intensiven Arbeiten in der Sonnenblumenforschung mit *Agrobacterium tumefaciens* konnten wichtige Erkenntnisse (WEBER et al. 1998) und Fortschritte (WEBER et al.) erzielt werden.

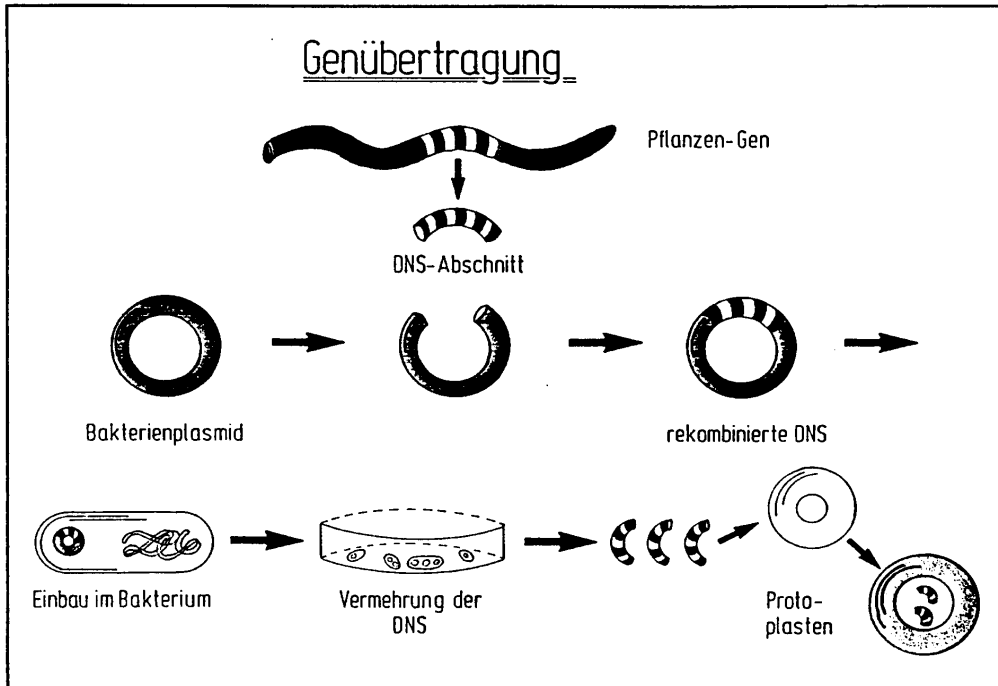


Abb. 49: **Übertragung von einzelnen Genen mit besonderen Eigenschaften**
(aus Mix 1982)

9.4.6 Mutationszüchtung

Zur Erhöhung der Variabilität bestimmter Eigenschaften wie Qualität, Resistenz, Frühreife, Zwergform u.a. wird auch bei der Sonnenblume die künstliche Auslösung von Mutationen mit Erfolg eingesetzt (siehe Abb. 50; FICK and MILLER 1997). GUNDAEV (1971), SOLDATOV und SUROVIKIN (1975), KÜBLER (1984) berichten über interessante neue Genotypen mit wertvollen Eigenschaften, die sie durch Behandlung mit Strahlen oder Chemikalien erzeugen konnten. Nicht nur die Variabilität wird durch mutagene Behandlung erhöht, sondern auch die korrelativen Beziehungen der Merkmale zueinander verändert. Diese neuen Genotypen müssen einer Kombinationszüchtung unterworfen werden und können dann nach Konstanz der jeweiligen Eigenschaftskombinationen einer Hybridzüchtung nutzbar gemacht werden.

KÜBLER (1984) gibt eine ausführliche Literaturübersicht zur Anwendung von Mutagenzien bei der Sonnenblume.

Durch Behandlung mit Äthylmethansulfat (EMS) und durch Bestrahlung mit Röntgenstrahlen (KÜBLER 1984) konnte die Variabilität im Öl- und Proteingehalt sowie im Fettsäuremuster der behandelten Sorten und Linien deutlich erhöht werden. Weitere Literaturhinweise siehe bei SKORIC (1988), FICK and MILLER (1997).

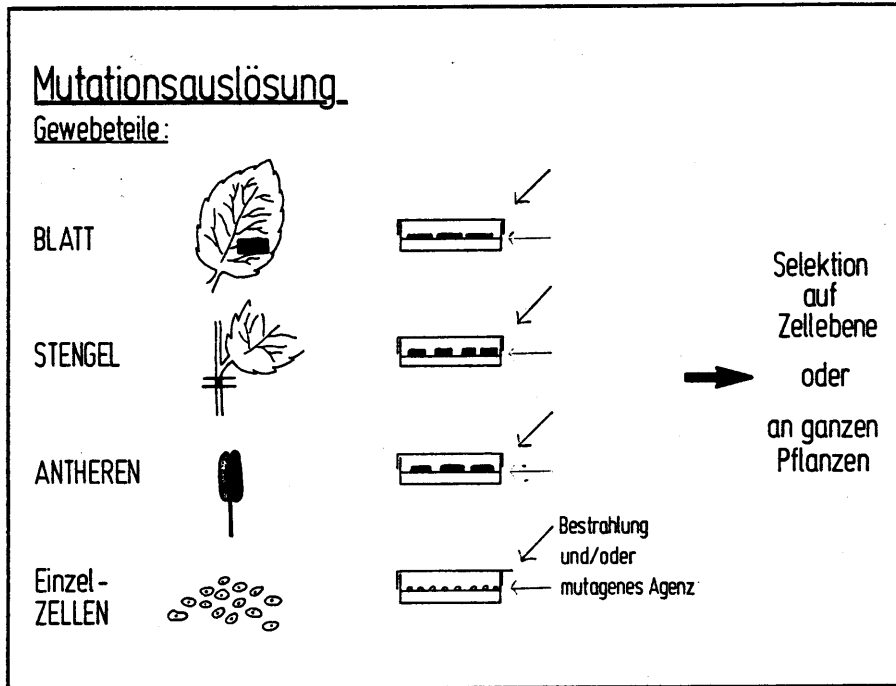


Abb. 50: **Mutationszüchtung auf der Ebene von Einzelzellen** (aus Mix 1982)

Polyploide: Sonnenblumen waren in allen diesbezüglichen Untersuchungen leistungsmäßig den diploiden *H. annuus*-Typen unterlegen. Für die Verbesserung der Kreuzbarkeit und Fertilität bei Artkreuzungen zwischen Partnern in unterschiedlichen Ploidiestufen ist jedoch eine Polyploidisierung vor der Kreuzung oder der F_1 vielfach unerlässlich, um über Amphidiploidie fruchtbare Nachkommen zu erhalten (JAN 1988, 1997).

Für die Polyploidisierung hat sich nach WHELAN (1978) das Wachsenlassen von jungen Pflänzchen auf Filterpapier mit 0,2%iger Colchizininlösung für 8 Stunden bewährt. JAN et al. (1983) empfehlen: junge Sonnenblumenpflanzen im Zweiblattstadium für 5 Stunden in eine 0,15 bis 0,25%ige Colchizininlösung bei einem pH = 5,4 zu legen, abzuwaschen und im Gewächshaus auszupflanzen.

Die Mutationsauslösung kann mit Hilfe der modernen Gewebe- und Zellkultur-Techniken auch im Zellstadium erfolgen, wenn bei der Sonnenblume, wie bei einigen anderen Pflanzenarten, die Regeneration ganzer Pflanzen aus einzelnen Zellen gelingt. Die Selektion erfolgt auf Zellebene oder an ganzen Pflanzen (siehe Abb. 50). Der Vorteil dieser neuen Technik liegt vor allem in der großen Zahl von Zellen (Individuen), die für die Selektion zur Verfügung steht, und in der Vorselektion auf Lebensfähigkeit der Mutanten.

Die Kontrolle der Ploidiestufen kann als Vortest über die Pollengröße erfolgen, da polyploide Pflanzen deutlich größere Pollenkörner ausbilden. Die exakte Bestimmung erfolgt mit dem Mikroskop an Wurzelspitzen.

9.5 Genetik

Auf die Genetik der verschiedenen Merkmale wurde in den einzelnen Abschnitten hingewiesen. Über den neuesten Stand der Kenntnisse berichten Miller (1992), FICK and MILLER (1997) sowie MARINKOVIC and DOZET (1997-98).

Es wurde schon betont, dass nach der Neukombination von wichtigen Genen eine Selektion erfolgen muss, um Linien für die Hybridzüchtung zu erhalten. Für diese Selektionen bringen der Einsatz von „Marker-Genen“ auch für die Sonnenblumenzüchtung, wie schon bei anderen Kulturpflanzen, deutliche Vorteile, insbesondere eine Beschleunigung in der Erstellung von neuen Linien und Hybriden in der Resistenzzüchtung (MÖSGES 1993, MILLER and FICK 1997, HORN and GENTZBITTEL 2000). Unter einer markergestützten Selektion ist eine indirekte Selektion auf ein bestimmtes Merkmal zu verstehen, bei dem das Markergen, das selbst nicht Teil des gewünschten Gens und für sich ohne direkten züchterischen Wert ist (BRAHM 1997). Diese indirekte Selektion mit Hilfe gekoppelter Marker kann für monogene und ebenso für quantitative Merkmale genutzt werden. Für alle Eigenschaften die schwer phänotypisch zu erkennen sind. Wichtig für die Identifizierung von molekularen Markern ist die Kartierung der Marker mit dem Zuchtgen (Koppelungskarten), die schon für viele Kulturpflanzen vorliegen (BRAHM 1997, RÖCHER et al. 1997, PRÜFE et al. 1998, KNAPP et al. 2000). Es werden Molekularmarker selektiert: in der Resistenzzüchtung gegen Falschen Mehltau der Sonnenblume (BRAHM 1997, RÖCHER et al. 1997, BRAHM et al. 2000), für die Züchtung von „High-oleic“-Sonnenblume (DEHMER et al. 1993, DEHMER and FRIEDT 1994,1998) und für Trockentoleranz (PANKOVIC et al. 1997-98).

9.6 Sortenwahl

Pflanzenzüchter in der ganzen Welt, insbesondere in den USA, Kanada, Russland und Frankreich sind bemüht die umfangreichen und komplexen Zuchtziele mit Hilfe konventioneller und moderner Zuchtverfahren einschließlich Biotechnologie (siehe Abschnitt 7; 8; 9.), in anbauwürdige an die verschiedensten Umweltverhältnisse angepasste Sorten zu verwirklichen. Die Entwicklung von Sorten seit Ende des 19. Jahrhunderts in Russland wird in SCHUSTER (1993) geschildert.

In Deutschland kam es während und kurz nach dem 1. Weltkrieg unter dem Druck der knappen Fettversorgung zu erhöhten Anstrengungen, die Sonnenblume in größerem Umfang anzubauen (SCHUSTER 1987). Diese Versuche scheiterten jedoch an mangelnden Kenntnissen und Erfahrungen sowie an der späten Reife der importierten Herkünfte. Während der zwanziger und Anfang der dreißiger Jahre wurde die Sonnenblume in Deutschland zur Grünfuttergewinnung empfohlen und auch in größerem Umfang angebaut, da bei dieser Nutzung die späte Reife der südosteuropäischen Herkünfte keine Anbaubeschränkungen bedeutete. Anbauversuche und Züchtungsarbeiten zur Nutzung der Sonnenblume als ölliefernde Kulturpflanze wurde unter dem zunehmenden Druck der Autarkiebestrebung nach 1933 sowie der geringen Fettversorgung während des 2. Weltkrieges und in den ersten Jahren danach erneut aufgegriffen.

In der DDR (Ostdeutschland) wurden vor allem in Bernburg (Prof. Oberdorf) und Salzmünde (Dr. Schlicht) Sonnenblumenzüchtung und Züchtungsforschung für eine Kornnutzung betrieben (u.a. ZIMMERMANN 1958; HABURA 1957,1958; siehe auch SCHUSTER 1987). Aus diesen Bemühungen gingen die Sorten „Bernburger“ und „Ostsonne“ hervor, mit denen in der DDR im Jahr 1953 etwa 250 ha und 1954 etwa 4000 ha zur Kornnutzung angebaut wurden. Zielvorstellungen sprachen von 100000 ha Sonnenblumen zur Ölgewinnung in der DDR. Das Ausgangsmaterial für diese Arbeiten stammt aus Rumänien und Bessarabien. Die beiden Sorten waren frei abblühende, über Stammbaumzüchtung selektierte Populationsorten. Anfang der sechziger Jahre wurden in der DDR alle Arbeiten und der Anbau mit Sonnenblumen zur Ölgewinnung eingestellt, da trotz gelungener Selektion von frühreifenden Sorten die Leistungen nicht befriedigten. Die Nutzung der Grünfütter- und Silagegewinnung liefen weiter (siehe SCHUSTER 1987).

In der BR-Deutschland gingen nach dem 2. Weltkrieg auf rumänischen und ukrainischen Material aufbauend die Bemühungen um die Züchtung und den Anbau von Sonnenblumen zur Ölgewinnung in Scharnhorst und Köln-Vogelsang (Prof. Rudolf) und in Gießen (Prof. von Boguslawski) weiter und führten zur Zulassung und Eintragung in die Sortenliste der BRD von „OLEA“ (RUDOLF 1954) und „von BOGUSLAWSKI's 19/39“ = „Hesa“ (1950) und „von BOGUSLAWSKI's FRÜHE“ (1953). In Köln-Vogelsang wurde Anfang der sechziger Jahre die Arbeit mit Sonnenblumen eingestellt. In Gießen wurde intensiv mit der Sonnenblume als Öl- und Futterpflanze in Grundlagenforschungen gearbeitet. Die Sortenentwicklung und der Versuchs- und Praxis-Anbau der Grünfütternutzung gingen weiter (SCHUSTER 1987). Anbauversuche mit ersten Hybridsorten unter Praxisbedingungen wurden gestartet, nachdem 1970 und 1971, die beiden Top-cross-Hybriden „Sorbid“ und „Sorex“ vom Bundessortenamt eingetragen waren. Diese brachten nicht die gewünschten Ergebnisse, da Erfahrungen im großflächigen Sonnenblumenanbau fehlten und auch die Top-cross-Hybriden nicht den Anforderungen genügten.

In Frankreich (siehe auch Tab. 2) konnte sich der Sonnenblumenanbau dank der günstigeren Klimabedingungen und intensiverer Züchtung von 10000 ha Anfang der sechziger Jahre auf 117000 ha 1979 bis 1981, 964000 ha 1986 bis 1988 und 1042000 ha 1989 bis 1991 ausweiten und sich bis ins Elsass und nördliche Frankreich ausdehnen.

Vom Elsass ausgehend interessierten sich die süddeutschen Landwirte mehr und mehr für die Sonnenblume zur Kornnutzung, zumal jetzt auch frühreife, ertragreiche und gegen sKrankheiten tolerante Sorten aus Frankreich in die deutsche Sortenliste eingetragen wurden: 1988 Frankasol, die Standardsorte für den deutschen Anbau wurde. 1991 standen vier Einfachhybriden zur Kornnutzung und nur noch zwei frei abblühende Sorten, eine Top-cross-Hybride und zwei Dreiwegekreuzungen für die Grünfütternutzung in der deutschen Sortenliste (BSA 1988, 1990, 1991). Von 1987 mit 8000 ha entwickelte sich der Anbau von Ölsonnenblumen kontinuierlich bis 189000 ha 1994 in Deutschland. 1994 gingen jedoch infolge ungünstiger Witterung und Krankheitseinbrüchen die Erträge von maximal 34 dt/ha auf 16,4 dt/ha zurück und die Preise fielen durch Wegfall von Subventionen auf 30 bis 40 DM je dt, so

dass die Anbaufläche auf 52000 ha 1995 und bis 2000 auf 25000 ha sanken, wie Abbildung 51.1 und 2 zeigen (BSA 2000). Die meist angebaute Sorte ist auch 2000 noch „Frankasol“

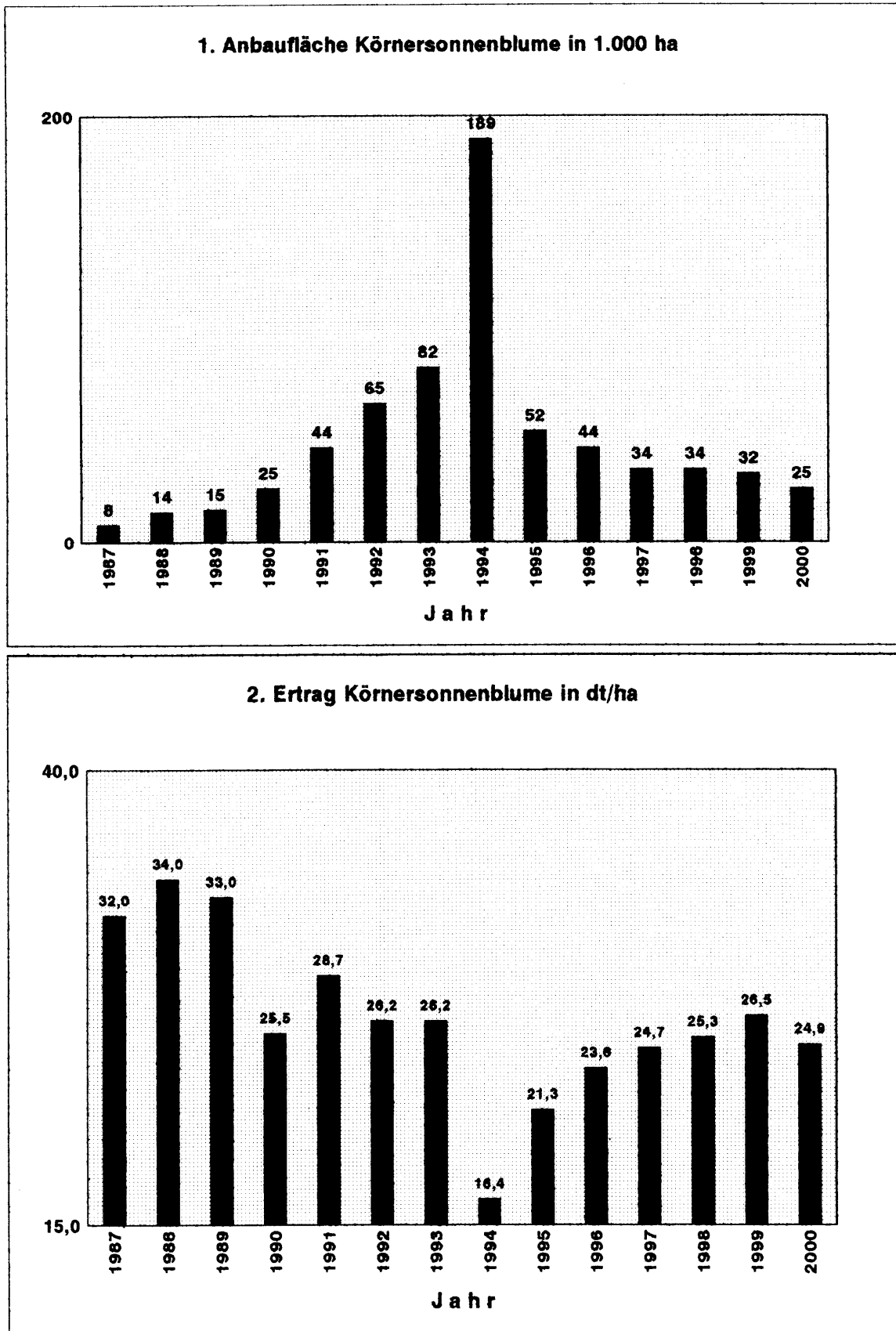


Abb. 51: Anbaufläche und Ertrag von Ölsonnenblumen in Deutschland von 1987 bis 2000 (BSA 2000 ergänzt)

In der deutschen Sortenliste 2000 (siehe Tabelle 11) stehen: 11 Einfachhybriden, davon eine 1998 eingetragene Sorte, „Capella“ mit einem Ölsäureanteil von 83 %, jedoch mit einem Kornertrag Stufe „2“ gegen die übrigen Sorten von Stufe „4“ bis „7“; eine sehr frühe Sorte „Pablo“ mit Kornertrag Note 4 und Ölertrag Note 6. Die Standardsorte in Deutschland „Frankasol“ wird nach 12jähriger Zulassung vom Bundessortenamt nur noch mit Korn- und Ölertrag Note 4 eingestuft. Neben den 11 Einfachhybridsorten steht in der Beschreibenden Sortenliste 2000 noch eine „frei abblühende Sorte“ für die Grünnutzung „Helena“.

Tab. 16: **Beschreibende Sortenliste 2002 des BSA Hannover** (im Auszug)

Sorten- bezeich- nung	Kenn- Nr.:	Züchter, (B)evollmäch- tigter, (V)erfahrens- vertreter, (N)utzungsbe- rechtigter	zu-ge- las- sen seit	Hauptfruchtanbau										
				Blühbeginn	Reife	Pflanzenlänge	Neigung zu Lager	Anfälligkeit f. Botrytis	Anfälligkeit f. Sclerotinia	Tausendkorn- gewicht	Kornertrag	Ölertrag	Ölgehalt	
In Körnernutzung geprüft														
Capella	462	Späth, Dr. H.R.	1998	3	4	3	4	7	6	4	2	2	4	
Flavia	379	Monsanto (Deutsch- land)	1996	3	4	5	4	6	5	7	5	6	6	
Flores	419	Monsanto (Deutsch- land)	1997	2	4	4	3	6	5	7	6	6	5	
Pablo	301	S.D.M.E. (B) Seitzer, Dr. J.F.	1994	3	3	5	5	7	-	5	4	5	5	
Pegasol	576	Monsanto (Deutschland)	2002	4	5	5	3	3	-	7	7	7	6	
PRG4A54	557	Pioneer	2001	4	5	4	2	3	4	4	6	6	5	
Rigasol	396	Monsanto SAS	1997	3	4	4	4	5	4	7	6	6	4	
Sanluca	405	Novartis Seeds	1997	3	4	4	4	7	5	4	6	6	5	
Sideral	459	Novartis Seeds	1998	4	5	6	6	6	6	6	6	6	6	
Sunny	553	Späth, Dr.H.R.	2001	3	4	3	3	5	7	6	3	3	5	
Im Sommerzwischenfruchtanbau geprüft														
Helena	22	KWS	1988	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Für die Sortenwahl im praktischen Anbau ist die „Beschreibende Sortenliste“, die auf den Ergebnissen der amtlichen Wertprüfungen basieren, sehr wertvoll (siehe Tab. 15). Für die europäische und speziell deutsche Sortenerprobung hat 1994 die „Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen (UFOP) begonnen EU-Sortenversuche mit Sonnenblumen durchzuführen, deren erste zweijährige Ergebnisse in „UFOP“-Schriften Heft 2 veröffentlicht wurde (LINDEMANN und FINCK 1995). Diese zweijährigen Versuche mit „Frankasol“ und „Albena“ als Verrechnungssorten stellen eine Vorprüfung für die Landessortenversuche dar, die ihrerseits die Grundlage für die örtliche Sortenberatung liefern (siehe auch LINDEMANN und GRONOW 2001). So soll erreicht werden, dass ausreichende Kenntnisse über die in den deutschen und europäischen Sortenlisten stehende und in Deutschland vertriebsfähigen Sorten für die re-

gionale Sortenberatung zur Verfügung stehen. Besonders wertvoll sind diese Versuche auch für die Beschreibung der Qualitätseigenschaften, wie die Abbildungen 52 und 53 zeigen.

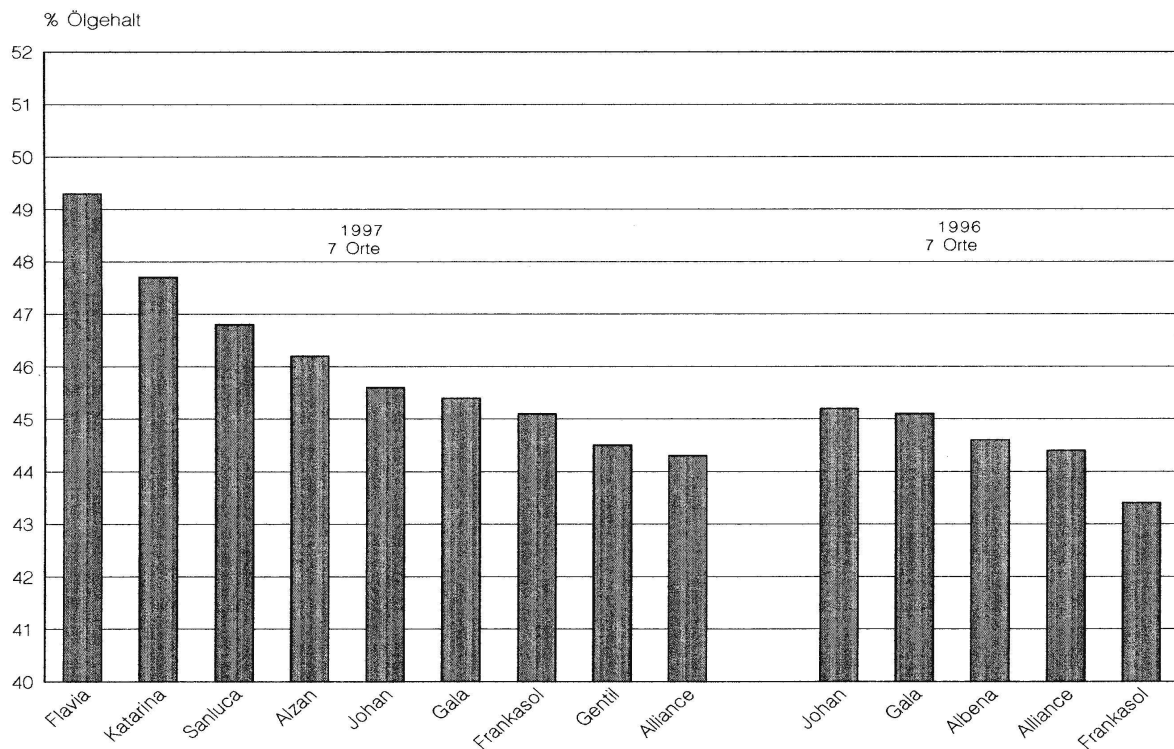


Abb. 52: Ölgehalt der Sorten im EU-Sortenversuch Sonnenblumen im Mittel über alle Standorte in den Jahren 1996 und 1997 (Ölgehalt in % bei 91 % TS) aus LINDEMANN und FINCK 1997)

Gerade für die Sonnenblume als neuere Kulturpflanze für Mitteleuropa sind besondere Eigenschaften, wie „Angepasstsein“ an die Klima- und Bodenverhältnisse, die fotoperiodischen Bedingung, Resistenz bzw. Toleranz gegen bestimmte in Mitteleuropa verbreitete Schaderreger und spezielle Witterungsverhältnisse u.a. ausschlaggebend für den Anbauerfolg. Hierzu liefern die Versuchsberichte von LINDEMANN und FINCK in den UFOP-Schriften sowie die „Beschreibende Sortenliste“, (Tab. 11) ausführliches Datenmaterial, auch über die Qualitätseigenschaften, wie Fettgehalt (Abb. 52) und Fettsäurezusammensetzung (Abb. 53) sowie für besondere Verwendungszwecke (z.B. Hoch-Ölsäure-Sorten). Für die Anbauwürdigkeit einer Sonnenblumensorte in Mitteleuropa spielt die Vegetationslänge, bzw. die Reifezeit eine entscheidende Rolle (siehe auch Abschnitt 7.1 und 10.4). Um hier der Beratung sichere Kennzeichen für frühreifende Sorten, die dann in Prüfungen entsprechend bewertet werden können, wurden Versuche zweijährig mit 8 Sonnenblumensorten durchgeführt (HAMANN et al. 1994). Diese Versuche zeigten, dass eine Trockensubstanzbestimmung an den Prüfsorten etwa fünf Wochen nach Blühende die brauchbarste Methode für eine objektive Reifegruppeneinstufung ist. Die Gelbreifebonitierung erwies sich als ungeeignet.

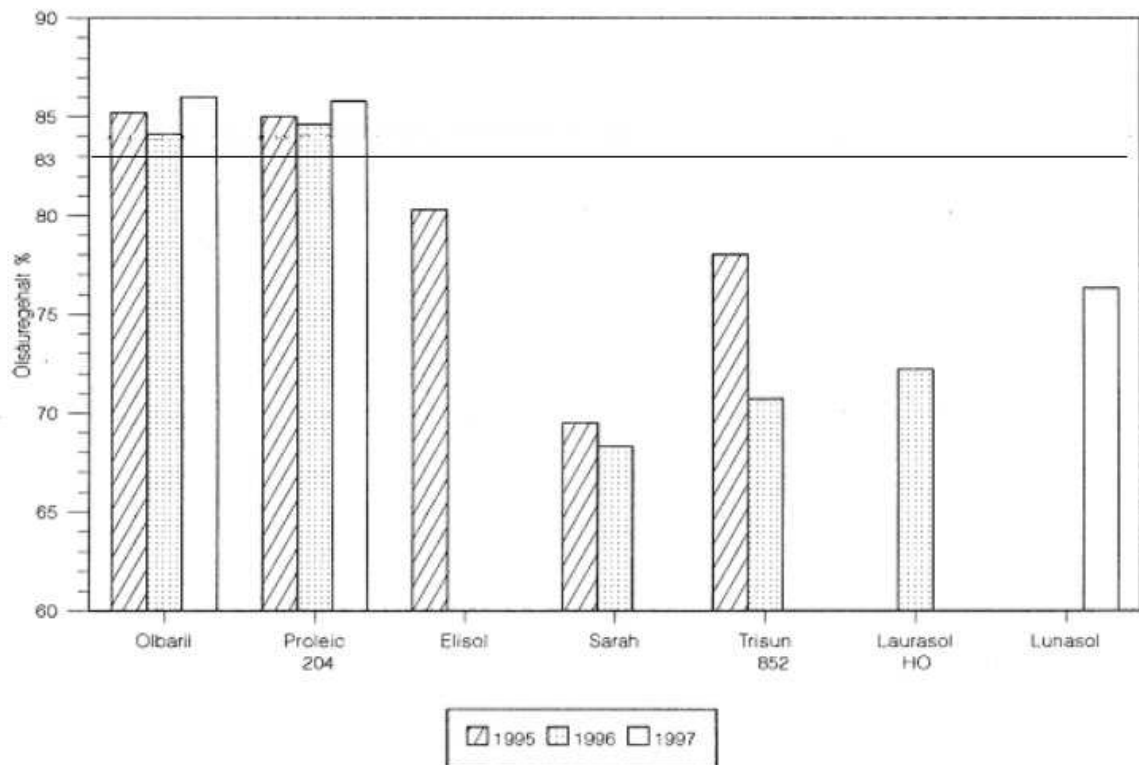


Abb. 53: Ölsäuregehalt (%) im EU-Sortenversuch HO-Sonnenblumen in den Jahren 1995 bis 1997 (aus LINDEMANN und FINK 1997)

10 Anbau der Sonnenblume

10.1 Nährstoffbedarf

Die starke Wurzelentwicklung und das weit verzweigte Wurzelnetz der Sonnenblume (siehe Abschnitt 4.1 Wurzel) ermöglicht eine gute Wasser- und Nährstoffaufnahme. Es liegen einige Veröffentlichungen über die **Nährstoffentzüge** der Sonnenblume im Vegetationsverlauf vor. Abb. 54 zeigt die Nährstoffentzüge im Vegetationsverlauf nach HUGGER (1989)

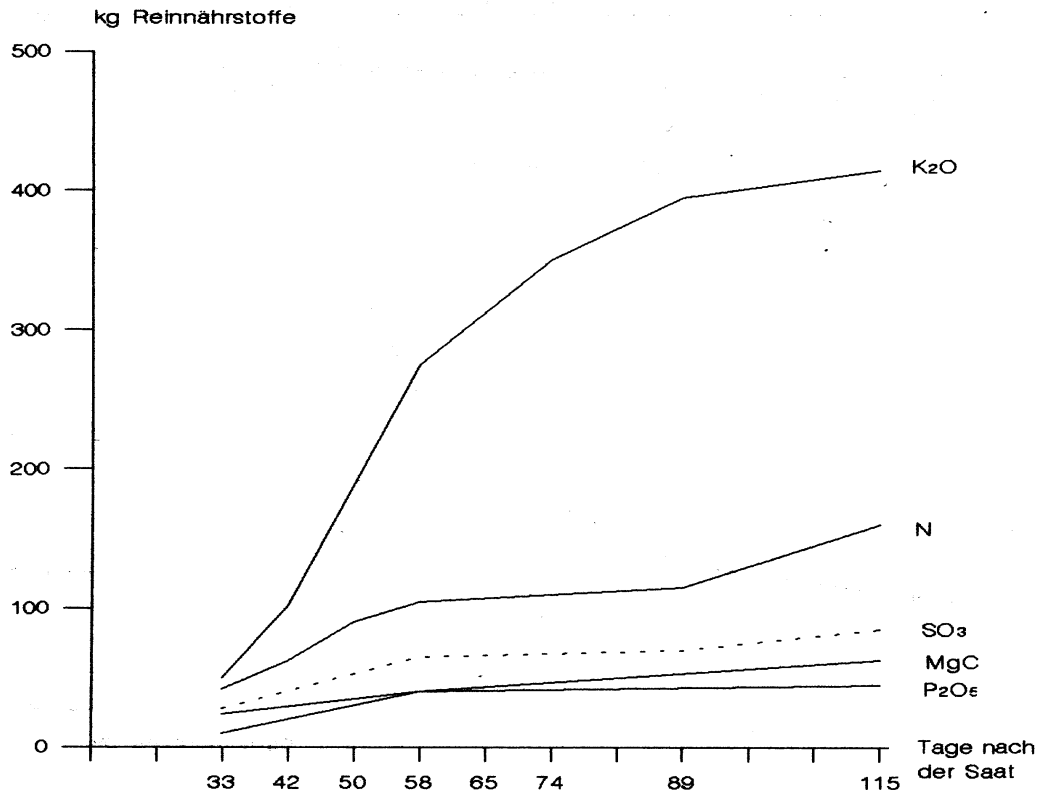
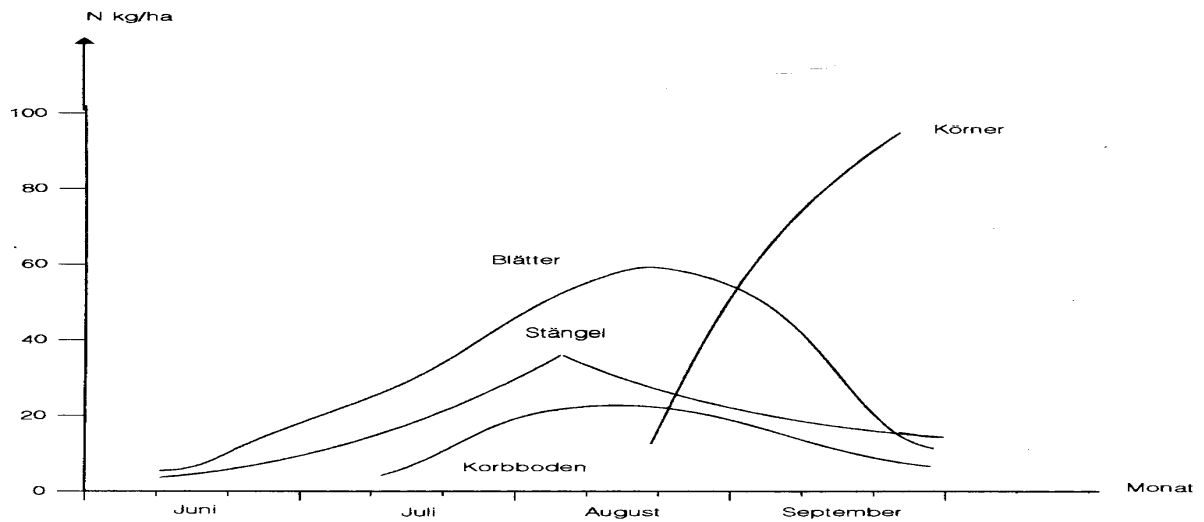
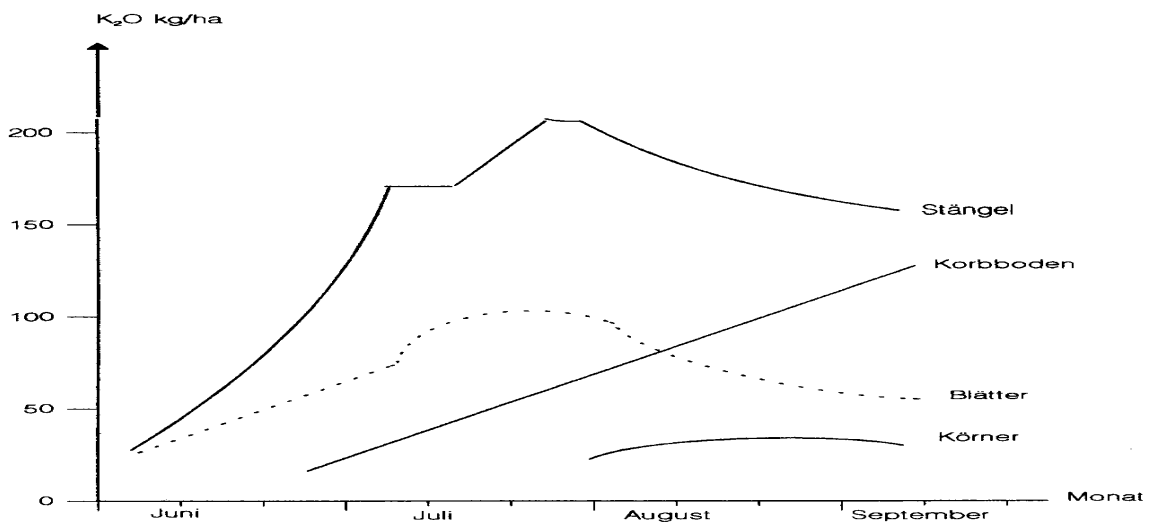


Abb. 54: Nährstoffentzüge bei Sonnenblume (Gesamtpflanze). Mittel aus 2 Sorten der Jahre 1969 und 1970 bei etwa 120 dt/ha Trockenmasse (aus HUGGER 1989).

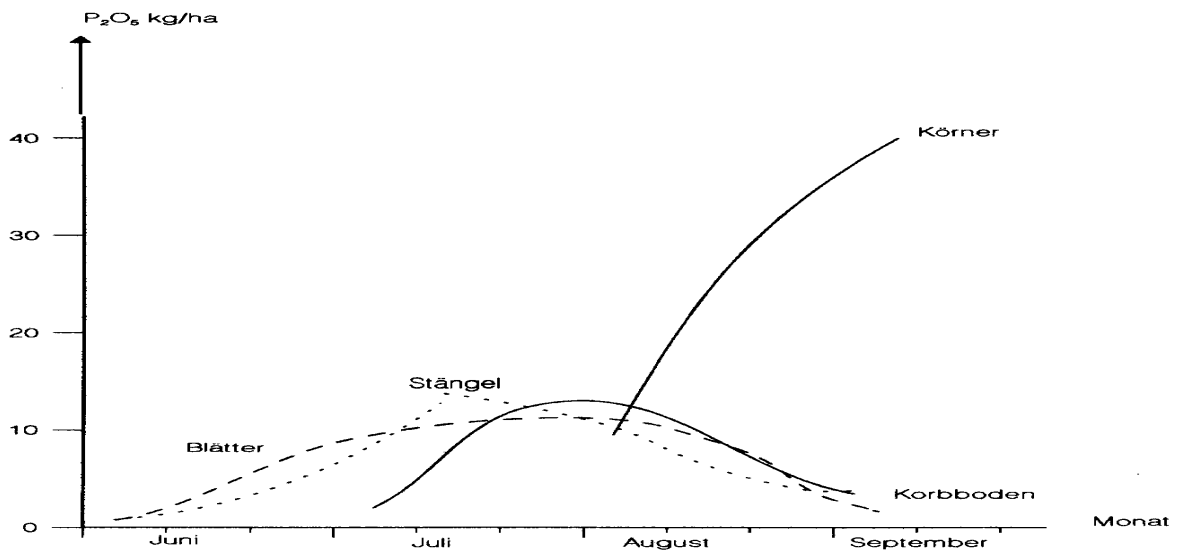
Ganz ähnliche Werte veröffentlichte RUDET (1962). In deutschen Versuchen (Löss-Lehm und humoser Sand, fünf Sorten auf drei Standorten) wurden folgende Werte ermittelt (ASSADI 1971 und BOYE 1970): N: 110 bis 211=150 kg/ha; K: 208 bis 596 = 395 kg/ha; P: 16 bis 35=24 kg/ha; Ca: 76 bis 195=128 kg/ha; Mg: 16,1 bis 67= 32 kg/ha bei einem durchschnittlichen Ertrag von 100 dt/ha Trockenmasse. Der zeitliche Verlauf der Aufnahme der drei Grundnährstoffe wird für Stängel, Blätter, Korbböden und Früchte (Körner) von HUGGER (1989) in Abb. 55 dargestellt.



1. Stickstoff



2. Kali



3. Phosphor

Abb. 55: Zeitlicher Verlauf der N-K-P-Aufnahme einzelner Pflanzenorgane
(aus HUGGER 1989)

Die **Stickstoffaufnahme** der Sonnenblume beträgt nach den verschiedensten Autoren (siehe u.a. ROBINSON 1978; BLAMEY et al. 1997) 4 bis 6 kg N je dt Ertragserwartung; sie variiert je nach Sorte und Standort. Im 4- bis 5-Blattstadium und in der Blüte liegt die tägliche N-Aufnahme bei 3 bis 4 kg/ha. Zunächst wandert der aufgenommene Stickstoff in Blätter und Stängel, danach im Knospenstadium bis zur Blüte in den Blütenstand. Mit der Blüte ist die N-Aufnahme im wesentlichen abgeschlossen. Der Eiweißaufbau in den Achänen wird aus dem Stängel und den Blättern entnommen (HUGGER 1989).

Der **Kali-Bedarf** der Sonnenblume je dt Ertragserwartung ist mit 10 bis 12 kg K₂O hoch. Die K-Aufnahme geht zunächst vor allem in den Stängel und später nach der Blüte wird es in den Korbboden umgelagert. Nur ein geringer Anteil des Kaliums geht in die Früchte

Die **Phosphataufnahme** je dt Ertragserwartung liegt bei 2 bis 2,5 kg P₂O₅. Die höchsten P-Gehalte sind zuerst in den Stängeln und in den Korbböden zu finden. Nach der Blüte wird P verstärkt in die Körner eingelagert. Bei Reife ist der Phosphatgehalt der Sonnenblume zu zwei Dritteln in den Achänen zu finden (SALLE, 1986).

Magnesium wird mit 1,5 bis 2,0 kg MgO je dt Ertrag aufgenommen. Die höchsten Werte werden in den Früchten gefunden. Mg-Mangel reduziert nach HUGGER (1989) das Tausendkorngewicht und damit den Kornertrag.

Je dt Ertragserwartung werden etwa 3 kg **Schwefel** als SO₃ aufgenommen. Davon gehen ungefähr 0,4 kg in die Früchte. Schwefel wird für die Fettsäuresynthese benötigt (BLAMEY et al. 1987).

Nach MERRIEN and PERNY (1997-98) ist **Bor** ein limitierender Faktor im Sonnenblumenanbau. Der Bedarf für einen Ertrag von 35 dt/ha liegt bei 400 g/ha. Es wurden zwischen dem 5-Blattstadium und der Knospenbildung je dt Ertrag 6,5 g Bor als Borsäure aufgenommen. Davon entfallen etwa 1,4 g B auf die Achänen und 5,1 g auf die übrigen Pflanzenteile (BLAMEY et al. 1987). Nach CETIOM (1990) sind folgende Grenzwerte (ppm) für eine Bordüngung zu beachten:

Bodenart sL, IT: bei pH <7 = 0,2; bei pH >7 = 0,3

Bodenart IS, S: bei pH <7 = 0,3; bei pH >7 = 0,6.

Bormangel zeigt sich in: Blattgewebe braunviolett verfärbt, blasige Aufwölbungen der Blätter, Deformationen der Blütenköpfe, abbrechen der Blütenköpfe und Risse an den oberen Stängelabschnitten. Nach SALLE (1986) ergibt sich folgende Nährstoffbilanz (Tabelle 17):

Tabelle 17: **Nährstoffbilanz in kg Reinnährstoff bei 30 dt/ha Kornertrag**

(nach SALLE 1985)

	Bedarf	Rücklieferung	Differenz
N	120-180	70-110	50-70
P ₂ O ₅	50-70	25-35	25-35
K ₂ O	230-360	25-35	205-325
MgO	55-110	30-60	25-50
CaO	180	169	11

HUGGER (1989) nennt folgende Werte in kg/ha bei 35 dt/ha Kornertrag: Entzug: $P_2O_5 = 87$; $K_2O = 385$; $MgO = 70$; $CaO = 210$.
Rücklieferung: $P_2O_5 = 33$; $K_2O = 303$; $MgO = 56$; $CaO = 204$ (durch die Ernterückstände).

10.2 Bestandesaufbau und Bestandesführung

Der **Bestandsaufbau** der Sonnenblume beginnt mit einer sauberen, Wasser sparenden und Unkraut bekämpfenden Schälfrucht, die wohl meist Getreide sein dürfte. Dieser folgt im Herbst als Voraussetzung für ein lockeres Saatbett im Frühjahr, eine mitteltiefe Winterfurche. Vor der Aussaat sollte eine Nährstoffanalyse des Bodens durchgeführt werden, um die richtige Düngermenge festlegen zu können, vor allem an Stickstoff (N_{min} -Gehalte).

Wie schon betont, ist die Sonnenblume in der Lage, mit wenig Wasser auszukommen, sie dankt jedoch eine gute Wasserversorgung, vor allem zum Aufgang, in der Blattbildungsphase und Blüte sowie zur Zeit der Kornfüllung, mit optimalen Erträgen. Deshalb sind alle **Bearbeitungsmaßnahmen** auch unter dem Gesichtspunkt der Bodenwasserschonung vorzunehmen: zeitiges Einebnen (Abschleppen) im Frühjahr, wobei jedoch Bodenverdichtungen durch den Schlepper bei zu feuchtem Boden unbedingt zu vermeiden sind, da diese nach Untersuchungen in Rumänien von SIN et al. (1992) mit 40 % Abnahme der Wurzelmasse und Ertragseinbußen von 6,6 dt/ha verbunden sind; mit wenigen Arbeitsgängen, am besten mit dem Kombikrümler (Grupper, Egge und Krümelgerät), das Saatbett unkrautfrei und nicht zu feinkrümelig herrichten; möglichst frühe Aussaat.

Mit der **Saatbettbereitung** werden die Düngermengen und eventuell eine Bodenherbizid-Behandlung (Vor-Saatbehandlung) eingearbeitet. Wenn notwendig, können auch Bodenschädlinge mit entsprechenden Insektiziden bekämpft werden.

Die **Aussaatzeit** richtet sich nach den gegebenen Klimabedingungen des Standortes. In Gebieten mit milden Wintern, in denen keine Fröste unter -3 °C auftreten, kann schon im Dezember/Januar/Februar gesät werden. In der Türkei (GÖKSOY et al. 1998) und in Südeuropa ist die Aussaat schon im März möglich. Unter nördlicheren Bedingungen wird Anfang bis Mitte April, wie bei der Zuckerrübe, eine Saatbettherrichtung und Aussaat möglich sein. Die Temperaturen sollen nach SALLE (1986) in 5 cm Tiefe über 8 °C liegen. Verspätete Aussaatzeiten brachten höhere Wuchslängen und Grünmassenerträge, jedoch 1968 um 2,8 dt/ha niedrigere Kornleistungen (SCHUSTER und BOYE 1971a).

Die **Saattiefe** beträgt 3 (auf bündigen) bis 5 cm (auf leichten Böden); hier ist meist ausreichend Feuchtigkeit für ein gleichmäßiges Keimen und Auflaufen gegeben. Entscheidend ist eine konstante Saattiefe, da sich sonst ungleiche Bestände ergeben, die ungleich abreifen.

Die **Bestandesdichte** richtet sich weitgehend nach den verfügbaren Bodenwasserverhältnissen: unter feuchten Anbaubedingungen 80000 Pflanzen je ha; unter trockeneren Verhältnissen oder auf sandigen Böden 50000 bis 70000 Pflanzen je ha (LINDEMANN 1985, HUGGER 1989). Dies entspricht bei einem Feldaufgang von 80 bis 85% einer Saatmenge von: 62500 Körner je ha = 3,8 kg/ha bei TKG = 60 g bis 87500 Körner je ha = 5,3 kg/ha bei TKG =

60 g. Die Reihenabstände können variieren von 40 bis 75 cm und die Abstände in der Reihe je nach angestrebter Pflanzenzahl je ha von 40 cm bei 50000 Pflanzen bei 40 cm Reihenabstand, bis 15 cm bei 70000 Pflanzen bei 75 cm Reihenabstand (siehe Tabelle 18 aus HUGGER 1989)

Tabelle 18: **Reihenabstände und Pflanzenabstände innerhalb der Reihe bei unterschiedlichen Bestandesdichten und 80% Feldaufgang** (aus HUGGER 1989)

Bestandesdichte Pfl./ha	Saatdichte Kornzahl/ha	Reihenabstand (cm)					
		40	45	50	55	60	75
		Abstände innerhalb der Reihe (cm)					
50 000	62 500	40	36	32	29	27	21
60 000	75 000	33	30	27	24	22	18
70 000	87 500	29	25	23	21	19	15
75 000	93 750	27	24	21	19	18	-

In Frankreich wird meist in Reihenabständen von 45 bis 60 cm angebaut (CETIOM 1985-1990). LÜHS und FRIEDT (1998) empfehlen 60000 bis 80000 Pflanzen je ha für die hochölsäurehaltigen Sonnenblumensorten anzustreben. Auf guten bis sehr guten Böden und ausreichender Wasserverfügbarkeit sollte die Bestandesdichte bis auf 75000 Pflanzen je ha (45 cm x 24 cm) erhöht werden, um so einen kleineren Korbdurchmesser und damit eine beschleunigte Abreife zu erreichen.

Bei weiten Reihenabständen und hohen Bestandesdichten werden die Abstände in den Reihen zu eng und die Pflanzenstängel sehr dünn, so dass es leicht zum Abbrechen und Lagerungen kommt. Auch wird der Krankheitsbefall, besonders durch *Sclerotinia sklerotiorum*, gefördert. Mittlere Reihenabstände sind deshalb vorzuziehen.

Die intensivste Blattfläche für die höchsten Erträge ist im 6-Blattstadium (Knospenstadium bis Blüte) gegeben (DUSANIC and MIKLIC 2000). Die fotosynthetische Wirksamkeit nimmt mit zunehmender Pflanzendichte ab. Bei weiten Abständen ist der *Botritis*-Befall deutlich geringer. Auch die Schäden durch Vogelfraß sind bei weiten Reihenabständen niedriger, da die Köpfe bei Reihen, die in Nord-Süd-Richtung liegen, in die Reihenabstände hängen und damit weite Abstände zueinander haben und so die Vögel von den Nachbarpflanzen nicht die reifen Körbe von unten erreichen.

Die Reihenführung in Nord-Süd-Richtung hatte sonst keine Einflüsse auf den Kornertrag oder die Kornqualität (BLAMEY et al. 1997).

LONG (1997-98) berichtet jedoch, dass im Mitteldeutschen Trockengebiet bei 4 Pflanzen je m² und 75 cm Reihenabstand die höchsten Sonnenblumenerträge erzielt wurden. In der Türkei (GÖKSOY et al. 1998) wurden die höchsten Kornerträge bei Aussaaten Mitte März und 95000 Pflanzen je ha erreicht.

Bei der Nutzung als Futterpflanze spielt dies alles keine Rolle, da die Bestände schon bei Beginn der Blüte geerntet werden. Hier wurden bei Saatzeiten Anfang Juni die höchsten Trockenmasseerträge für die Silierung mit 18 Pflanzen je m² bei Reihenabständen von 40 cm und Saatmengen von 20 kg/ha erzielt (BOGUSLAWSKI und SCHUSTER 1957, SCHUSTER 1987).

Die **Aussaatechnik** ist in den letzten Jahren durch die Einführung der pneumatischen Einzelkornsäegeräte gegenüber den mechanischen Säscheiben verbessert worden (HUGGER 1989; siehe Abb. 56). Dadurch ist eine exaktere Einzelkornablage gegeben (CETIOM1985). Das französische Hybridsaatgut wird in drei Kalibrierungen geliefert: 50 bis 60 g TKG, 60 bis 70 g TKG und >70 g TKG. Dementsprechend stehen Zellräder zur Verfügung (LINDEMANN 1985).

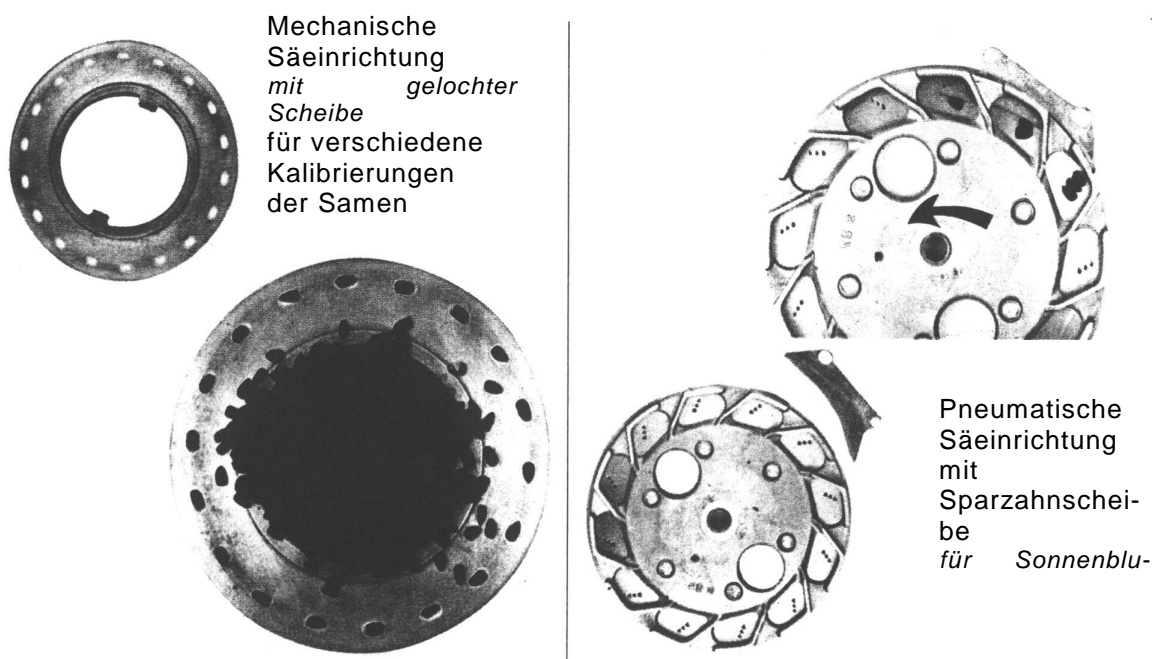


Abb. 56: Zellräder für die Sonnenblumenaussaat in Endablage (aus SALLE 1985)

Sofort nach der Saat sollte die Unkrautbekämpfung durch Spritzen von Vorauf-herbiziden erfolgen (siehe Abschnitt 1.10.13.7).

Mit dem Aufgang, der bei ausreichender Bodentemperatur (8°C) und Wasserversorgung nach 8 bis 20 Tagen erfolgt, beginnt die **Bestandesführung**. In manchen Gebieten müssen Maßnahmen gegen Hasen- und Kaninchen-Verbiss oder auch gegen Vögel ergriffen werden, die die keimende Saat ausgraben oder die Keimblätter abfressen (Tauben, Grün- und Blutfinken).

Bei Trockenheit in der Aufgangsphase muss mit 10 bis 20 bis 30 mm beregnet werden, damit ein gleichmäßiger Bestand heranwachsen kann.

Die Sonnenblume ist dankbar für eine Lockerung des Bodens bis zur Schließung der Reihen. Durch eine oder mehrmalige mechanische Hacke wird die Bodenerwärmung geför-

dert, auflaufendes Unkraut vernichtet oder wenigstens im Wachstum gestört, die Wurzelbildung durch die Bodenbelüftung gefördert und eine unproduktive Wasserverdunstung herabgesetzt. CETIOM (1992) empfiehlt dreimaliges mechanisches Hacken mit Schutzrädern und Gansefüßen, wie in Abb. 57 gezeigt.

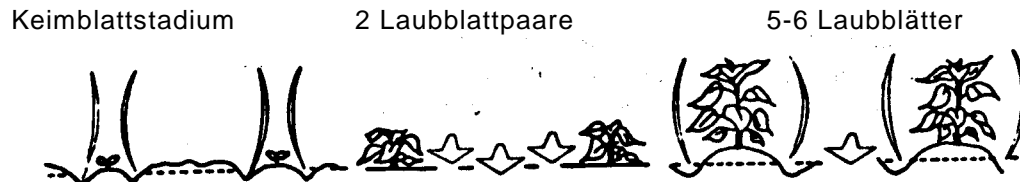


Abb. 57: **Hackarbeiten im Sonnenblumenanbau** (aus LINDEMANN1985)

In schwach entwickelten Beständen, insbesondere bei der Hybridproduktion in den I-Linien treten in manchen Gebieten im 4- bis 6-Blattstadium verschiedene Blattlausarten auf, die Kräuselung der Blätter und Nekrosen verursachen, das Wachstum der Pflanzen hemmen und die Pollen- und Samenproduktion stark vermindern (siehe Abschnitt 10.9). Hier muss frühzeitig mit Insektiziden gespritzt werden. Nach Schließung der Reihen sind keine Pflegemaßnahmen mehr notwendig.

Bei dichten Beständen und Lagergefahr hat sich eine Behandlung im 10-Blattstadium mit stängelverkürzenden Mitteln zur Verbesserung der Standfestigkeit bewährt: 300 g/ha „Ethephon“ verkürzte die Pflanzenlänge um 30 cm (180 cm auf 150 cm) in den Versuchen von MERRIEN and CHAMPOLIVIER (1992); siehe auch CETIOM (1992).

Die vorbeugende Behandlung von Pilzkrankung war in den verschiedensten Anbaugebieten der ganzen Welt wenig effizient (siehe auch Abschnitt 10.9). So fordert TOURVIEILL (2000) eine Zusammenarbeit zwischen Pflanzenschützern, Pflanzenzüchtern, Genetikern, Molekularbiologen, Pathologen und Landwirten, um die hohen Schäden durch Schaderreger im Sonnenblumenanbau, die nach dem Zusammenbruch einiger genetischer Resistenzen, besonders beim „Falschen Mehltau“ (*Plasmophora halstedii*), entstanden sind, zu mindern.

Es wurde schon betont: „Die Sonnenblume ist nicht trockenresistent, jedoch bringt sie vergleichbar höhere Erträge bei Bodentrockenheit als viele andere Kulturarten.“ (UNGER 1983, 1990). Sie besitzt ein sehr tiefes, weitverzweigtes Wurzelsystem und kann daher die Wasservorräte des Bodens gut nutzen. Nur auf leichten Böden und in Trockengebieten lohnt sich eine Bewässerung. (LINDEMANN 1985).

RINALDI (2000) veröffentlichte Simultanuntersuchungen von fünf Beregnungszeiten mit Wassergaben von 0, 50, 100 und 200 mm über 45 Jahre für süditalienische Verhältnisse: Die höchsten Frucht- und Biomasseerträge brachte eine einfache oder auch doppelte Beregnung zur Zeit der Knospenbildung bis zum Blühbeginn; die höchsten Geldgewinne für den Anbauer wurden mit einer einmaligen Beregnung von 200 mm zur Zeit der Blütenknospen erzielt.

LEMAIRE et al. (2000) erzielten höchste Sonnenblumenenerträge mit Beregnung, und damit einer guten Wasserversorgung zur Zeit des Blühbeginns bis zum Ende der Samenfüllung in Abhängigkeit vom Bodentyp.

Die **Ernte** erfolgte mit den für den Sonnenblumendrusch umgerüsteten Mähdrescher (siehe Abschnitt 10.10) bei einem Feuchtigkeitsgehalt der Achänen von 10 bis 15 % Wasser. Die Pflanzen sind zu diesem Zeitpunkt abgestorben und schwarz-braun gefärbt, die Stängel eingetrocknet und die Blätter meist abgefallen. In Gebieten, in denen zur Reifezeit im September die Abtrocknung der Pflanzen nicht gegeben ist, müssen die Pflanzen durch Totspritzen mit 2,5 bis 3 l/ha „Reglone“ zum Absterben gebracht werden. Beim Anbau von frühreifen, angepassten Hybridsorten ist dies jedoch selbst in nördlichen Anbaugebieten nur noch selten notwendig.

10.3 Standortansprüche

10.3.1 Klimatische Grenzwerte und Bodenansprüche

Wie schon eingangs ausgeführt, liegt die Heimat der Sonnenblume zwischen dem 28. und 52. Breitengrad, in den semi-ariden Gebieten Nord-Mexicos und Süd-Kanadas. Durch die weltweiten Wanderungen und Ausbreitungen hat sie auch in ihren angebauten Formen eine riesige Formenmannigfaltigkeit entwickelt, so dass sie insgesamt gesehen eine gute klimatische Anpassungsfähigkeit besitzt (ROBINSON 1987).

Die Samen beginnen schon bei 4 °C zu keimen, jedoch ist eine ausreichende Keimenergie erst bei 8 bis 10 °C gegeben und das Optimum der Keimung liegt bei 15 °C. Wie schon erwähnt, werden Fröste bis –5 °C bei kurzer zeitlicher Einwirkung im Keimblattstadium ohne Schädigungen überstanden. Im 6- bis 8-Blattstadium schädigen Fröste jedoch durch Auslösung von Verzweigungen, Blütendeformierungen und geringer Pollenproduktion (siehe auch SCHUSTER 1993).

Die optimale **Temperatur** für eine hohe Körnerproduktion beträgt 21 bis 24 °C. Bei kontrolliertem Anbau im Klimahaus wurden höhere Erträge und Ölgehalte bei 18 bis 20 °C Nachttemperatur und 24 bis 26 °C am Tage erreicht als bei 38 bis 40 °C (KLYUKA and TSURKANI 1975). Eine maximale Netto-Assimilationsrate von 28 g/m² Blattfläche pro Tag wird bei 28 °C erreicht. Insgesamt gesehen ist der Einfluß der Temperatur zwischen 18 und 33 °C gering. Höhere Temperaturen >35 °C senken den Fettgehalt (siehe auch Abschnitt 8.1.2).

HUGGER (1989) benutzt zur Beurteilung der Anbaumöglichkeiten des Standortes für Sonnenblumen die Temperatursumme der Tagesmittelwerte >6 °C, die sich nach dem Deutschen Wetterdienst wie folgt berechnet:

$$\text{Temperatur } >6^{\circ}\text{C} = \frac{\text{Temp.7Uhr} + \text{Temp.13Uhr} + 2 \times \text{Temp.21Uhr}}{4} - 6$$

Folgende Temperatursummen sollten erreicht werden:

- Frühe Sorten: Aufgang bis Blüte 660 °C, Aufgang bis Reife: 1500 °C
- Späte Sorten: Aufgang bis Blüte 770 °C, Aufgang bis Reife: 1700 °C

Nach Erfahrungen in Rhein-Hessen/Pfalz können frühe Sonnenblumensorten überall dort angebaut werden, wo die Durchschnittstemperaturen von Mai bis September über 15,5 °C erreichen und im April gesät werden kann.

HUGGER (1989) nennt weitere Grenzwerte für den Sonnenblumenanbau:

- Mindestbodentemperatur bei der Saat 6 bis 8 °C
- Spätfrostverträglichkeit der Jungpflanzen –5 °C
- Temperaturoptimum der Photosynthese 25 °C
- Kälteeinbrüche bei Beginn der Blütendifferenzierung (8- bis 12-Blattstadium) reduziert die Zahl der Blütenanlagen.

Neben den relativ hohen Temperaturansprüchen für mitteleuropäische Verhältnisse benötigt die Sonnenblume nach LINDEMANN (1985) zwischen 450 und 500 mm Niederschläge pro Jahr; das Minimum liegt (nach Semundo 1985) bei 300 mm.

Nach ROBINSON (1978) beträgt der **Wasseranspruch**, gemessen durch die Transpirationsrate (= g transpiriertes Wasser / g produzierte Trockenmasse), der Sonnenblume 577, dagegen bei Mais 349 und bei Sorghum 304, jedoch bei Weizen ebenfalls 557 und Ölsaat-Raps sogar 714. Die Transpirationsrate ist kein Maßstab für die Trockenresistenz einer Pflanze, sie ist abhängig von der Luftfeuchte, Temperatur, Wind- und Lichtintensität, sie gibt Auskunft über die Fähigkeit der Pflanze, Wasser zu nutzen, wenn die Bodenfeuchte sich in einem Optimum befindet.

Die Sonnenblume ist ein uneffizienter Verbraucher von Wasser, sie kann jedoch infolge ihres ausgedehnten, weit verzweigten und bis 2 m tiefgehenden Wurzelsystems das Bodenwasser optimal aufnehmen und verwerten (siehe auch Abschnitt 10. 6). Sie ist nicht in hohem Ausmaße trockentolerant, sie ist jedoch in der Lage, auch unter trockenen Bedingungen hohe Erträge zu liefern.

Auch die **Bodenansprüche** der Sonnenblume sind nicht sonderlich hoch. Sie wächst am besten und bringt höchste Erträge auf milden Lehmböden (BLAMEY et al. 1997), aber auch auf Lössböden und Lösslehmen und Schwarzerden mit hoher Wasserkapazität und guter Durchwurzelung sind Höchsterträge möglich. Selbst lehmige Sandböden sind noch gut geeignet, wenn die Wasserversorgung gesichert ist. Schwere, kalte, zur Verdichtung neigende Böden sind weniger oder nicht geeignet für einen Sonnenblumenanbau, da die Durchwurzelung gehemmt ist, scheiden also für einen erfolgreichen Anbau aus.

Gegenüber der **Bodenreaktion** ist die Sonnenblume ebenfalls wenig empfindlich: pH-Werte von **5,7 bis 8** werden ohne Weiteres toleriert. Jedoch darf eine zu hohe Alkalität nicht zur Festlegung von Nährstoffen führen.

Gegen **Bodenversalzungen** in Trockengebieten ist die Sonnenblume relativ empfindlich, stärker als Zuckerrüben und Gerste, jedoch weniger als Ackerbohnen, Sojabohnen, Mais und Weizen (ROBINSON 1978). Es bestehen genetische Unterschiede in der Salztoleranz, die züchterisch genutzt werden (siehe auch Abschnitt 7.2).

10.4 Fruchtfolge

Entsprechend den Ansprüchen der Sonnenblumen bieten sich Getreidearten als beste Vor- und Nachfrüchte an. Eine Begrenzung des Sonnenblumenanteiles in der Vorfrucht ist durch den Befall durch Pilzkrankungen (siehe Abschnitt 1.10.13: Pflanzenschutz) gegeben. Der Befall durch *Sclerotinia*, *Plasmophora*, *Phomopsis*, *Phoma* u.a. erfordern Abstände in

der Rotation von 3 bis 4 (LINDEMANN 1985, LÜHS und FRIEDT 1998) oder besser 5 Jahren (BONARI et al. 1992).

Eine zu große Ausweitung des Sonnenblumenanbaus, wie in Frankreich, hat sehr schnell zu hohem Krankheitsbefall durch Bildung neuer aggressiver Rassen der Schaderreger und hohen Ertragsverlusten geführt. Zum Kreis der Wirtspflanzen der genannten Schaderreger gehören neben etlichen Unkräutern Raps, Sojabohne, alle Brassica-Gemüse- und Futterpflanzenarten. Der Anteil dieser Pflanzen in der Fruchtfolge sollte nach HUGGER (1989) 25 % nicht überschreiten.

Günstige Vorfrüchte für Sonnenblumen sind alle Getreidearten einschließlich Mais. Die Vorfrucht muß eine tiefe Herbstfurche ermöglichen, damit, wie schon erwähnt, die Sonnenblume nicht unter Bodenverdichtungen leidet. Auch soll die Vorfrucht nicht zuviel Stickstoff im Boden zurücklassen, damit keine N-Überdüngung in der Jugend bis zum Blühbeginn zur üppigem Wachstum führt.

Die Sonnenblume selbst ist, wie schon betont, eine gute Vorfrucht, insbesondere für Getreide, da sie durch ihre starke Durchwurzelung den Boden für die Nachfrucht erschließt. Der hohe Kali-Entzug der Sonnenblume (siehe Abschnitt 1.10.10 Nährstoffbedarf) erfordert reichliche Kali-Düngung der Nachfrucht (BLAMEY et al. 1997). In der Getreide-Nachfrucht, einschließlich im Mais, läßt sich der Besatz mit Ausfallsonnenblumen bei der Ernte leicht durch die üblichen Herbizide beseitigen. In Rübenbeständen oder in anderen Hackfrüchten ist es jedoch wesentlich schwieriger, die infolge ihrer Keimruhe erst im Frühjahr auflaufenden Sonnenblumen zu bekämpfen. LÜHS und FRIEDT (1998) nennen eine große Zahl geeigneter Herbizide.

Als günstig für die Nachfrucht wirken sich auch die großen Mengen an organischer Masse und Nährstoffen aus, die durch die Wurzel- und Ernterückstände in den Boden gelangen. Hier ist jedoch auf eine gute, gleichmäßige Einbringung und Verteilung im Boden zu achten.

10.5 Bodenbearbeitung

Ziel der Bodenbearbeitung für einen Sonnenblumenanbau muss es sein, die Voraussetzungen für ein optimales Wachstum und damit hohe Erträge zu schaffen, worauf schon mehrfach hingewiesen wurde. Hierzu gehören (siehe Abschnitt 10.5): eine tiefe Herbstfurche ohne Pflugsohlenbildung; nach ausreichender Abtrocknung, so dass keine Bodenverdichtungen durch die Bearbeitung entstehen; einebnen, damit die unproduktive Verdunstung so gering wie möglich ist; nach weiterer Abtrocknung, Anfang bis Mitte April (in Mitteleuropa), ein Saatbett etwa wie zur Rübenbestellung mit Kombigeräten (Grupper, Egge, Krümelgerät) herrichten. Die Krume sollte hierbei nicht zu fein sein, um Verschlämmungen zu vermeiden. Mit der Saatbettherrichtung können Bodenherbizide (Vorsaatmittel), Bodenentseucher (gegen Bodenschädlinge wie Drahtwürmer u.a.) eingebracht werden, ebenso die nach einer Nährstoffanalyse (N_{\min} -Methode) notwendigen Düngermengen (siehe Abschnitt 10.7). Für leichte Sandböden und für über Winter verschlammte Lössstandorte empfehlen CETIOM (1984 – 1993) eine Frühjahrsfurche. SIN et al. (2000) empfehlen für die Frühjahrsbestellung auf Schwarzerde in Rumänien: Krümelflug, Kreiselegge, Parapflug und Scheibenegge für eine

gute Durchlüftung ohne Bodenverdichtungen. Die „No-till“-Methode (Direktsaat nach abgefrorenen Zwischenfrüchten (Phacelia)) war nicht erfolgreich. Schon eine reduzierte Bearbeitung verminderte die Drainagekapazität, verdichtete den Boden und erhöhte die Verunkrautung. Dagegen fand LINDEMANN (1998) unter süddeutschen Bedingungen, dass eine „nichtwendende Bodenbearbeitung mit Mulchfruchtanbau“ dem konventionellen Anbauverfahren ebenbürtig oder leicht überlegen war und sich günstig auf die Bodenstruktur (keine Verdichtungen) auswirkte.

10.6 Bewässerung

Es wurde schon darauf hingewiesen, dass die Sonnenblume hohe Wasseransprüche stellt, besonders in bestimmten Vegetationsabschnitten (nach SEMUNDO 1985):

1. Blütenknospenstadium bis Blühbeginn 30 bis 40 mm,
2. Blühbeginn bis Vollblüte 30 bis 40 mm und auf leichten Böden zusätzlich zum Blühen-
de 30 bis 40 mm.

Ein Bodenwasserdefizit reduziert nach BLAMEY et al. (1997) die Produktion eines Sonnenblumenbestandes an Trockenmasse um 50 bis 70 %. UNGER (1990) betont, dass die Sonnenblume in Trockengebieten einen Wasserbedarf von 500 bis 700 mm hat, dagegen unter hinreichender Wasserversorgung nur von 300 bis 500 mm. Sie benötigt daher in den kritischen Wachstumszeiten eine Zusatzberegnung oder Bewässerung von 290 mm und bei voller Beregnung 580 mm. Es wird darauf hingewiesen, dass früher Wassermangel bei der Sonnenblume zu Blattflächenverlusten und damit an Ertragspotential führt und deshalb schon zu frühen Wachstumszeiten beregnet werden muss. So berichtet SALERA (1992), dass in der Toskana/Italien bei Wasserdefizit eine Beregnung die sichersten Ertragssteigerungen erzielt wurden. RINALDI (2000) konnte für süditalienische Verhältnisse aufzeigen, dass eine einfache oder doppelte Beregnung zur Zeit des Knospenstadiums bis zum Beginn der Blüte die höchsten Kornträge brachte. Der höchste wirtschaftliche Gewinn ergab sich jedoch mit einmaliger Beregnung von 200 mm zur Zeit der Blütenknospen. Für Südwestfrankreich stellten LEMAIRE et al. (2000) fest, dass eine gute zusätzliche Wasserversorgung von Beginn der Blüte bis zum Ende der Samenfüllung hohe Erträge lieferte.

Um eine effiziente Ausnutzung der Beregnung in den wirksamen Stadien zu erreichen, empfiehlt HUGGER (1989) aus den Erfahrungen in der Oberrheinebene den Einbau von Tensiometern, die die Feldkapazität über 60% konstant halten. Die Beregnung sollte bei Trockenheit im vollen Knospenstadium bis vor Blühbeginn erfolgen. In der Blüte sollte wegen der Gefahr eines erhöhten *Sclerotinia*-Befalls nach Möglichkeit nicht beregnet werden; nach der Blüte kann die Beregnung nach Bedarf fortgesetzt werden, solange noch etwa die Hälfte der Blätter grün sind. Nach HUGGER (1989) reichten 3 bis 4 Regengaben von etwa 25 mm aus, um den Wasserdefizit von etwa 100 mm auszugleichen und damit die Ernte zu sichern. 1986 und 1988 brachten auf Kiesstandorten 10 mm Wasser einen Mehrertrag von einer dt je ha.

Steigende Bodenwasserdefizite senken den Ölgehalt und den Anteil an Ölsäure, während Linolen- und Palmitinsäure ansteigen (CAMMARATA 1995).

Nachdem in der Europäischen Union die Subventionen für Ölfrüchte weitgehend wegfallen, ist es notwendig, besonders bei der Berechnung, exakte Berechnungen der Aufwendungen gegen die Gewinne durchzuführen (LETERME et al. 1992).

10.7 Düngung

Die Düngung der Sonnenblume (siehe auch ROBINSON and BLAMEY et al. 1997) ist abhängig von (nach LINDEMANN 1985):

- Nährstoffversorgung des Bodens, hierzu ist eine Bodenuntersuchung unbedingt notwendig;
- Verfügbarkeit der Nährstoffe im Boden;
- Bodentyp und pH-Wert;
- zu erwartende Erträge;

Hinweise für eine Düngung in Süddeutschland gibt LINDEMANN (1985):

Versorgungsgrad des Bodens:	mittel	gut
N	60	20-40
P	80-100	60-80
K	160-240	140-160

Eine gute **Stickstoffversorgung** im Jugendstadium fördert nach HUGGER (1989): die Ausbildung einer großen Blattfläche vor der Blüte und eine höhere Assimilationsleistung (REVANS 1989); die Einlagerung von Eiweiß in den Blättern, das später in die Früchte umgelagert wird; die Anlage einer hohen Blüten- bzw. Kornzahl in den Blütenknospen; eine langsamere Alterung der Blätter bei der Abreife und dadurch eine vermehrte Kornfüllung. Der größte Teil des notwendigen Stickstoffs kann auf bindigen Böden (Löss, Löss-Lehm) aus dem Bodenvorrat gedeckt werden (DUSANIC and CRAIOBARAC 1997/98). Jedoch ist unbedingt eine N_{\min} -Untersuchung für die Berechnung der N-Düngung notwendig, trotz des relativ hohen Entzugs von N (siehe Abschnitt 10.1).

HUGGER (1989) empfiehlt: $N_{\min} < 50 \text{ kg/ha} = 80 \text{ kg/ha N}$; $N_{\min} 50 \text{ bis } 100 \text{ kg/ha} = 30 \text{ bis } 50 \text{ kg/ha N}$; $N_{\min} > 100 \text{ kg/ha} = 0 \text{ kg/ha N}$.

Die gesamte N-Menge kann auf bindigeren Böden zur Saat gegeben werden, lediglich auf leichteren Böden ist zu empfehlen, Gaben um 80 kg/ha N in zwei Gaben zu verabfolgen.

Ein N-Defizit schädigt die Jungpflanzen und die Wurzeln der Sonnenblumen über eine Akkumulation der Aminosäuren erheblich (MIDAOUY et al. 1999). Stickstoffüberdüngungen lassen vor der Blüte zu massige Bestände heranwachsen, die einen höheren Krankheitsbefall aufweisen, die Standfestigkeit herabsetzen und die Ernte verzögern.

Zu empfehlen ist, den Stickstoff als Kalkamonsalpeter zu geben. Zur Bekämpfung von Frühinfektionen durch *Sclerotinia* kann Kalkstickstoff vor der Saat eingearbeitet oder als Perlkalkstickstoff auf den Kopf von 30 cm hohen Sonnenblumenbeständen gegeben werden (HUGGER 1989).

Die **Phosphordüngung** muss entsprechend den Entzügen (siehe Abschnitt 10.1) niedrig gehalten werden: $40 \text{ bis } 80 \text{ kg/ha P}_2\text{O}_5$. Phosphorsäure wirkt sich günstig auf den Ölgehalt

aus: Zur Reife sind 75 % der P_2O_5 -Menge in den Achänen der Sonnenblume zu finden, das sind etwa 40 kg/ha (siehe Abb. 55). Die Phosphatdüngung erfolgt als Volldüngung (N-P-K-Dünger) oder Superphosphat, um gleichzeitig den nicht unerheblichen SO_3 -Bedarf von 3 kg/ha je dt Ertrag zu decken.

CETIOM (1984-89) empfiehlt für Frankreich folgende Grunddüngung nach Bodenuntersuchung an P_2O_5 : Versorgungsstufe A = 160 kg/ha; B = 110 kg/ha; C = 70 kg/ha.

Der **Kalibedarf** der Sonnenblume ist hoch; er beträgt je dt Gesamtertrag 10-12 kg K_2O . Die K-Einlagerung erfolgt hauptsächlich im Stängel und etwas im Korbboden, dagegen werden nur geringe Mengen in den Früchten gefunden. Kalium wirkt auf den Osmotischen Druck der Blätter und fördert die Umlagerung der Assimilate. Kalimangel verursacht Chlorosen an den Blatträndern.

Die Empfehlungen für die Grunddüngung in Frankreich von CETIOM (1984-1989) lauten: Versorgungsstufe A = 300 kg/ha K_2O ; B = 200 bis 250 kg/ha; C = 150 bis 200 kg/ha.

Die Kali-Düngung erfolgt am zweckmäßigsten im Frühjahr als Kaliumsulfat, womit auch der **Schwefelbedarf** der Sonnenblume abgedeckt werden kann, der 3 kg SO_3 je dt Gesamtertrag ausmacht (BLAMEY et al. 1988).

Der **Magnesiumbedarf** der Sonnenblume liegt noch unter der P_2O_5 -Aufnahme: 1,7 kg MgO werden durch 1 dt Gesamtertrag entzogen = 70 kg bei 35 dt/ha Kornertrag (nach HUGGER 1989). Die Grunddüngungsempfehlungen von CETIOM (1984-89) lauten: Versorgungsstufe A = 100 kg/ha MgO; B = 80 kg/ha; C = 50 kg/ha.

Auf den hohen **Borbedarf** der Sonnenblume wird von vielen Autoren hingewiesen (BLAMEY et al. 1988; HUGGER 1989; CETIOM 1990; LÜHS und FRIEDT 1998). Der höchste B-Bedarf ist bei einer Ertragserwartung von 35 dt/ha Körner vor der Blüte mit 2,5 kg/ha gegeben. Er kann am besten mit einer Boramonsulfatsalpeter-Gabe abgedeckt werden. Nach HUGGER (1989) werden 10 kg/ha „Solubor“ als Nachauflaufgabe gut vertragen. Der Entzug von 1 dt/ha Korn beträgt 1,4 g und 5,1 g von 1 dt/ha Restpflanze. Bormangel tritt hauptsächlich auf basischen Böden auf (pH-Wert >8). Bormangel zeigt sich in blasigen Aufwölbungen der Blätter, einer braunvioletten Verfärbung des Blattgewebes und an deformierten Blütenkörben sowie durch Risse am Stängel unterhalb des Korbes, so dass es zum Abbrechen des Blütenkorbes kommt.

Der Kalkgehalt des Bodens muss für die Sonnenblume in Ordnung sein, da die **Kalziumaufnahme** verglichen mit anderen Kulturpflanzen nach den Untersuchungen von ASSADI (1971) mit mittelfrühen Sorten mit 250 kg/ha Ca besonders hoch sind. Davon werden durch die Ernterückstände, vor allem durch die Stängel und Blätter gut 110 kg/ha CaO zurückgeliefert.

Optimale pH-Werte für Sonnenblumen liegen nach ROBINSON (1978) je nach Bodentyp zwischen 6,0 bis 7,2.

Sonnenblumen haben nach HALL (1984) eine vesiculare (bläschenbildende) abusiculare (falsche) **Mykorrhiza** (VAM) mit der Pilz-Gattung *Glomus* aus der Familie der Endogoneaceae. Die Mykorrhiza-Infektion ist abhängig vom löslichen P-Gehalt des Bodens. Diese VAM-Mykorrhiza kann wertvolle Hilfen für die Blattentwicklung und damit den Ertrag der Sonnen-

blume liefern. Ebenso ist eine aktive VA-Mykorrhiza für die Löslichkeit und Aufnahme der Phosphorsäure von großem Wert (BLAMEY et al. 1998). Über den Einsatz von VAM-Pilzen für die Düngung der Sonnenblume liegen noch wenig Untersuchungen vor.

Aus Indien wird über einen Gefäßversuch mit Bodenzpilz-Behandlung von Sonnenblumen berichtet (GURURAJ and MALLIKARJUNAIAH 1995):

Sonnenblumen wurden bei der Saat mit *Azotobacter chroococcum*; *Glomus fasciculatum* und *Penicillium glaucum* behandelt. Im Vergleich zu einer herkömmlichen Anbauweise wurden die Stängeldicke, die Zahl der Blätter und die Blattfläche durch alle drei Pilze gefördert. Durch *Penicillium* allein wurde eine frühere Blüte erreicht. *Acotobacter* allein bewirkte einen höheren Kornertrag und alle drei Pilze zusammen erhöhten den Ölgehalt und den Ölertrag gegenüber der Kontrolle.

10.8 Unkrautbekämpfung

ROBINSON (1978) berichtet von Versuchen in Nord-Dakota und Manitoba über Ertrags-einbußen durch Verunkrautung von Sonnenblumenbeständen von 20 bis 53 % gegenüber den unkrautfreien Parzellen. BLAMEY et al. (1997) schreiben: „Unkrautbekämpfung ist eine unbedingte Notwendigkeit im Sonnenblumenanbau.“ Sie stellen im dreijährigen Durchschnitt fest: unkrautfrei = 100 % Kornertrag; mechanische Unkrautbekämpfung = 88 % und unbehandelt = 47 %, das sind 53 % niedrigere Erträge, wenn Unkraut in den Sonnenblumen nicht vernichtet wurde. Eine mechanische Unkrautbekämpfung nur in den Reihen durch Hackgeräte (siehe Abb. 57) bringt noch 10 bis 12 % Kornertragsverluste.

Die Unkrautbekämpfung beginnt vor der Saat (siehe auch Bodenbearbeitung 10.2 und 10.5). Wenn Herbizide nicht eingesetzt werden können oder wenn nur eine geringe Verunkrautung vorliegt, ist Eggen bis eine Woche nach der Saat die wirksamste Maßnahme, die bis zum Erscheinen der Keimblätter durchgeführt werden kann. Im 4- bis 6-Blattstadium kann noch auf manchen Böden mit Striegeln gearbeitet werden. Sicherer ist jedoch die Bekämpfung der Unkräuter in den Reihen mit dem Hackkultivator (siehe Abb. 57). Heute wird meist eine Unkrautbekämpfung aus Kostengründen allein mit chemischen Herbiziden durchgeführt, obwohl die besten Ergebnisse mit der Kombination von mechanischer und chemischer Unkrautbekämpfung erzielt werden, wobei bei schwacher Verunkrautung eine Hacke und Bandbehandlung der Pflanzenreihen möglich ist (CETIOM 1992, BLAMEY et al. 1997).

Herbizide können als Voraufmitteln eingesetzt werden, wenn der Boden nicht zu reichlich mit organischer Masse versorgt ist. Die Wirkung wird deutlich erhöht durch eine nachfolgende 10 bis 20 mm-Beregnung. LOFGREN (1992) empfiehlt 0,05 kg/ha „Trifluratin“. Herbizid zur Saat sollen mit feinen Düsen ausbringen. Zur Nachauflaufbehandlung sind nur wenige Herbizide in Europa zugelassen.

Über den Einsatz und die Wirksamkeit der in Frankreich zugelassenen Herbizide informiert ausführlich CETIOM (1984-1993).

Über in Deutschland zugelassene Herbizide im Sonnenblumenanbau geben, wie schon erwähnt, LÜHS und FRIEDT (1998) ausführlichere Auskunft: Zur Einarbeitung vor der Saat werden Trifluoralinhaltige Mittel mit einer Aufwandmenge von 2,5 l/ha empfohlen („Elanco-

lan“, „Scirocco“, „Demeril 480“). Als Voraufmittel, das spätestens drei Tage vor dem Aufgang ausgebracht werden soll, wird „Bandur“ mit 4 l/ha gegen zweikeimblättrige Unkräuter empfohlen. „Stomp SC“ kann vor der Saat mit 5 l/ha eingearbeitet oder im Vorauf eingesetzt werden, dabei sollte die Saattiefe mindestens 3 cm betragen. „Bosur“ ist ebenfalls zur Voraufanwendung zugelassen.

Für die Gräserbekämpfung zeigt in der Nachaufanwendung „Fusilate ME“ mit Aufwandmengen von 1,0 bis 1,5 l/ha, gegen Quecken 2 bis 3 l/ha, gute Wirkungen.

Wurzelunkräuter, wie Disteln u.a. müssen in der Getreidevorfrucht durch Wuchsstoffe bekämpft werden.

Erhebliche Schädigungen an den Sonnenblumen können durch Abdriften von Getreide-Herbiziden von benachbarten Feldern entstehen. Ebenso verursachen Restherbizide im Boden von der Vorfrucht, wie Mais, starke Schädigungen.

Die Sonnenblume selbst wird durch die Keimruhe der beim Drusch ausfallenden Achänen für die Nachfrucht, wie Zuckerrüben, Kartoffeln und anderer Hack- und Blattfrüchte zum schwer zu bekämpfenden Unkraut. Jedoch lassen sich Ausfall-Sonnenblumen leicht in nachgebauten Getreidebeständen durch die üblichen Wuchsstoff-Herbizide vernichten, wie 2,4D- und MCPA-Mittel.

Parasitäre Unkräuter wie *Orobanche spec.* schädigen die Sonnenblumen in einigen Anbaugebieten, besonders in Rumänien und Süd-Russland, erheblich. Hier sind *Orobanche cumana* und *O. cernua* verbreitet. Doch auch *O. aegyptiaca* und *O. ramosa* kommen auf *Helianthus* vor (PARKER and RICHES, 1993); (siehe Abschnitt 10.9.2).

10.9 Pflanzenschutz

Die wichtigsten Faktoren, die den Sonnenblumenertrag mindern, sind nach PERNY (1996):

1. Das Auftreten von Schaderregern: z.B. *Phomopsis*, durch verstärkten Anbau von Ölfrüchten in den letzten Jahren.
2. Wasserversorgung: Regenmangel im Juli und August begrenzt den Kornertrag.
3. Bodenstruktur und Bodenvorbereitung: Generelle Zurücknahme der laufenden Ausgaben in der Sonnenblumenproduktion.

10.9.1 Tierische Schädlinge

Nach der Aussaat, im Keimblattstadium und in der ersten Jugendentwicklung können eine ganze **Reihe von Schädlingen** die Bestände lückig und ungleichmäßig aufwachsen lassen. Feldmäuse fressen die gesäten Körner, meist bei flacher Saat vom Feldrand her, Finkenvögel, Tauben, Krähen, Fasane und Feldhühner scharren die Samen aus der Erde. Auch die aufgelaufenen Keimblätter werden von diesen Vögeln gefressen, ebenso von Schnecken, die auch bei größeren Pflanzen bis zum 3-Blattstadium Totalschäden, meist von den Feldrändern her, anrichten können. Im Boden lebende Larven und Insekten, wie Drahtwürmer, Erdraupen, Engerlinge u.a. können große Schäden verursachen, hierauf wurde schon

im Abschnitt „Bestandesführung“ (10.2) hingewiesen. Nicht unerwähnt darf der Wildverbiß durch Kaninchen, Hasen, Rehwild vom 2-Blattstadium bis zur Knospenbildung bleiben. Im frühen Stadium über den Keimblättern abgebissene Pflanzen treiben aus den Achseln wieder aus und bilden ein bis zwei neue Triebe, die jedoch 8 bis 10 Tage später blühen und reifen, so dass der Bestand inhomogen wird. HUGGER (1989) empfiehlt zur Verhütung dieser Schäden Wildverbissmittel wie „Cunitese“, „Aoprotect“ (Basis = Thiram oder Ziram).

Insgesamt kommen über 100 **Insektenarten** auf der Sonnenblume als Schädlinge vor (SCHULZ 1978). Über Resistenz gegen tierische Schädlinge war zunächst nicht viel bekannt (FICK 1978). Lediglich über Sortenunterschiede im Befall durch Läuse wurde berichtet (THOMPSON and ROGERS 1977). Veröffentlichungen von ROGER (1981), ROGER et al. (1982) zeigen, dass relative Resistenz gegen verschiedene Insekten in einigen *Helianthus*-Arten zu finden ist. So wird daran gearbeitet, durch Artkreuzungen diese Resistenz gegen tierische Schaderreger in Kultursorten einzulagern (SKORIC 1988, SEILER 1988, CHARLET et al. 1997).

In Mitteleuropa treten verschiedene **Blattlausarten** (*Aphis spec.*) vor der Knospenbildung im 4- bis 6-Blattstadium auf, besonders an schwachen Pflanzen, in Inzuchtlinien im Zuchtgarten und bei der Hybridsaatgutproduktion auf, wie schon in Abschnitt 10.2 erwähnt wurde. Diese lassen sich durch rechtzeitige Spritzung mit den im Getreidebau üblichen Blattlausmitteln bekämpfen. Ein ökonomisches Problem entsteht jedoch, wenn Schaderreger durch Insektizide bekämpft werden und dadurch die Fremdbestäubung durch Bestäuber ausfällt (CHARLET and MILLER 1993, CHARLET et al. 1997), da die Erträge und der Ölgehalt auch bei selbstbefruchtenden Hybriden abnehmen. Es gibt jedoch auch erhebliche Unterschiede im Befall durch Blattläuse, wie Abb. 58 zeigt. Eine Bibliographie über Insekten auf Sonnenblumen in der Welt gibt RAJAMOHAN (1976).

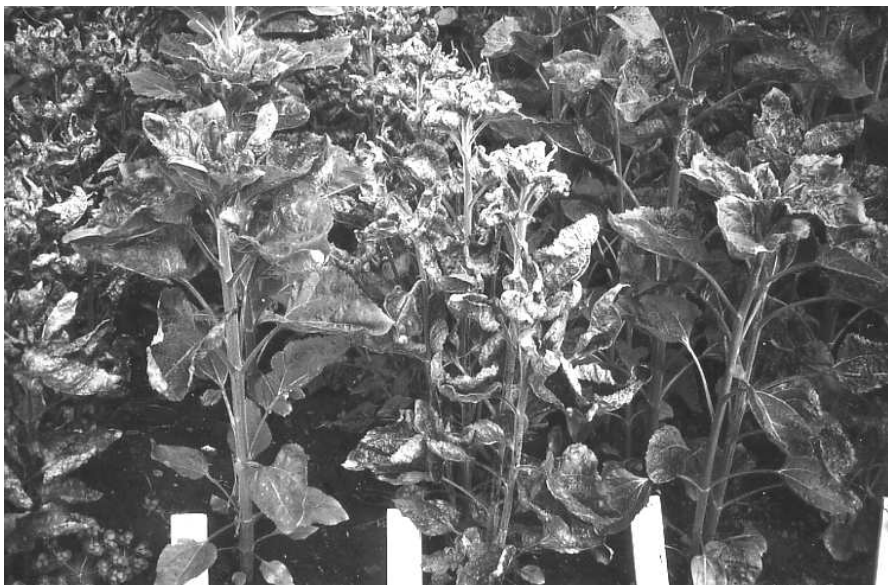


Abb. 58: Unterschiedlicher Blattlausbefall bei Sonnenblumen vor Knospenbildung

Einer der wenigen tierischen Schädlinge, gegen die es schon frühzeitig gelang, Resistenz zu finden, ist die **Sonnenblumenmotte**, *Homeosoma electellum* Hulst. in USA und *Homeosoma nebulella* Hbn. in Südost-Europa (RUDOLF 1961, KNOWLES 1978). Die Resistenz beruht auf der Ausbildung einer Schicht mit Kohlenstoffeinlagerung (= Phytomelanschicht) in der Fruchtschale (siehe Abb. 21). Nach BEARD et al. (1977) gibt es zwei Resistenzformen gegen die Sonnenblumenmotte, wobei verschiedene Inzuchtlinien und verschiedene *Helianthus*-Arten Unterschiede in der Resistenz gegen *Homeosoma* zeigen (ROGERS 1981 und DOZET et al. 1999). Die Ausbildung der Phytomelanschicht wird durch ein dominantes Gen gesteuert (FICK 1978). Sie ist in allen Sonnenblumensorten mit schwarzer Achänenfarbe und meistens in den grau gestreiften Früchten enthalten. Sie ist leicht zu erkennen, wenn man die Epidermis abkratzt. Nach ROGERS and KREITNER (1983) (siehe SKORIC 1988) ist die Phytomelanschicht in der Fruchtschale schon 13 Tage nach der Befruchtung ausgebildet. WILSON and McCLURG (1997) testeten 680 angebaute Sonnenblumensorten aus der ganzen Welt auf Resistenz gegen *Homeosoma electellum* von 1985 bis 1992. Sie fanden 90 mehr oder weniger resistente Genotypen, die sie in „Helia 20“, Dez. 1997 veröffentlichten.

Die größten Schäden an auflaufenden und reifenden Sonnenblumen richten in aller Welt **Vögel** an (BESSER 1978, LINZ and HANZEL 1997). Es sind ganz unterschiedliche Vögel, die in den verschiedenen Anbaugebieten der Erde schädigen: Finken in Europa, Tauben in anderen gemäßigten Zonen, Papageien und andere mehr. Eine Resistenz gegen Vogelfraß gibt es nicht. Lediglich eine gewisse Toleranz, indem Sorten mit einem überhängenden Kandelaber-Korb (siehe Abb. 10, Typ 3,4 und 8) etwas weniger, oder, wenn Pflanzen vom Typ 1 und 2 daneben stehen, später ausgefressen werden (FICK 1978). Ein gewisser Schutz besteht auch, wenn die Hüllkelchblätter lang sind und sich bei Reife über den Korb legen, wie links in Abb. 59. Dieser Korbtyp bringt jedoch Nachteile, indem sich unter den langen Hüllblättern Pilze und tierische Schädlinge wie Blattläuse u.ä. ansiedeln. Ebenso wird der Vogelfraß gemildert, wenn Sorten mit hängendem Korb und die Reihen in Nord-Süd-Richtung angebaut werden, worauf schon in Abschnitt 10.2 hingewiesen wurde.

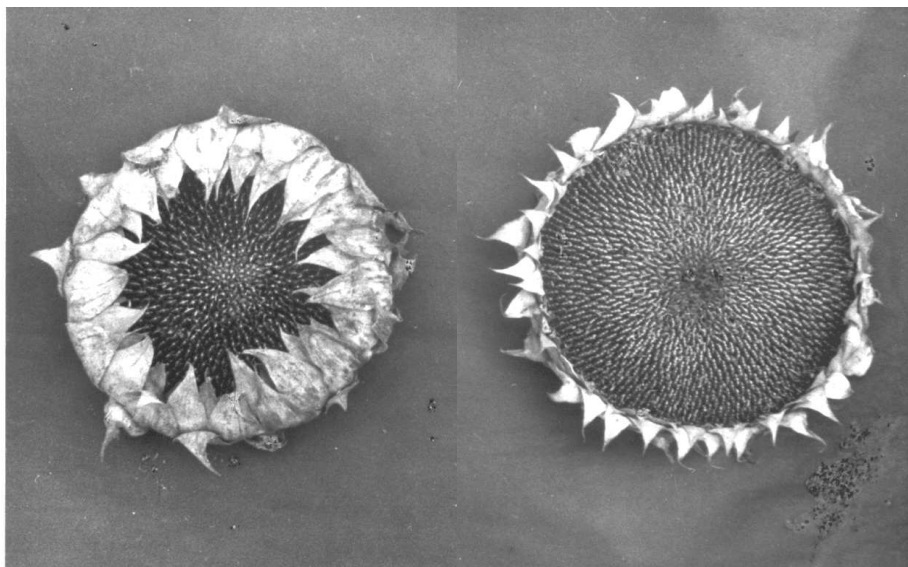


Abb. 59: Korbtypen mit verschiedenen langen Hüllkelchblättern, wobei der linke Korb stärker gegen Vogelfraß geschützt ist (aus SCHUSTER 1993)

Auch eine chemische Abschreckung der Vögel durch Spritzen von Vergällungsmitteln bei der Reife oder Beizen der Saat bringt keinen nachhaltigen Schutz. Ebenso haben alle akustischen Abschreckungen nur eine Kurzzeitwirkung von einigen Tagen. Groß ist die Zahl der Erfindungen auf diesem Gebiet (siehe auch BESSER 1978). Der einzig wirksame Schutz gegen Vogelfraß ist ein engmaschiges Netz von 1 bis 2 cm Maschenweite, das mit Hilfe eines Gestells dicht über den Züchtungen, kleinen Vermehrungen von Linien, Testkreuzungen usw., gezogen wird (siehe Abb. 60, SCHUSTER 1993). Am wirksamsten ist der Anbau von möglichst vielen und großen Flächen, so dass sich der Vogelfraß relativ in Grenzen hält. MILLER and FICK (1997) empfehlen, auf einen weiten Abstand zwischen oberstem Blatt und Fruchtkorb sowie zwischen Fruchtkorb und Stängel zu züchten.



Abb. 60: Käfig aus einem engmaschigen Netz von 1 bis 2 cm Maschenweite (links); die Abdeckung mit Gespinnstfaser bietet nur geringen Schutz (rechts)
(aus SCHUSTER 1995)

Über weitere Schädigungen durch Tiere und Witterungseinflüsse berichten BLAMEY et al. (1997), CHARLET et al. (1997).

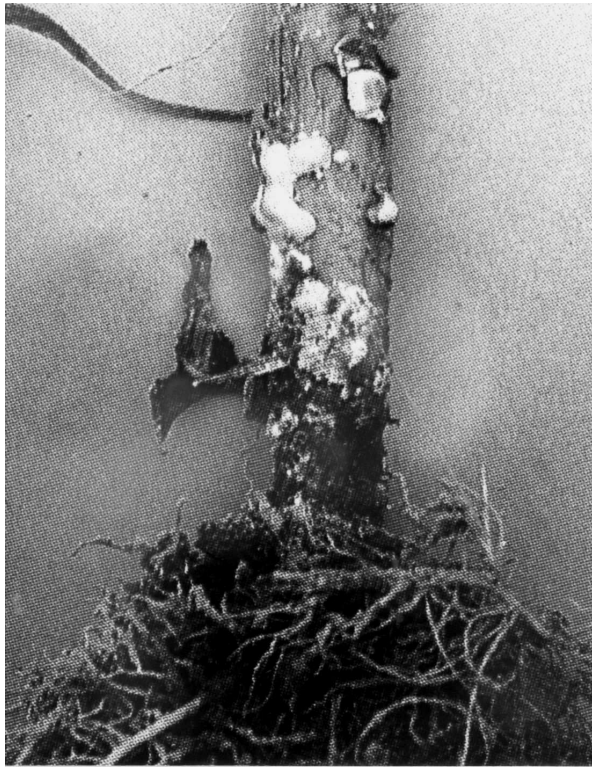
10.9.2 Pilzkrankheiten

Die Sonnenblume kann nach ZIMMER and HOES (1978) von mehr als 35 Mikroorganismen, meist Pilze, befallen werden. Die Autoren schätzen, dass 12 % des Ertrages in jedem Jahr durch Krankheitsbefall verloren gehen. Das Vorkommen, die Stärke der Infektion und der Grad der Schädigungen sind unter den verschiedenen Klimaverhältnissen und geographischen Lagen sehr unterschiedlich. Einige Pilze kommen in allen Gebieten der Erde vor, das Ausmaß der Schädigungen ist jedoch in den einzelnen Regionen verschieden (siehe auch EIJNATTEN 1974, SKORIC 1988, SEILER 1988, GULYA et al. 1997). ACIMOVIC (1988) veröffentlicht eine Kartierung des Vorkommens von Sonnenblumenkrankheiten in Europa und einigen anderen Ländern mit Angaben über die Stärke der Schädigungen (siehe Tab. 9). Weitere Literatur über Krankheiten der Sonnenblume in Europa findet sich bei LAMARQUE (1985), MARIC et al. (1988), HUGGER (1989), DAVET et al. (1991), CETIOM (1990, 1992).

Die enorme Ausdehnung des Sonnenblumenanbaus in vielen Gebieten der Erde hat dazu geführt, dass auch die Schaderreger, insbesondere die pilzlichen, durch Neubildungen von pathogenen Rassen stark zugenommen haben. Dagegen wurden Resistenzgene in Wildarten der Sonnenblume gesucht und durch interspezifische Kreuzungen für die Hybridzüchtung genutzt (HAMANN und FRIEDT 1992; siehe auch Abschnitt 9 „Stand der Züchtung“. Auch durch die Aufdeckung der Genetik der verschiedenen Resistenzen und Toleranzen konnten deutliche Fortschritte in der Resistenzzüchtung erzielt werden (MILLER 1992), über die SACKSTONE (1992) eingehend berichtet. Es werden in der ganzen Welt große Bemühungen angestellt, um Resistenz gegen die verschiedensten Pathogene und deren immer wieder neu auftretenden Rassen zu erzielen (siehe Abschnitt „Stand der Züchtung“), wobei in neuerer Zeit integrierte Systeme unter dem Verständnis der Mechanismen der Resistenz von Pflanze, Pathogen und Umwelt eine bedeutsame Rolle zugewiesen wird (LIESCU 1997/98, MOUZEYAR 2000), zumal die chemische Bekämpfung meist wenig effizient und unökonomisch ist. So wird auch über Erfolge berichtet, die Resistenz gegen verschiedene Schaderreger mit hohen Qualitätseigenschaften (z.B. Hoch-Ölsaure Genotypen) zu kombinieren (PACU-REANU-JOITA et al. 2000).

1. Wurzel-, Kopf- und Stängelfäule (*Sclerotinia sclerotiorum* de BARY)

Eine der verbreitetsten Krankheiten mit starker Schädigung bis zum totalen Ausfall der Ernte ist besonders in Europa in semihumiden Klimatalagen die Kopf- und Stängelfäule (White Rot), verursacht durch *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib) de BARY. Dieser Pilz befällt die Wurzel, den Stängel, die Blätter, die Knospe und den Trieb sowie den reifenden Korb der Sonnenblume (siehe Abb. 61). Er ist auf vielen Kulturpflanzen pathogen und deshalb weit verbreitet.



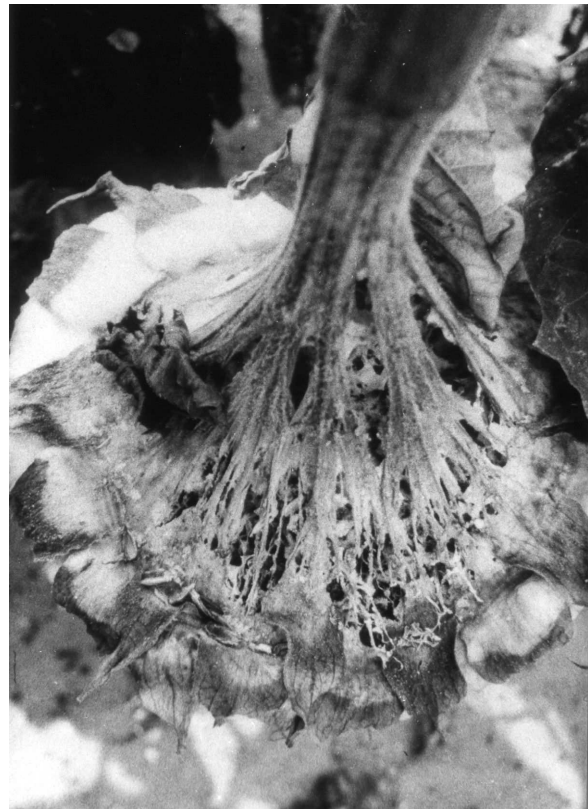
1. Wurzelfäule



2. Stängelfäule



3. Zerstörung des Haupttriebes (links)



4. Korbfäule

Abb. 61: Befall der Sonnenblume durch *Sclerotinia sclerotiorum*
(aus SCHUSTER 1993)

Durch die Kopffäule wird der Samenertrag, der Ölgehalt sowie die Qualität des Öls erheblich geschädigt (LAZAR et al. 1986, CHAHAL et al. 1988). Nach MILLER and FICK (1997) ist die Verwendung von Früchten, die von *Sclerotinia sclerotiorum* befallen sind, nicht akzeptabel für die menschliche und tierische Ernährung.

Die Sclerotien können über 10 Jahre im Boden überleben. Die Biologie des Pilzes ist eingehend erforscht (siehe u.a. ZIMMER und HOES 1978, GRAUERT 1979, CHONE 1981, SKORIC 1988), es konnte jedoch bisher noch keine eindeutige Resistenz gefunden werden, auch nicht in den Wildformen von *Helianthus*.

Schon PUTT (1958) fand jedoch deutliche Differenzierungen in der Befallsstärke zwischen Linien und Sorten. LUKA (1974) berichtet aus Novi-Sad von verschiedenen Hybriden mit guter Resistenz bzw. Toleranz gegen Stängel- und Korbfäule. PUSTOVOIT und GUBIN (1974) fanden nach Artkreuzungen zwischen *H. tuberosus* x *H. annuus* zu 70 bis 90 % resistente Pflanzen gegen neun verschiedene *Sclerotinia*-Rassen. LECLERCQ (1973) stellte eine deutliche Abhängigkeit des Befalls durch *Sclerotinia* von der Pflanzenhöhe fest: Kurzstängelige Formen hatten einen wesentlich geringeren Befall, was mit einem günstigeren Mikroklima in den Beständen erklärt wird. HAMANN and FRIEDT (1992) sowie SERIEYS (1997-98) empfehlen interspezifische Hybridisation und die Embryokultur zur Erzielung von Resistenz oder Toleranz.

Auch aus neuerer Zeit liegen Berichte über deutliche Toleranzunterschiede in Linien und Hybriden im Befall durch *Sclerotinia sclerotiorum* vor (siehe GULYA et al. 1997, FICK and MILLER 1997). FICK et al. (1983), RAMA et al. (1983) und PIRVU et al. (1985) fanden Resistenz bzw. Toleranz, wenn sie spezifische Linien untereinander kreuzten. Es wurde deshalb angenommen (SKORIC 1988), dass für die *Sclerotinia*-Resistenz additive Effekte wahrscheinlicher sind als dominante oder epistatische Genwirkungen (siehe auch MILLER and FICK 1997). Dass trotz dieser positiven Berichte bisher keine kommerziell brauchbaren Hybriden mit konstanter Resistenz entwickelt werden konnten, liegt nach SKORIC (1988) an der ungenügenden Kenntnis über den Pathogen selbst, an den unterschiedlichen Testmethoden und den unterschiedlichen geographischen und sonstigen Rassen, die die Wurzel, den mittleren Pflanzenteil und den Kopf befallen. Der Autor empfiehlt, intensiv in den verschiedenen *Helianthus*-Arten nach Resistenzgenen zu suchen. Hierzu gehören brauchbare Testmethoden, getrennt für die drei unterschiedlichen Befallsformen: Für die Testung der Kopffäule erscheinen die von TOURVIELLE et VEAR (1984) und VEAR et TOURVIELLE (1985) beschriebenen zwei Methoden am besten geeignet (siehe auch bei SKORIC 1988); für die Prüfung auf Wurzelbefall mit *Sclerotinia* empfiehlt SKORIC (1988) die von MANCL (1981) veröffentlichte Methode. Weitere Testmethoden beschreiben MESTERHAZY and GULYAS (1988) und SKORIC and RAJCAN (1992). Nach Untersuchungen von TOURVIELLE et al. (1988) bestehen keine Beziehungen zwischen der Nektar- und Pollenproduktion bei Sonnenblumen und dem Befall durch *Sclerotinia*.

Versuche, *Sclerotinia sclerotiorum* mit chemischen Mitteln zu bekämpfen, zeigten bisher keine oder nur geringe Erfolge (PERES et al. 1992). Diese Autoren empfehlen: Anbau in 80 cm Reihenabstand und keine Beregnung bei toleranten Sorten. In einigen Fällen hatten sie

Erfolge durch Anwendung von „Vinchlozoline + Carbendazim“ (375 bzw. 248 g/ha). RASHID (1997-98) hatte in einem Jahr gute Bekämpfungserfolge durch die Saatgutbeizung mit „Topsin“ und „Topsin + Captan“ gegen Infektionen aus dem Boden. Nach wie vor ist die beste Bekämpfung, einen Fruchtwechsel im Sonnenblumenanbau von fünf bis sieben Jahren einzuhalten, wenn *Sclerotinia* aufgetreten ist.

2. Grauschimmel (*Botritis cinerea* Pers.)

Eine ebenfalls in semi-humiden und humiden Klimatalagen weit verbreitete Krankheit ist der Grauschimmel (Grey mold), hervorgerufen durch den Pilz *Botritis cinerea* Pers. ex Fr. (Fungi imperfecti). Befallen werden die Blätter, die Blütenknospen und vor allem der reifende Fruchtkorb (siehe Abb. 62). GULYA et al. (1997) nennen Ertragsausfälle von 5 bis 36 % durch die *Botritis*-Kopffäule. Auch tritt eine Qualitätsminderung des Öles durch den späten Befall am reifenden Korb ein (CETIOM 1989, GULYA et al. 1997). Befallen werden nach LERON and CLERJEAU (1985) mehr als 235 verschiedene Pflanzenarten. Einen Überblick zur Biologie des Pilzes gibt KANYION (1991)



Abb. 62: Befall eines reifenden Korbes durch *Botritis cinerea* Pers.: große braune Flecken sind mit einem grau-grünen Pilzrasen überzogen (aus CETION 1989)

Der Schaden ist jedoch wesentlich geringer als der durch *Sclerotinia* verursachte. Auch für diesen Pilz werden einige Unterschiede in der Befallsstärke zwischen verschiedenen Linien und Sorten sowie bei Wildarten von *Helianthus* gefunden, jedoch keine Resistenz. GUILLANMIN et al. (1974) berichten, dass sich einige französische Hybriden im Feld- und Gewächshaus-Test wesentlich toleranter gegen *Botritis cinerea* gezeigt haben als andere Sorten. Auch KANYION (1991) fand einige Unterschiede in der Anfälligkeit gegen *Botritis cinerea*, deutlich geringerer Befall z.B. bei „NS-H-45“ und „Flamme“. LECLERCQ (1978a) testete 22 verschiedene Infektions-Methoden für die Selektion auf Resistenz bzw. Toleranz gegen *Botritis cinerea*.

Eine chemische Bekämpfung mit Dichlofluanide oder „Thiophanatmethyl + Maneb“, bei Beginn der Blüte gespritzt, ist teilweise erfolgreich (ZIMMER und HOES 1978). GAUDCHAU und MARQUARD (1989) fanden sortenspezifische Toleranzen in der Schädigung durch *Botritis* nach chemischer Bekämpfung. Neuere Untersuchungen (siehe GULYA et al. 1997) brachten in einem Jahr 20 % Ertragserhöhungen mit fünf Spritzungen mit „Carbendazin + Vindozolin“.

Es bleiben weiter intensive Bemühungen der Resistenzzüchtung, durch interspezifische Kreuzungen und Embryo- und Gewebekultur über Rückkreuzungen und Selbstungen zu toleranten bzw. resistenten Linien zu kommen (KANIYON and FRIEDT 1999), daneben durch Anbau in trockenen und wärmeren Gebieten und vorbeugender Fungizidbehandlung dem Pilz keine Infektionsmöglichkeiten zu bieten.

3. Falscher Mehltau (*Plasmopara halstedii* Berl et de Tour)

Wie die beiden vorher beschriebenen Pilze befällt auch *Plasmopara halstedii* (Farl.) Berl und de Tour (= *Plasmopara helianthi* Novol.) als Downy Mildew – Falscher Mehltau – eine große Zahl von verschiedenen Kulturpflanzen in fast allen Teilen der Welt. Dieser Pilz, der zur Familie Peronosporaceae, Ordnung Peronosporales, Klasse Phycomycetes gehört, ist vor allem in wärmeren Anbaugebieten der Sonnenblume weit verbreitet (VRANCEANU 1974 und HUGGER 1989). Er richtet große Schäden bis zu Totalausfällen an (siehe Abb. 63).



Abb. 63: Resistenzprüfung gegen *Plasmopara halstedii* (Farl.) Berl und de Toni: links resistente Sorte, rechts total befallene Sorte (aus SCHUSTER 1993)

Über die Schädigungen, den Lebenszyklus und die Biologie des Pilzes berichten eingehend ZIMMER and HOES (1978), SKORIC (1988), GULYA et al. (1997) sowie BRAHM (1989) und RÖCHER (1999). ZIMMER (1974) fand, dass die europäische Rasse des „Falschen Mehtaues“

von allen 4 Genen (PI₁, PI₂, PI₃ und PI₄) kontrolliert wird, aber nur PI₂ und PI₄ haben Resistenz gegen die Red River-Rasse. Die Vererbung der Resistenz gegen Rasse 3 beschreiben MILLER and GULYA (1987). An der Resistenz gegen *Plasmopara halstedii* sind 16 verschiedene monogen-dominante PI-Gene beteiligt (RÖCHER 1999). Kombinationen verschiedener Resistenzgene mit der cytoplasmatisch gesteuerten männlichen Sterilität ist zumeist in rumänischen Hybriden gelungen. In Linien aus USA konnte die Resistenz gegen *Plasmopara* mit der gegen Rost (*Puccinia helianthi*) kombiniert werden. In Deutschland (Baden-Württemberg) trat der Falsche Mehltau 1994 zum erstenmal auf (FICK and MILLER 1977 und MILLER 1997).

Da schon frühzeitig resistente Linien, Sorten und Hybriden in allen Teilen der Welt entwickelt werden konnten (VRANCEANU and STOENESCU 1970), war „Downy Mildew“ keine gefährliche Krankheit mehr für den Sonnenblumenanbau. Jedoch wurden danach laufend neue Rassen gefunden, die die vorhandene Resistenz durchbrechen (siehe SKORIC 1988, SACKSTON 1992, BRAHM 1998). Auch unter den kühleren Wachstumsbedingungen Süd- und Südwest-Deutschlands, in denen in den ersten Jahren des Sonnenblumenanbaus bis 1986 der „Falsche Mehltau“ nicht in Erscheinung trat, verbreitete sich mit der Ausdehnung des Sonnenblumenanbaus von 8000 ha 1986 auf 40000 ha 1994 in Baden-Württemberg, Bayern, Hessen und Brandenburg der Pilz. So konnten SPRING et al. (1994) die Pathotypen 1, 4 und 5 in Deutschland feststellen. Die neuen Untersuchungen (ROZNER and SPRING 2000) ergaben, dass nach der Saatgutbehandlung mit „Metalaxyl“, nur noch ein geringer Befall sowohl in den Feldern zur Ölgewinnung als auch den von Ziersonnenblumen für Schnittblumen, eintrat. Es wurden die Rassen 4, 8, 7 oder 9 festgestellt. Den Einsatz von Marker-Genen (BRAHM and FRIEDT 1996) und deren Kartierung (BRAHM et al. 1998) wird eine große Bedeutung in der zukünftigen Resistenzzüchtung gegen *Plasmopara halstedii* beigemessen. Auf der anderen Seite konnten auch neue Resistenzgene in verschiedenen *Helianthus*-Arten und besonders in Kreuzungen zwischen Kultur- und Wildsonnenblumen, sowie in Artkreuzungen, besonders in *H. annuus* x *H. tuberosus*, entdeckt werden (PUSTOVOIT 1978, SKORIC et al. 1978b, VRANCEANU et al. 1981, GULYA and MILLER 1985).

Bisher stehen der Züchtung 15 verschiedene PI-Resistenzgene gegen den Falschen Mehltau zur Verfügung (BRAHM 1998), die als Inzuchtlinien aus Hybriden und Kreuzungen mit Wildarten aus der ganzen Welt stammen. Dieses Material wird eingesetzt, um gegen die mittlerweile neun bekannten Rassen von *Plasmopara halstedii* Resistenz in den angebauten Sonnenblumen Hybriden zu erreichen (siehe RÖCHER 1999).

Längere Zeit bot eine Saatgutbeizung mit „Metalaxil“ einen Schutz des Keimlings. Der Pilz bildete jedoch resistente Formen bei einigen Hybriden gegen dieses Fungizid aus (OROS and VARANY 1984, ALBOURIE 1997-98, TOURVIEILLE 2000), so dass seine Anwendung unökonomisch wurde.

BRAHM et al. (2000) betonen, dass es notwendig ist, auf eine breite Resistenz gegen „Falschen Mehltau“ zu züchten und dabei für die Selektion molekulare Marker zu entwickeln und einzusetzen.

TOURVIEILLE (2000) weist auf die Notwendigkeit der Zusammenarbeit aller an der Resistenz gegen „downy mildew“ Interessierten hin, um dieses Ziel zu erreichen, wie schon in

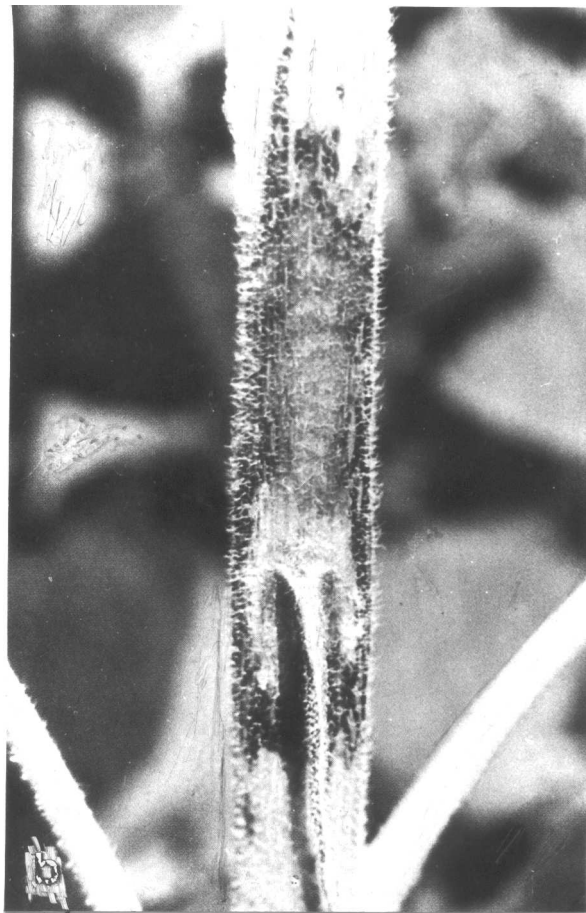
Abschnitt 9 „Stand der Züchtung“ berichtet. „Das Ziel muss sein, den Krankheitsbefall auf ein Minimum zu beschränken und dabei die Aufwendungen und Kosten so gering wie möglich zu halten: hohe Erträge durch hohe Krankheitsresistenz.“ Hierzu sollten auch Kulturmaßnahmen (z.B. nur höchstens alle vier Jahre Sonnenblumen) und die Förderung von Bodenorganismen, welche den Pilz reduzieren können, hilfreich sein und den Einsatz von chemischen Fungiziden wie „Metalaxil“.

4. *Diaporthe*-Stängelfäule (*Phomopsis helianthi* MÜNCH.-CRET. et al.)

Phomopsis helianthi Münch.-Cret. et al. verursacht schon im Jugendstadium und vor allem vor der Blüte im stärkeren Ausmaß Stängelfäule (Stem canker) (siehe Abb. 64). Die ersten Symptome eines Befalls durch *Phomopsis helianthi* zeigen sich an den unteren oder mittleren Blättern, meist nach der Blüte. Danach wächst der Pilz über die Blattstiele zum Stängel. Hier zeigen sich zunächst kleine braune Flecken, die sich schnell ausbreiten und den Stängel mit großen braunen Mycel umfassen. PENAU (1997/98) berichtet von 10 bis 15 dt/ha Ertragsausfällen durch *Phomopsis*-Befall.



1. Befall in der Blüte am oberen Stängel



2. Befall in der Mitte des Stängels bei Abreife

Abb. 64: *Phomopsis helianthi* Munt.-Cert. et al (*Diaporthe*) (aus SCHUSTER 1993)

Diese Krankheit führte in wärmeren Gebieten (26 bis 32 °C) der Balkanländer in einigen Fällen zu totalen Ausfällen der Sonnenblumenbestände (VRANCEANU et al. 1983, SKORIC 1985b, ACIMOVIC 1985). Von dort breitete sich diese gefährliche Krankheit über Italien, Spanien bis nach Frankreich aus (CETIOM 1989).

SKORIC (1985b) fand in seinen Hybridsorten eine wirksame Resistenz gegen *Phomopsis*-Stängelfäule. Nach diesem Autor wird die Resistenz gegen *Phomopsis helianthi* von zwei oder mehr komplementär wirkenden Genen kontrolliert. Er fand dabei positive Korrelationen der Resistenz gegen *Phomopsis* mit der Resistenz gegen *Macrophomina phaseoli*, *Phoma oleracea* var. *helianthi-tuberosi* und gegen Trockenheit. Resistenzgene gegen *Phomopsis helianthi* sind in den folgenden Wildarten (SKORIC et al. 1989) zu finden: *H. tuberosus*, *H. rigudus*, *H. hirsutus*, *H. strumosus*, *H. saliticifolius*, *H. decapelatus*, *H. resinosus* und *H. gigantus*.

Über Kreuzungen *H. annuus* x den oben genannten Arten konnten in Jugoslawien (SKORIC 1987) feldresistente Linien entwickelt werden. In Frankreich (CETIOM 1989) empfiehlt man in den gefährdeten Gebieten den Anbau von toleranten Sorten. QUENIN (1995) empfiehlt eine integrierte Bekämpfung durch Züchtung und ergänzende chemische Behandlung.

Für die Selektion auf Resistenz wurden verschiedene Inokulationsmethoden und eine Sprühmethode entwickelt (siehe SKORIC 1988). Ein Myzel-Test wird von TOURVIELLE et al. (1988) und ein Schnelltest von VIRANYI et al. (1988) beschrieben.

In Frankreich (CETIOM 1989) wird beim Auftreten der ersten Symptome eines *Phomopsis*-Befalls das Spritzen mit 7 l/ha „Peltar Flo“ empfohlen. SANEA (1996) berichtet von 30 bis 35 % Kornertragssteigerung durch Sprühen mit 1,5 l/ha „Sportak PF“ und „Rumiletin P“ im 8 bis 10-Blattstadium (bei Beginn der Blüte). GULYA et al. (1997) berichten von guten Erfolgen bei der *Phomopsis*-Bekämpfung in Frankreich durch Mischung verschiedener Fungizide und Behandlungsbeginn, bevor der Pilz sichtbar wird. Zweimalige Spritzung ist notwendig: 1. im Knospenstadium, 2. in der Blüte. Dazu müssen Anbaumaßnahmen wie <50000 Pflanzen je ha, <60 kg/ha N und Vernichtung der Pflanzenrückstände kommen. DEVERCHERE and PENAUD (1992) fanden eine sehr gute Wirkung gegen den Blattbefall von *Phomopsis helianthi*, und zu 72% auch gegen die Infektion des Stängels, mit einer Mischung von „Carbendazim + Iprodione“.

Für eine erfolgreiche Selektion auf Gene für Resistenz bzw. Toleranz nach interspezifischen Kreuzungen wird auch hier der Einsatz von enzymatischen Markern empfohlen (LEDOUX 1964, BRET 1994).

Nach VEAR (1996) wird die Resistenz gegen *Phomopsis* additiv vererbt, während andere Autoren (z.B. LEPAGE 1995) eine polymere Vererbung vermuten. PÄCUREANU-JOITA et al. (2000) berichten über Kombinationen in rumänischen Hoch-Ölsäure-Hybriden mit Resistenz gegen *Phomopsis* und *Orobanche*.

5. Alternaria Blattflecken-Krankheit (*Alternaria helianthi* Tub. und Nish.)

Diese in allen Anbaugebieten der Erde verbreitete Krankheit wird durch den Pilz *Alternaria helianthi* (Haust.) Tub. et Nish. (*Embellisia helianthi* Honsf. Pidopl.; *Helminthosporium helianthi* Honsf.) verursacht. Nach ACIMOVIC (1985) kann der Pilz (*Fungi imperfecti*) bei starkem Befall 10 bis 20 % Ertragseinbußen bewirken. Zu Beginn der Blüte zeigen sich die ersten dunkelbraunen Pusteln auf den Blättern, die sich über die ganze Pflanze ausbreiten: Blätter, Blattstiele, Stängel und Fruchtkorb werden befallen.

Neben *Alternaria helianthi* befallen auch *Alt. tenuis* Ness (*Alt. alternata* Keiss) und in Kanada und Argentinien *Alt. zinniae* (Rape) Dr. die Sonnenblume.

Einige Resistenzgene gegen *Alternaria helianthi* Tub. et Nish. wurden in den Wildarten *Helianthus hirsutus*, *H. rigidus* subsp. *subhomoideus* und besonders *H. tuberosus* (SKORIC et al. 1989) entdeckt. SUJATAA et al. fanden in Labor- und Feldversuchen deutliche Resistenz bei *H. tuberosus*, *H. resinosus*, *H. mollis*, *H. maximiliani*, *H. divaricatus* und *H. pouciflorus*.

SKORIC (1987) berichtet von hoher *Alternaria*-Toleranz einiger Novi-Sad-Hybriden, die gleichzeitig hoch tolerant gegen *Phomopsis* sind. Auch aus Fundulea (ILIESCU et al. 1985) wird von guter Widerstandsfähigkeit einiger Hybriden gegen *Phomopsis* und *Alternaria* berichtet. Die wirksamsten Resistenzen konnten aus Kreuzungen *H. annuus* x *H. tuberosus* und deren Rückkreuzungen selektiert werden.

SKORIC (1988) beschreibt eine leicht zu handhabende Inokulationsmethode für die Selektion im Gewächshaus. Eine Testung im Feld ist nicht zu empfehlen, da die notwendige Luftfeuchte und Temperatur nicht optimal konstant gehalten werden können.

6. Braun-schwarz gefleckte Basisstängel-Fäule (*Macrophomina phaseoli* Ashby)

In allen wärmeren, semiariden Anbaugebieten der Erde befällt *Macrophomina phaseoli* (Maubl.) Ashby (*Sclerotium bataticola* Taub) die Sonnenblume, auch in Südwest-Frankreich. Der Pilz verursacht eine braun-schwarz gefleckte Fäule am Basisstängel (Charcoal rot). Der Ertrag kann um 20 bis 25 % verringert werden und der Ölgehalt der Früchte nimmt deutlich ab (TIHONOV and NEDELJKOV 1978). Der Pilz befällt schon frühzeitig den Stängel und die oberen Wurzeln, später verrottet der Stängel und bricht bei Belastung ab (siehe CETIOM 1988).

Resistenz bzw. Toleranz gegen *Macrophomina phaseoli* wurde in wilden *Helianthus*-Arten: *H. mollis*, *H. maximiliani*, *H. tomentosus*, *H. lactiflorus*, *H. scaberrimus*, *H. tuberosus*, *H. macrophyllus*, *H. rigidus* und *H. subcanescens* gefunden (PUSTOVOIT and SKUROPET 1978). SKORIC (1988) beschreibt eine Methode zum Testen von Resistenz gegen *Macrophomina* im Gewächshaus.

7. Welkekrankheit (*Verticillium dahliae* Kleb.)

Die Welkekrankheit (Leaf mottle), verursacht durch *Verticillium dahliae* Kleb. und *Verticillium albo-atrum* R. et B., ist eine besonders in den gemäßigten Klimagebieten der Erde weit verbreitete Krankheit, die über 350 verschiedene Pflanzenarten befallen kann (ZIMMER and HOES 1978). Auch von *Verticillium dahliae* und *V. albo-atrum* wird berichtet, wie von *Botrytis* und *Sclerotinia*, dass der gleiche Pathogen-Typ die verschiedensten Arten befällt. Begünstigt wird die Ausbreitung der Krankheit durch warme und feuchte Witterung in trockenen Jahren. Der Ertragsausfall kann bei starkem Befall 20 bis 50 %, sogar bis 100 %, betragen (SKORIC 1988, GULYA et al. 1997). Im Knospentadium oder bei Blühbeginn welkt die ganze Pflanze, wird braun und stirbt ab.

Glücklicherweise konnte schon frühzeitig Resistenz gegen *Verticillium* gefunden werden, die aus interspezifischen Kreuzungen stammt (PUTT 1985). Die Vererbung wird nach PUTT (1958), FICK (1978a) über ein einfach dominantes Gen gesteuert. Weitere Berichte über das Vorhandensein von Resistenz in den verschiedensten *Helianthus*-Arten und Zuchtmaterialien

liegen aus den unterschiedlichsten Ländern vor (siehe SKORIC 1988, GANSSMANN und FRIEDT 1994). Andere Autoren (PUSTOVOIT and KROKHYN 1978) fanden, dass die Resistenz gegen *Verticillium* durch zwei rezessive oder auch komplementär dominant wirkende Gene gesteuert wird. Vom Auftreten neuer Rassen wird aus Argentinien (BARTELO and VEZQUEZ 1982) berichtet. Zum Testen auf *Verticillium*-Resistenz der selektierten Linien beschreibt SKORIC (1988) eine Gewächshausmethode.

GULYA et al. (1997) empfehlen verstärkte Resistenzzüchtung und zusätzliche chemische Bekämpfung.

8. Schwarzfleckigkeit des Stängels (*Phoma oleracea* Sacc.)

Die Schwarzfleckigkeit am Stängel (Phoma Black Stem) wird durch den Pilz *Phoma oleracea* var. *helianthi-tuberosi* Sacc., der in allen Anbaugebieten der Sonnenblume weit verbreitet ist, verursacht. Er befällt alle Pflanzenteile, besonders den Stängel; es bilden sich große, tiefschwarze, glänzende Flecken, die die Blätter und danach die ganze Pflanze zum Absterben bringen. Später Befall tritt am Kopf und an den Hüllkelchblättern auf (siehe ZIMMER and HOES 1978, GULYA et al. 1997). Nach SKORIC (1988) sind die meisten Sorten anfällig gegen *Phoma oleracea*, jedoch sind die Schädigungen bisher gering. Untersuchungen von PUSTOVOIT and SKUROPET (1978) and FAYZALLA (1978) ergaben Resistenz in einigen wilden *Helianthus*-Arten: *H. maximiliani*, *H. agrophyllus*, *H. tuberosus*, *H. rigidus*, *H. divaricatus*, *H. tomentosus* und *H. subcanescens*. SKORIC (1988) fand in der alten Sorte „Yubiley-nia“ Resistenz gegen *Phoma*-Schwarzfleckigkeit. Dieser Autor beschreibt eine Gewächshausmethode für die Testung der Anfälligkeit der Sonnenblumenlinien gegen *Phoma oleracea*.

9. Sonnenblumenrost (*Puccinia helianthi* Schw.)

Sonnenblumenrost (*Puccinia helianthi* Schw.) ist weit verbreitet. Der Pilz lebt in allen Stadien auf der Sonnenblume. Er befällt vornehmlich die Blätter (siehe Abb. 65), die bei frühzeitigem und starkem Befall vor der Reife absterben und so die Assimilationsfläche reduzieren. Es treten Schäden im Kornertrag bis zu 36 % sowie im Tausendkorngewicht und im Ölgehalt durch Sonnenblumenrost auf (ZIMMER and HOES 1978, SLJUSAR 1983).

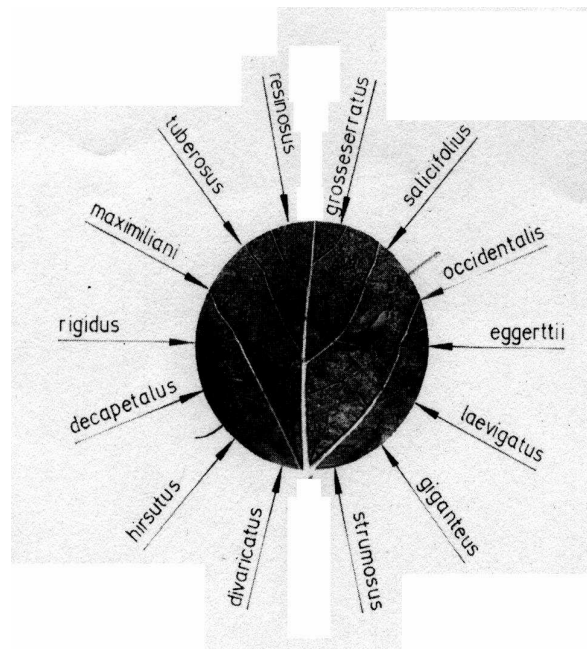


Abb.65: **Sonnenblumenrost (*Puccinia helianthi* Schw.)** (aus ZIMMER and HOES 1978)
sowie wilde *Helianthus*-Arten mit Resistenz gegen den Rost
 (aus SKORIC et al. 1989)

Resistenz gegen Sonnenblumenrost ist in mehreren Wildformen der Gattung *Helianthus* zu finden, die durch Artkreuzungen in Kultursorten eingelagert werden kann (siehe Abb. 65). Vor allem zeigt sich *Helianthus maximiliani* vollständig resistent gegen *Puccinia helianthi*, wobei zwei nicht allele, dominante Gene R1 und R2 zusammenwirken (PUTT and SACKSTON 1963). Nach SACKSTON (1962) und VRANCEANU et al. (1978) wirken vier verschiedene *Puccinia*-Rassen zusammen, die durch vier Major-Gene kontrolliert werden (siehe SKORIC 1987).

Andere Autoren fanden eine einfach dominante Vererbung mit teilweise additiver, aber auch intermediärer Wirkung. Auch rezessive Gene wurden für die Resistenz gegen *Puccinia helianthi* gefunden (FICK 1978). PUSTOVOIT and SLJUSAR (1979) empfehlen die Artkreuzung zwischen *H. multifloris* x Linien von *H. annuus* mit guten Eigenschaften zur Erstellung von resistenten Sorten. Bisher liegt eine große Zahl von Arbeiten über das Auftreten neuer Rassen und neuer Resistenzgene vor, über die SKORIC (1998), SKORIC et al. (1989) berichten. Hier werden Linien und Sorten mit spezifischer und vollständiger Resistenz gegen *Puccinia helianthi* genannt. Das „Internationale Sonnenblumenrost Komitee“ hat eine neue Nomenklatur erstellt. Auch wurde eine verbindliche Testmethode für die Prüfung auf Resistenz gegen Sonnenblumenrost veröffentlicht (YANG 1988). Die Rostresistenz konnte mit einigen anderen Resistenzeigenschaften und mit der männlichen Sterilität kombiniert werden. In kurdischen Untersuchungen (RASHID 1997 und 1997/98) konnte durch eine Fungizidbehandlung mit mehreren Mitteln und besonders „Benomyl“ eine signifikant Zunahme des Kornertrags erzielt werden.

10. Echter Mehltau der Sonnenblume (*Erysiphe cichoracearum*) D.C.

Echter Mehltau der Sonnenblume (Powdery Mildew) wird durch den Ascomycet *Erysiphe cichoracearum* hervorgerufen. Auf der Oberseite der Blätter bildet sich entlang den Blattnerven ein weiß-graues Pilzmyzel, das später das ganze Blatt überzieht. Die Krankheit ist weltweit verbreitet. In den gemäßigten Klimazonen tritt der Pilz erst nach der Blüte auf und verursacht deshalb keine ökonomisch bedeutsamen Schäden. SKORIC (1988) sieht nichtsdestoweniger eine Notwendigkeit, Resistenz-Gene aus Wildarten in Kultursorten einzulagern. Drei einjährige und 14 mehrjährige *Helianthus*-Arten haben Resistenz gegen *Erysiphe cichoracearum* (siehe Abb. 66)

Für die Resistenzzüchtung gegen echten Mehltau wird die Kreuzung zwischen Kulturlinien und den einjährigen Wildarten empfohlen. Nach SKORIC (1988) gibt es zwei differenzierte Mehltau-Rassen: eine europäische und eine amerikanische.

Nach KUKIN (1982) kann echter Mehltau bei Sonnenblumen auch durch die Pilze *Leveillula compositarum* Gorlow und *Sphaerotheca fuliginea* Poll. hervorgerufen werden.

Die wichtigsten Pilzerkrankungen für die europäische Sonnenblumenzüchtung sind die unter 1., 2., 3. und 4. genannten, wobei weltweit große Anstrengungen unternommen werden, um Resistenz-Gene gegen *Plasmopara*, *Sclerotinia* und *Botrytis* zu finden.

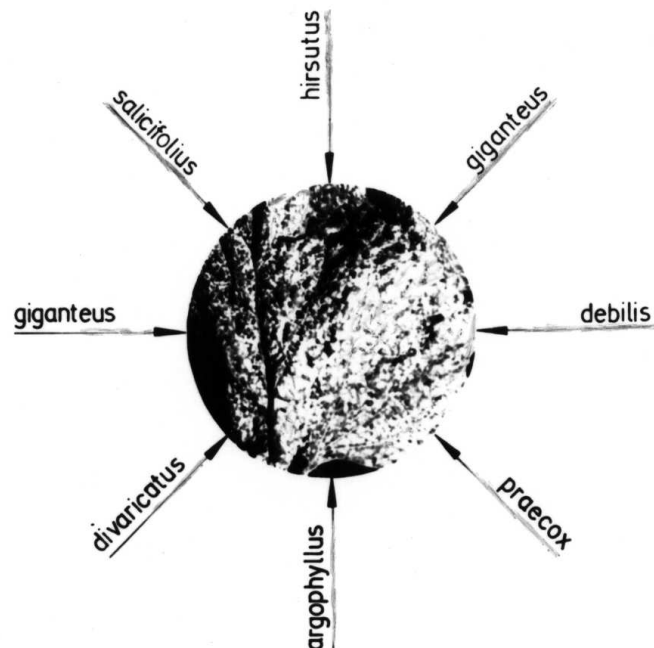


Abb. 66: Resistenzgene gegen *Erysiphe cichoracearum* D.C. in verschiedenen *Helianthus*-Arten (aus SKORIC et al. 1989)

11. Sonnenblumenwürger (*Orobanche cumana* Waltr. und *O. cernua* Loefl.)

Der Sonnenblumenwürger ist ein Parasit, der auf den Wurzeln der Sonnenblume wächst. Die Biologie des Schaderregers beschreibt SKORIC (1988). Diese Schmarotzerpflanze richtet große Schäden in Russland, in den Balkanländern und in der Türkei an (VRANCEANU 1974). Schon 1920 wurden in Russland gegen *Orobanche* resistente Formen gefunden. Es traten jedoch bis heute immer wieder neue virulente Rassen des Schädlings auf (FICK 1978, SKORIC 1988).

POGORLETZKU (1974), PUSTOVOIT (1978), VOSKOBOJNIK et al. (1989) und AYDIN and KORKUT (1998) berichten über stabile Resistenz gegen neue *Orobanche*-Rassen in der Ukraine und in der Türkei, die sie durch Artkreuzungen zwischen *H. tuberosus* x *H. annuus* und deren Rückkreuzungen erhielten.

Nach BURLOV and KOSTIUK (1976) wird die Resistenz gegen individuelle *Orobanche*-Rassen durch ein dominantes Genpaar gesteuert. GUNDAEV (1971) nahm eine komplexe, durch mehrere Gene gesteuerte Vererbung an. Durch eingehende Arbeiten in Fundulea/Rumänien konnten VRANCEANU et al. (1980) die Vererbung der verschiedenen physiologischen *Orobanche*-Rassen aufzeigen. Die Autoren nehmen an, dass 25 bis 32 differenzierte Rassen von *Orobanche cumana* existieren. DOZET et al. (1999) entdeckten in Novi-Sad/Jugoslawien eine neue Rasse E, gegen die sie jedoch auch Resistenz fanden.

Für die Testung auf *Orobanche*-Resistenz sind zwei Methoden üblich (siehe SKORIC 1988):

1. Eine Feldprüfung, bei der *Orobanche*-Samen mit Sand gemischt in Hügeln ausgebracht werden, bevor man die zu testenden Linien aussät.
2. Ein Boden-Sand-Gemisch 1:1 wird mit 20 mg Samen des Parasiten auf je 1 kg des Boden-Gemisches eingemischt und in 5 bis 10 l Gefäße (Mitscherlich-Gefäße) gefüllt, in die die Sonnenblumensamen der zu testenden Linien ausgelegt werden.

Optimale Bedingungen im Gewächshaus für die Infektion sind 24 bis 26 °C, Belichtung mit 16000 Lux im 14-h-Tag (DJAKOV and ANTONOVA 1978). Abbildung 67 zeigt unterschiedliche Resistenz in einem solchen Test. Einen Frühtest auf *Orobanche*-Resistenz beschreibt HORVATH (1988). AYDIN et al. (2000) untersuchten die Resistenz der im FAO-Feldtest stehenden Hybridsorten: Sie fanden, dass nur der Hybrid „NX-12244“ in beiden Testjahren Resistenz gegen *Orobanche cumana* zeigte.



Abb. 67: **Unterschiede im Befall durch *Orobancha cumana* Waltr. (Sonnenblumenwürger) im Gewächshaus; rechts resistente Sorte** (aus SCHUSTER 1993)

Eine chemische Bekämpfung mit guten Erfolgen in Spanien beschreiben ALONSO et al. (1998): Mit 26,6 bis 53,2 g/ha „Imazethapyr“ im Nach-Auflauf-Verfahren an 40 Tage alten Pflanzen wurden alle aufgelaufenen Parasiten abgetötet. Eine wilde *H. annuus*-Population aus Kansas/USA zeigte zu 25 % völlige Resistenz gegen „Imazethapyr“. Die Autoren sehen hierin eine neue Methode der Bekämpfung des Sonnenblumenwürgers.

Unter bestimmten Anbaubedingungen und –gebieten kann eine Resistenz gegen einige Herbizide oder Herbizid-Kombinationen von Interesse sein (GLUSAC and KOSOVAC 1988). Selektion auf Resistenz kann schon im frühen Keimpflanzenstadium oder im Einzelzellenstadium erfolgen, wenn die Regenerierung von ganzen Pflanzen aus resistenten Einzelzellen gelingt (siehe Abschnitt Biotechnologie 9.4).

Über einige weitere Pilz- und **Bakterienkrankheiten** sowie **Virosen** und **Mycoplasmen**, die in bestimmten Klimagebieten eine Rolle spielen, berichten ZIMMER and HOES (1978), SKORIC (1988) sowie GULYA et al. (1997). Erfahrungen mit der Bekämpfung von Sonnenblumenkrankheiten durch Fungizide veröffentlichten zusammenfassend KUFNER (1988) und MARZIREVIC and MARIC (1988).

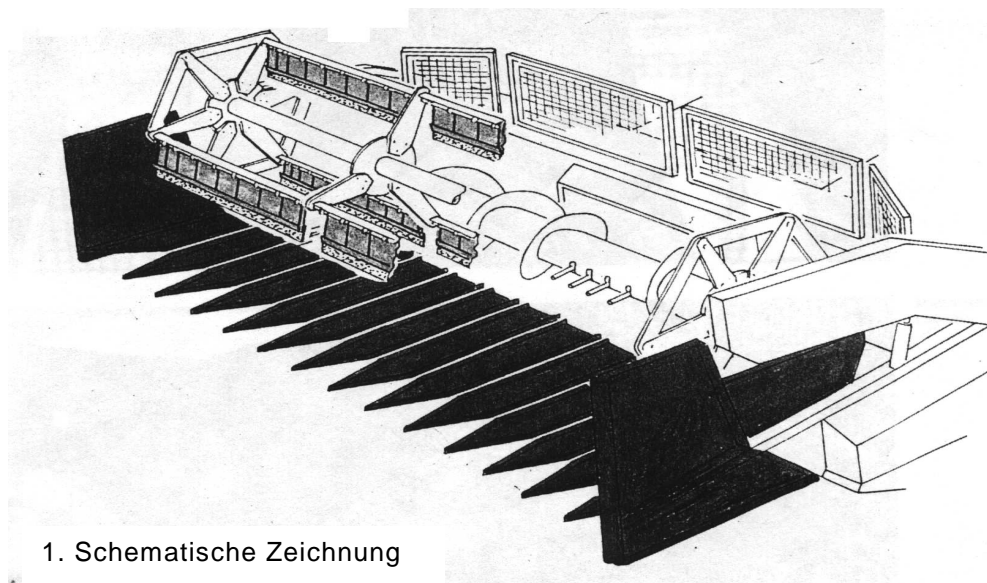
10.10 Ernte

10.10.1 Erntezeitpunkt und Erntetechnik

Die physiologische Reife ist bei der Sonnenblume eingetreten, wenn sich die Kopfrückseite von grün zu gelb verfärbt (SCHULER et al. 1987; HOFMAN and HELLEVANG 1997). Der Feuchtigkeitsgehalt der Achänen beträgt zu dieser Zeit etwa 25 %. Bis zur physiologischen Reife steigen noch der Ölgehalt und das Tausendkorngewicht an. Der Fruchtkorb ist zu diesem Zeitpunkt jedoch mit etwa 80 % Wasser noch wesentlich feuchter (HUGGER 1989). Ein Drusch zu diesem Zeitpunkt würde zu hohen Wassegehalten der gedroschenen Achänen führen und hohe Nachrocknungskosten verursachen. Frühe Sonnenblumensorten erreichen die physiologische Reife in Mittel- und West-Europa nach 120 bis 150 Tagen nach dem Aufgang, dies ist etwa Ende August bis Anfang September gegeben. Bei günstiger Witterung verlieren danach die Früchte 1,2 bis 1,6 % Wasser täglich, so dass die Kornfeuchte Anfang bis Mitte September <20 % H₂O beträgt. Der Fruchtboden gibt erst 3 bis 4 % Wasser täglich ab, wenn der Stängel von der Basis her eintrocknet und die unteren Blätter abfallen. Der Blattapparat ist von der Basis her bis zu 2/3 abgestorben. Wenn die Früchte nur noch um 15% Wassergehalte aufweisen, kann verlustarm gedroschen werden (HUGGER 1989, LÜHS und FRIEDT 1998). Durch *Botritis* und *Sclerotinia* befallene Bestände und große, fleischige Körbe trocknen langsamer ab. Überreife Bestände sind durch Fäulnis (Krankheiten), Lagerung und Vogelfraß gefährdet.

Über 15 % H₂O der Körner beim Drusch verursacht Zunahme der Verunreinigungen und hohe Trocknungskosten. Unter 10 % H₂O bei der Ernte bedeutet Verluste durch Ausfall, Vogelfraß und Fäulnis (LINDEMANN 1986).

Eine chemische Behandlung zur Beschleunigung der Abreife sollte nach HUGGER (1989) eine Notmaßnahme bleiben, um kranke Bestände oder verspätet abreifende Bestände so gut als möglich zu beernten. Empfohlen werden bei 25 bis 30 % H₂O der Früchte 3 l/ha „Basta“ (Wirkstoff „Glufosinate-Ammonium“); 3 l/ha „Reglone“; in USA „Gramoxone-Extra“ (LINDEMANN 1986, CETIOM 1993, HOFMAN and HELLEVANG 1998). Acht Tage nach der Behandlung kann geerntet werden. Der Einsatz dieser Mittel ist aufwändig und kostspielig.



1. Schematische Zeichnung



2. Lieferbare Ausführung



3. Im Einsatz bei der Sonnenblumenernte

Abb. 68: In der Praxis bewährter Umrüstungssatz am Mähdrescher für die Sonnenblumenernte (aus HUGGER 1989)

Geerntet wird mit dem Mähdrescher. Dieser muß jedoch für den Sonnenblumendrusch umgerüstet werden. HUGGER (1989) beschreibt eine von CETIOM (1984) in Frankreich vorgeschlagene, einfache, selbsterstellbare Umrüstung, die sich seit den 80er Jahren bewährt hat. Eine von mehreren Firmen hergestellte Umrüstung des Getreidemähdreschers, die heute meist im Einsatz ist, zeigt Abb. 68 (aus HUGGER 1989)

Für die Ernte lagernder Bestände sind abknickende Schleifbleche konstruiert worden, wie sie Abb. 69 zeigt.

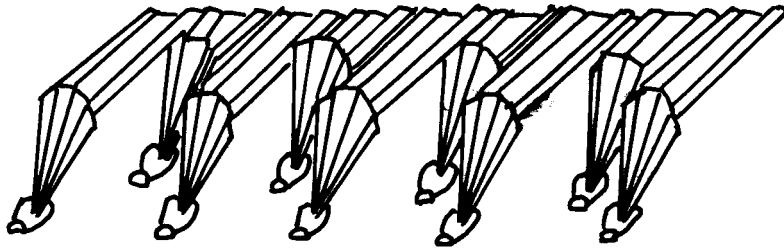


Abb. 69: **Abknickende Schleifkufenbleche für die Ernte von lagernder Sonnenblumenbestände** (aus HUGGER 1989)

Auch für Maispflückernter sind Umrüstungen entwickelt worden, die sich für den Mähdrusch von Sonnenblumen gut eignen (siehe Abb. 70).

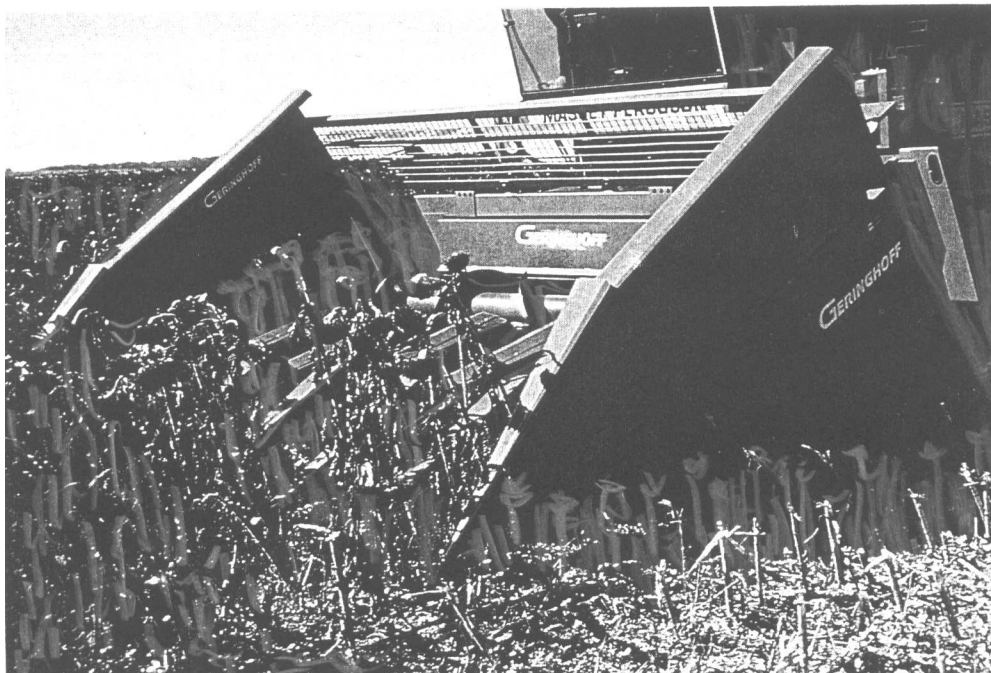


Abb. 70: **Maispflückvorsatz umgerüstet für die Sonnenblumenernte** (aus HUGGER 1989)

In den klassischen Anbaugebieten werden für den großflächigen Anbau speziell konstruierte Sonnenblumenmähdrescher mit hoher Leistungsfähigkeit eingesetzt (siehe SCHULER et al. 1978, HOFMAN and HELLEVANG 1997).

Für die Sonnenblumenernte eignen sich nach LÜHS und FRIEDT (1998) besonders Mais- und Bohnendreschkörbe, aber auch die Universalgetreidedreschkörbe können nach entsprechender Erweiterung auf vorne 23 bis 40 mm, hinten 17 bis 30 mm mit Erfolg eingesetzt werden. Der Dreschkorb sollte möglichst weit eingestellt werden. Um ein Schälen der Früchte (Achänen) zu vermeiden, muss die Trommeldrehzahl auf 450 bis 600 Umdrehungen je Minute verringert werden. Bei geschälten und zerkleinerten Früchten kommt es leicht zur

Bildung von freien Fettsäuren, die bei der Verwendung des Öles große Schwierigkeiten bereiten (siehe BINGEL und MARQUARD 2001 sowie Abschnitt 8 Inhaltsstoffe und Qualität).

Die Siebwahl und die Windeinstellung ist auf die jeweiligen Erntebedingungen abzustimmen. Spezielle Einstellhinweise gibt PEIFFER 2001. Eine Standard-Einstellung ist nach LÜHS und FRIEDT (1998): Obersieb 12 mm, Untersieb 8 bis 12 mm oder bei feuchteren Ernte- verhältnissen: oben 18 mm und unten 16 mm Rundlochsiebe.

Auf die sorgfältige Reinigung des Mähdreschers nach der Ernte wird von allen Firmen und Autoren besonders hingewiesen, um Korrosionen durch fettige Verunreinigungen zu vermeiden.

10.10.2 Aufbereitung und Lagerung

Die Anforderungen an die Qualität des Erntegutes sind hoch anzusetzen. Die geforder- ten „Interventionsnormen“ sind: 9 % Wasser, 2 % Fremdbesatz (Verunreinigungen), 44 % Ölgehalt, <5 % bis <2 % freie Fettsäuren (HUGGER 1989, BOGISCH 2001).

Freie Fettsäuren entstehen durch fettspaltende Enzyme und Mikroorganismen an ge- schälten Achänen und vor allem an gebrochenen Samen unter feuchtwarmen Bedingungen. Nach HUGGER (1989) entwickeln sich freie Fettsäuren durch: längere Lagerung von feuchtem Erntegut, hohen Anteil von geschälten oder verletzten Samen, hohen Anteil von mit *Botritis* befallenen Früchten. BINGEL und MARQUARD (2001) konnten in ihren Untersuchungen die oft gemachte Aussage, dass auch durch mangelnde Ausreife der Anteil an freien Fettsäuren er- höht ist, nicht bestätigen. Sie kommen zu dem Schluss, dass es allein durch zu feuchte La- gerung, Pilzbefall der Früchte im Lager und der Körbe auf dem Feld zu einem Anstieg der freien Fettsäuren kommt. Durch Beschädigung der Früchte werden die Auswirkungen ver- stärkt.

Die Körner mit hohem Gehalt an freien Fettsäuren haben eine geringere Ölausbeute und der Aufwand bei Raffination (Entsäuerung) des Öls ist höher. Deshalb ist es notwendig, den Mähdrescher sorgfältig für einen die Früchte schonenden Drusch einzustellen, bei einem Wassergehalt der Früchte von 15 bis 20 % zu ernten und das Erntegut sorgfältig zu trocknen und zu lagern.

Sonnenblumenfrüchte mit Wassergehalten bis zu 20 % können mit allen im Gebrauch befindlichen Trocknungsanlagen auf die für eine einwandfreie Lagerung notwendigen 8 bis 9 % Wasser getrocknet werden. Bei hohem Wassergehalt sind Durchlauf Trockner besser ge- eignet. Das Erntegut sollte frei von Verunreinigungen sein, also vorher gereinigt werden, da sonst die Trocknung erschwert und verteuert wird (HUGGER 1989). Die Trocknungstempla- tur sollte 70 °C nicht überschreiten, da leicht eine Übertrocknung mit spröden, leichtbre- chenden Schalen entsteht.

Am ökonomischsten ist die Trocknung mit natürlicher Luft auch bei niedrigen Tempera- turen (>11 °C), bei denen die Feuchtigkeit nach HOFMAN and HELLEVANG (1997) um die Hälfte verringert wird und nur elektrische Energie für die Windmotoren benötigt wird. Diese Autoren beschreiben in Weiterführung der ausführlichen Darstellung von SCHULER et al. (1987) weitere Trocknungssysteme.

HUGGER (1989) betont, dass nach der Trocknung ein stabiler Wassergehalt von 8 % erreicht werden muß, damit die gereinigten Partien auch bei 60 % Luftfeuchte und 25 °C lagerfähig bleiben. Die günstigste Lagertemperatur in Nord-Amerika liegt nach PUTT (1972) und HOFMAN and HELLEVANG (1997) bei 15 °C. UNGARO and MAEDA (1992) fanden, dass bei einer Lagertemperatur von 10 bis 15 °C die Keimruhe, besonders in der ersten Woche, im Lager schnell abnimmt. Bei 20 °C Lagertemperatur hält sie wesentlich länger an. Eine lange Keimruhe erschwert die Zuchtarbeit, wenn zwei Generationen im Jahr herangezogen werden sollen (siehe auch Abschnitt 9 und FICK and MILLER 1997).

SANTALLA et al. (2000) untersuchten den Einfluss der Trocknungstemperatur von 25 bis 90 °C bei einer Hybridsorte mit hohem Ölgehalt; sie fanden die oben genannten Angaben bestätigt. Bei einem Vergleich geschälte Sonnenblumen (Samen) zu ungeschälten Achänen fanden die Autoren: Das Öl aus geschält getrockneten Sonnenblumen hat einen niedrigeren Anteil an freien Fettsäuren, jedoch eine stärkere oxidative Verschlechterung bei höheren Temperaturen. Die in der Fruchtschale getrockneten Sonnenblumen zeigten einen deutlich niedrigeren „Oxidations-Index“.

Nach DORELL (1987) und DORELL and VICK (1998) ist bei der Lagerung von Sonnenblumen für die Ölproduktion zu Speisezwecken wesentlich mehr Sorgfalt aufzuwenden als für den Nicht-Speisebereich.

10.10.3 Verarbeitung und Ölproduktion

Nach HUGGER (1989) erfolgt die Verarbeitung der Sonnenblumenfrüchte in folgender Reihenfolge: Reinigung, Flockenherstellung durch zerkleinern und walzen, erhitzen, abpressen des Öls in einer Schneckenpresse, Extraktion der Pressrückstände, Raffination des Öls durch Entschleimung (Entfernung von Trübstoffen und Lecithin), Neutralisierung freier Fettsäuren durch Verseifung, Bleichung, Abtrennung von Wachs (Winterisierung), Entfernung flüchtiger Geruchsstoffe durch Dampfbehandlung im Vakuum.

Soll das anfallende Sonnenblumenschrot für menschliche oder tierische Ernährung verarbeitet werden, müssen zur Erniedrigung des Rohfasergehaltes (>30 % Rohfaser) und Erhöhung der Eiweißanteile die Früchte (30 bis 40 % Rohprotein) vor der Ölgewinnung geschält werden (19 bis 29 % Schalenanteil). Die Eignung zum Schälen ist genotypisch sehr unterschiedlich und die Schälbarkeit der Früchte ist ein wichtiges Zuchtziel (LOFGREN 1992).

Die einfachste Ölgewinnung geschieht, wie in vorkolumbianischer Zeit bei den Indianern, durch: Zerkleinern der Früchte oder besser Samen (geschälte Früchte), mit Wasser aufkochen und, nach Abkühlung abschöpfen des oben schwimmenden Öls. Für kleinbetriebliche Nutzung, vor allem für Einsätze in Entwicklungsländern, sind eine ganze Reihe von Pressen auf dem Markt (siehe Branchenverzeichnis, z.B. der DLG).

Auch für die eigenbetriebliche Nutzung des Sonnenblumenöls im Non-Food-Bereich, z.B. als Schlepperkraftstoff, werden entsprechende Einrichtungen zur Ölgewinnung angeboten.

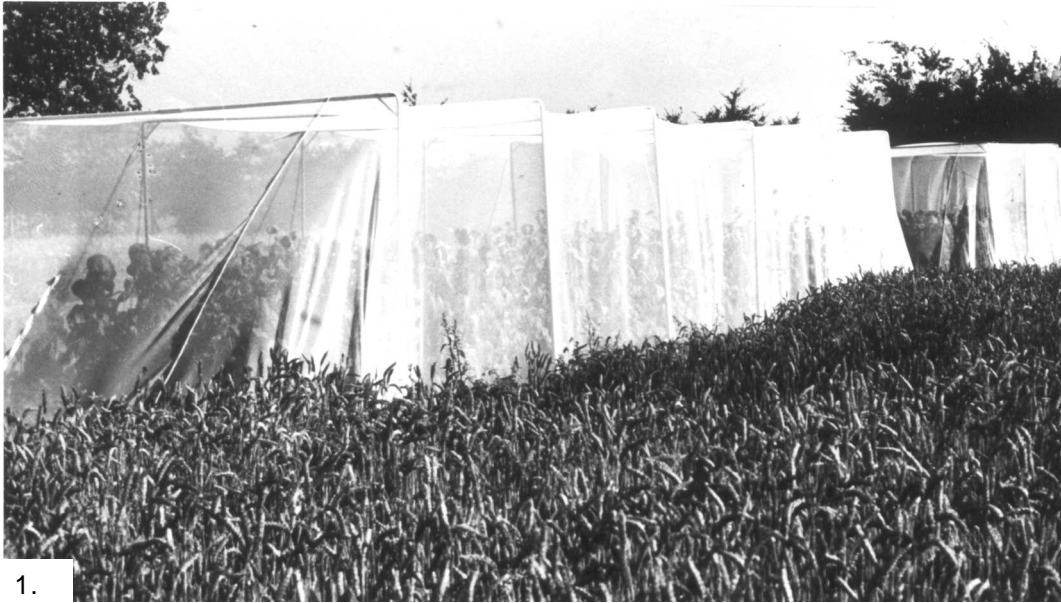
10.10.4 Ernterückstände und deren Verwertung

Im Abschnitt 3 „Wirtschaftliche Nutzung und Verwertung“ wird auf die verschiedenen Möglichkeiten der Nutzung und Verwertung der Sonnenblumenstängel und -körbe hingewiesen. Es wurde aber auch schon gesagt, dass im Zeitalter des Mähdruschs die Nutzungen meist nicht mehr ökonomisch sind. Heute wird empfohlen die beim Mähdrusch anfallenden Stängel und Korbteile so schnell als möglich mit Fräsen, Strohhächslern, Scheibeneggen oder Zinkenrotoren zu zerkleinern und nur flach oberflächlich einzuarbeiten. Hierdurch können Krankheiten, wie *Phomopsis*, *Botritis*, *Sclerotinia* u.a. an der Ausbreitung gehindert werden. Eine tiefere Bodenbearbeitung muss im Interesse der Bekämpfung der als Unkraut in der Nachfrucht auftretenden Sonnenblumen-Ausfallkörnern vermieden werden. Durch die nur flache Bodenbearbeitung können Vögel einen großen Teil der beim Drusch ausfallenden Früchte vernichten oder vor der Bestellung der Nachfrucht, meist Winterweizen, auskeimen und dadurch im Frühjahr nicht als Unkraut schädigen. Eine Direktsaat nach der oberflächlichen Bearbeitung hat sich für einen erfolgreichen Nachbau von Winterweizen bewährt. Die trotzdem im Frühjahr auftretenden Sonnenblumen können leicht mit üblichen Herbiziden vernichtet werden. LÜHS und FRIEDT (1998) geben eine ausführliche Liste von wirksamen im Handel befindlichen Mitteln.

11 Saatgutproduktion

Die Gefahren von unerwünschten Einkreuzungen (outcrosses) sind bei der Hybridsaatgutproduktion ebenso groß wie bei den Testkreuzungen. Größte Sorgfalt ist schon bei der Vermehrung und Produktion der Linien geboten (DELAUDE et ROLIER 1976, 1977, SMITH 1978, ANFINRUD 1997). Je kleiner die Fläche, um so größer die Gefahr von unerwünschten Kreuzungen.

Im Rahmen der Hybridzüchtung ist es notwendig, von I-Linien und F₁-Hybriden mehr oder weniger kleine Mengen (1 bis 20 kg) einwandfreies Saatgut für die Anmeldung bei den Sortenämtern und für die Erhaltungszucht zu erzeugen. Durch die starke Fremdbefruchtung und dem weiten Flugradius von Bienen und Hummeln (3 bis 5 km) sowie dem häufigen Anbau von Sonnenblumen in Hausgärten wird die Möglichkeit einer räumlichen Isolation von kleinen Flächen stark eingeschränkt. Es ist deshalb notwendig, die genannten Saatguterzeugungen in Käfigen mit Bienenbesatz durchzuführen. Kleinere Käfige mit senkrechten Wänden (siehe Abb. 71.1) sind eventuell besser geeignet als große Tunnelkäfige (Abb. 71.2).



1.



2.

Abb. 71: **Saatguterzeugung in Käfigen mit Bienenbesatz** (aus SCHUSTER 1993)

1. kleinere Käfige mit senkrechten Wänden
2. großer Tunnelkäfig mit Eingangsschleuse

Ebenso muss das Basissaatgut der CMS-Linien und der Restorer unter ständiger jährlicher Überprüfung durch Selbstungen von Einzelpflanzen und in Käfig-Isolation produziert werden.

VRANCEANU (1974) gibt ein Schema für die Saatgutproduktion einer CMS-Linie mit gleichzeitiger Testung auf Krankheitsresistenz in Abbildung 72.1. In Abbildung 72.2 wird die Saatgutproduktion einer Restorer-Linie mit Selektion auf Krankheitsresistenz dargestellt.

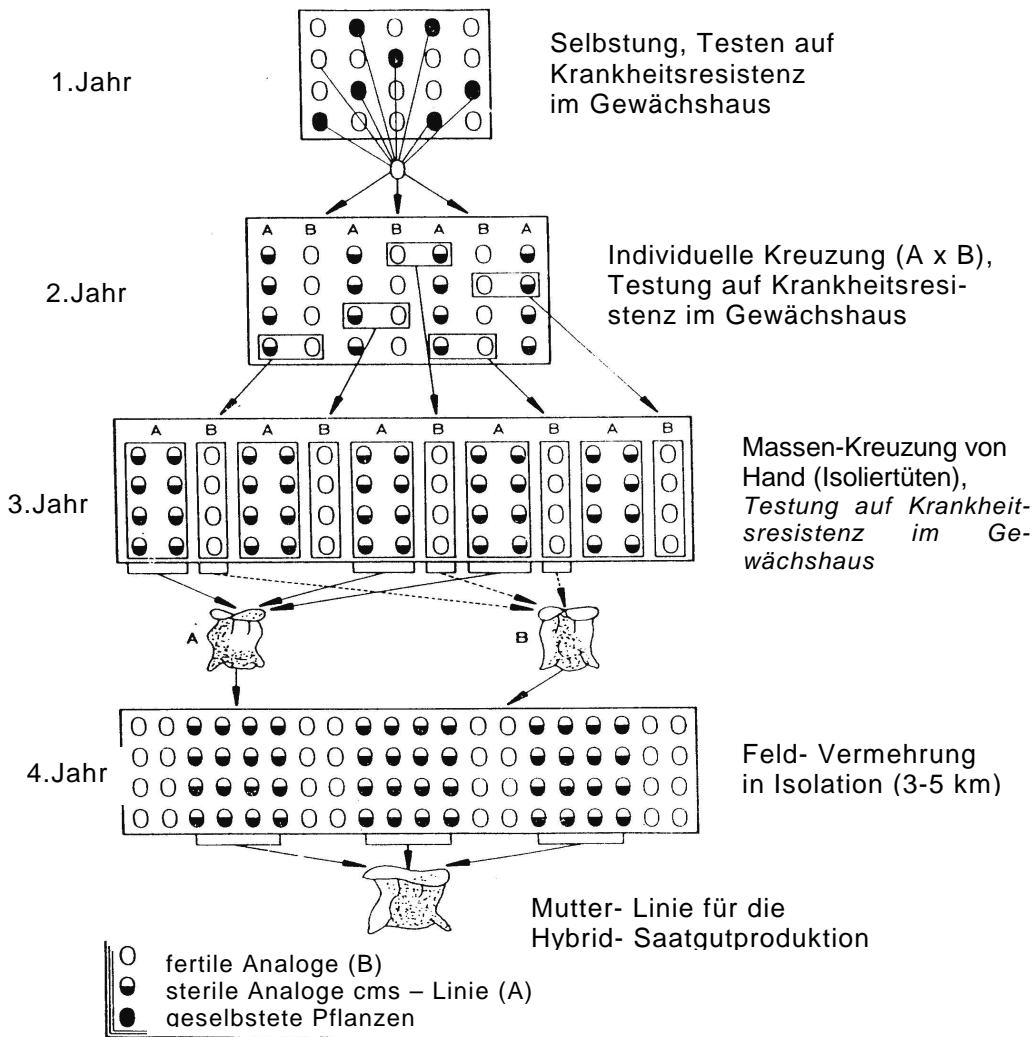


Abb.. 72.1: **Saatgutproduktion** (nach VRANCEANU 1974).
1.einer CMS-Linie (männlich sterile Mutterlinie) und Selektion auf Krankheitsresistenz

In der Feldprüfung zur Saatenanerkennung sollten Abstände zu anderen Sonnenblumen von 5 km eingehalten werden und nicht nur von 1,5 km wie für OECD-Standard gefordert wird (ANFINRUD 1997). Kleine Saatgutmengen werden am sichersten mit Einzelpflanzen-Papiertüten erzeugt.

Die Überprüfung der genetischen Reinheit der Inzuchtlinien kann mit Hilfe der Elektrophorese-Untersuchung des Saatgutes nach der Ernte erfolgen (GERIC et al. 1988).

Die Saatgutproduktion einer Einfachhybride in größeren Feldern ist relativ einfach, vor allem wenn der Restorer eine verzweigte, lang blühende Linie ist: 8 bis 12 Reihen einer CMS-Mutter-Linie (A-Linie) und 2 bis 3 Reihen einer Restorer-Linie werden abwechselnd nebeneinander ausgesät. Je weniger wüchsig die Restorer-Linie ist, umso mehr Reihen müssen angebaut werden.

Unverzweigte Restorer-Linien erfordern bei unterschiedlichem Blühbeginn eine Aussaat in zwei Saatzeiten, um eine sichere Befruchtung der CMS-Mutter-Linie zu erreichen, was die Saatgutproduktion jedoch wesentlich komplizierter macht und verteuert.

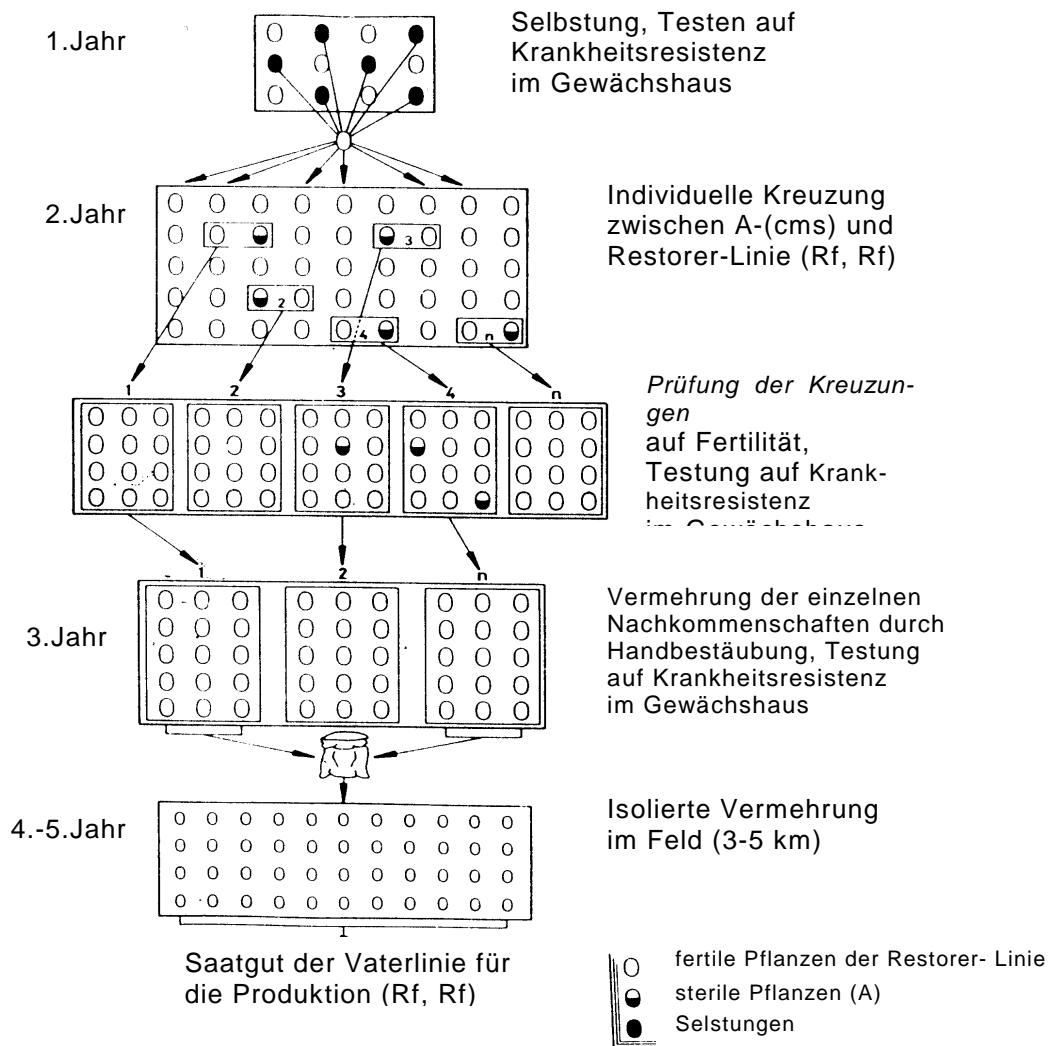


Abb. 72.2: **Saatgutproduktion** (nach VRANCEANU 1974)

2. einer Restorer-Linie (Wiederherstellen der Fertilität) und Selektion auf Krankheitsresistenz

Eine Selektion und Bereinigung von falschen Typen muss vor der Blüte und mehrmals während der Blüte erfolgen (Abb. 74). Eine tägliche Bereinigung vorm Insektenflug (früh am Morgen) wird erforderlich, wenn fertile Pflanzen in der Mutterlinie auftreten.

Bei sehr großen Vermehrungsflächen muss eventuell durch Bienenstände im Feld für eine ausreichende Bestäubung gesorgt werden. Es können 1000 bis 2000 kg je ha Hybrid-saatgut, je nach Vitalität der Mutterlinie, geerntet werden (siehe auch SMITH 1978, ANFINRUD 1997).

Die Saatguterzeugung für Hybriden muss unter besten Anbaubedingungen und in Gebieten ohne anderem Sonnenblumenanbau erfolgen, so kann von der Mutter-Linie viel einwandfreies Saatgut gewonnen werden.



Abb. 73: **Produktion von Hybridsaatgut einer Einfachhybride mit 8 Reihen CMS- Mutterlinie und 3 Reihen eines verzweigten Restorers bei Blühbeginn**
(aus SCHUSTER 1993)

12 Ausblick

Der Sonnenblumenanbau hat in der Welt von 6,5 Mio. Hektar 1950 auf 21,0 Mio. Hektar 1999 zugenommen (siehe Tab 1.). Die stärkste Zunahme der Anbaufläche erfolgte in den 70er Jahren nach den großen Erfolgen der Hybridzüchtung, die durch die Entdeckung der zytoplasmatischen Sterilität möglich wurden. Im letzten Jahrzehnt hat sich die Anbaufläche nicht mehr so stark ausgedehnt. In Europa und Asien ist der Sonnenblumenanbau sogar zurückgegangen, dies besonders in Deutschland, wo die Anbaufläche von einem Höchststand mit etwa 100000 ha auf nur noch 33000 ha 1997/99 zurückgefallen ist (siehe Abb. 3 und Abb. 51). Für diese Rückläufigkeit sind vor allem die gesunkenen Erzeugerpreise durch den Wegfall der Anbauprämie und das Auftreten von neuen nicht mehr resistenten Rassen bei den stark schädigenden Pathogenen, wie *Plasmopara* und *Sclerotinia* verantwortlich.

An der Züchtung von stabil-resistenten Genotypen gegen die verschiedenen Schaderreger durch Einkreuzung von Wild-Typen und anderen *Helianthus*-Arten sowie den Einsatz der Gentechnik und von Marker gestützten Selektionmethoden (siehe Abschnitt 9 „Stand der Züchtung“) wird in der ganzen Welt intensiv gearbeitet. Hier sind besonders in der Resistenzzüchtung gegen *Plasmopara halstedii*, den Erreger des Falschen Mehlttaus, beachtliche Erfolge erzielt worden, wie schon in den vorherigen Abschnitten aufgezeigt. Eine intensive Weiterarbeit mit Hilfe der neuen Zuchtmethoden ist jedoch weiterhin notwendig.

Bei der starken Anbauausdehnung sind häufig nicht die notwendigen Abstände in der Fruchtfolge eingehalten worden, so dass es leicht zur Bildung von neuen anfälligen Genotypen kam. Auch wurden Sonnenblumen in Gebieten angebaut, die nicht die optimalen klimatischen Voraussetzungen und optimale Boden- und Witterungsverhältnisse aufweisen und so

oft nur schwach wüchsige Bestände ermöglichten, die leicht von Krankheiten und Schädlingen befallen wurden und keine rentablen Erträge bringen konnten.

Diese Ursachen wurden klar erkannt und abgestellt. So werden in Frankreich, aber auch in Südosteuropa, verstärkt versucht durch integrierte Maßnahmen des Anbauers (Farmer), des Pflanzenschutzes (Pathologen) und der Pflanzenzüchtung (Resistenzzüchter und Genetiker) die Gefahren der immer wieder neu auftretenden Rassenbildung entgegen zu wirken und zu verhindern (siehe auch Abschnitt 10.9 Pflanzenschutz; ILJESCU 1997/98, MOUZEYAR 2000, TOURVIELLE 2000).

Auch wird unter dem Druck der stark reduzierten Erzeugerpreise in allen klassischen Anbaugebieten der Sonnenblume die Notwendigkeit eines ökonomisch ausgerichteten Anbaues unter Reduzierung und Minimierung der Produktionskosten diskutiert und berücksichtigt (BOSALJAK et al 1992, LETERME et al. 1992, REAH and WAGNER 1994). DENISE (1998) fordert für einen erfolgreichen Sonnenblumenanbau: möglichst hohe Erträge bei niedrigen Investierungskosten, niedrigen Chemie-Einsatz, höhere Qualität für das erzeugte Öl.

Der künftige Sonnenblumenanbau wird sich auf die am kostengünstigsten produzierenden Gebiete zurückziehen. HUGGER (1989) und LINDEMANN (2001) halten den Sonnenblumenanbau durch die in Süddeutschland gegebene enge räumliche Verflechtung von Anbaugebieten mit guter natürlicher Eignung und den nahen Standorten der Ölmühlen für voll konkurrenzfähig zu den besten Erträgen von Weizen oder Winterraps. LINDEMANN (2001) betont dabei die Bedeutung der neuen ertragreichen, kurzstängeligen, standfesten und frühreifen Hybridsorten in Europa, die Erträge bis zu 45 dt/ha bei hohen Ölgehalten ermöglichen (siehe Abschnitt 9 „Stand der Züchtung und Sortenwahl“).

Ebenso ist der Anbau von „**hochölsäurereichen**“ Hybridsorten, die über 90 % Ölsäure bei Erträgen, die 90 % der „normalen“ Hybriden erreichen und bei Vertragsanbau mit 70.- DM je 100 kg bezahlt werden, eine Alternative.

Für einen zukünftigen erfolgreichen Sonnenblumenanbau, trotz stark reduzierter Marktpreise von etwa 40.- DM je dt Sonnenblumenfrüchte gibt LINDEMANN (2001) folgende Anbauempfehlungen für mitteleuropäische Verhältnisse:

- Wärmere Standorte (über 8 °C) mit Böden mit hoher nutzbarer Feldkapazität des Bodenwassers und trockenen Bedingungen zur Erntezeit sind optimal.
- Auf absolut bodenschonende Bearbeitungsmaßnahmen (keine Verdichtungen) ist zu achten.
- Nur frühreife, standfeste Sorten anbauen (langjährige Sortenversuchsergebnisse von nahen Standorten beachten)
- Im März, spätestens Anfang April drillen (wie Zuckerrüben).
- Bei engen Reihenabständen (40 bis 50 cm) maximal 75000 Körner je ha aussäen.
- Dem hohen Nährstoffbedarf unter Berücksichtigung der im Boden verfügbaren Nährstoffe gerecht werden.
- Bis zum Reihenschluss auf Unkrautfreiheit achten.
- Regelmäßige Kontrollen im Jugendstadium auf tierische Schaderreger durchführen (Blattlaus- und Thrips-Befall rechtzeitig bekämpfen).

- Ernten wenn der Korb und die oberen Blätter braun sind, nicht erst nach dem totalen Absterben der ganzen Pflanze.
- Zur Bekämpfung von Ausfallsamen nach der Ernte eine pfluglose Bestellung der Nachfrucht (Getreide) durchführen.

Literaturverzeichnis

- ABDULLAHI, B. and S. G. ADO (1988): The future of sunflowers (*H. annuus* L.) as a livestock feedstuff in Nigeria. Proc 12th Int. Sunflower Conf., Novi Sad, Vol. I, 349-360.
- ACIMOVIC, M. (1985): Sunflower diseases and their prevention (in serbo-kroat.), Nolit, Belgrad.
- ACIMOVIC, M. (1988): Sunflower diseases mapping in Europe and some countries outside Europe in the period 1984-1986. *Helia* 11, 41-49.
- ALBA, E., A. BENVENUTI, R. TUBEROSA and G. P. VANOZZI (1979): A path coefficient analysis of some yield components in sunflower. *Helia* 2, 25-29.
- ALBOURIE, J.-M. (1997-98): Sensitivity of French isolates of *Plasmopara halstedii* (sunflower downy mildew) to „Metalaxyl“ seed treatment. Int. Sunflower Yearbook, 79.
- ALLISA, A., H. SERIEYS et R. JONART (1985): Sur les possibilites de regeneration d'especes sauvages et d'hybrides interspecificques du genre *Helianthus* par androgenese in vitro. C. R. Acad. Sc. Paris t. 300, Serie 3, 25-30.
- ALLISA., H. JONART, H. SERIEYS et P. VINCOUNT (1986): La culture d'emruons esoles in vitro dans un programme d'amelioration du Tournesol. C.R.Acad. Sc. Paris t. 302, Serie 3, 161-164.
- ALONSO, L. C. (1988): Estudio genetico del caracter alto oleico en el girasol (*H. annuus* L.) y su comportanuento a distintas temperaturas. Proc. 12th Intern. Sunflower Conf., Novi Sad, Vol. II, 454-462.
- ALONSO, L. C., M. I. RODRIGUEZ-OJEDA, J. FERNANDEZ-ESCOBAR and G. LOPEZ-RUIZ-CALERO (1998): Chemical control of broomrape *Orobancha cernua* Loefl. incl. *O. cumana* Wallr. in sunflower (*H. annuus*) resistant to „Imazethapyr“ herbicide. *Helia* 21, Nr. 29, 45-54.
- ALVAREZ, D., P. LUDUENA and Y. E. FRUTOS (1992): Correlation and causation among sunflower traits. In: Proc. 13th Int. Sunflower Conf., Pisa, Vol. II, 957-962.
- ANASCENKO, A. (1974): On the taxonomy of the genus *Helianthus* L. Bot. Zurnal 59, 1472-1481.
- ANDRICH, G., S. BARONCELLI, R. FIORENTINI and G. VANOZZI (1984): Variability in the content of oleic acids in inbred lines of sunflower. XII Simp. Internac. Agron. „I lipidi nelle piante e nelle terreno“, Pisa.
- ANFINRUD, M. N. (1997): Planting hybrid seed production and seed quality evaluation. In: A. A. SCHNEITER: Sunflower technology and production. Agronomy Nr. 35, Madison, Wisc., 697-708.
- APPELQVIST.L.-A. (1998) Chemical nature of vegetable oils. In: Oil crops of the world. McGraw-Hill Publishers Company
- ARNOLD, E. (1928): Blütenfüllung bei *Helianthus annuus* (in russ.). J. experim. Landw. im Südosten des europ. Russlands. Bd. IV, 150-154, 1927. Ref. Z. Pflanzenzüchtung 13, 50.
- ARNOUX, M. (1978): Morphological and physiological bases for the breeding of sunflower idiotypes. *Helia* 1, 51-53.

- ASSADI, N. (1971): Die Zeitfunktion der Nährstoffaufnahme bei Sonnenblumen (*H. annuus*) unter Berücksichtigung von Sorten und Düngung. Diss., Univ. Gießen.
- ATLAGIC, J. (1997-98): Cytogenic sunflower research in the world. INT. SUNFLOWER YEARBOOK, 76.
- AYDIN, A. and K. Z. KORKUT (1998): Broomrape resistance of some backcross derivatives of „HA89“ and their hybrids. *Helia* 21, Nr. 28, 29-34.
- AYDIN, A., H. AYDIN and H. MUTLU (2000): Evaluation of sunflower hybrids for resistance to broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) in FAO yield trial during 1996-97. *Helia* 23, Nr. 32, 115-118.
- BALANA, I. and A. VRANCEANU (1992): Melifarous value of sunflower hybrids (*H. annuus*) in Romania. Proc. of the 13th Intern. Sunflower Conf., Pisa, 52-56.
- BALDINI, M., C. P. VANNOZZI, F. CECCONI, M. MACCHIA and EBONARI (1995): Genetic analysis of hullability in sunflower. Int. Sunflower Yearbook, 72.
- BARETTA DE BERGER, A. M. and J. F. MILLER (1985): Estudio genetico de seis fuentes de estatura reducida de planta en girasol. Proc. 11th Int. Sunflower Conf., Mar del Plata, 651-658.
- BARTELO, A. B. and A. N. VESQUES (1982): A new race of *V. dahliae*, Kleb. Proc. 10th Int. Sunflower Conf., Surfers Paradise, 177-178.
- BBA (Biologische Bundesanstalt) (1988): Merkblatt Nr. 27/11.
- BEARD, B. H., E. C. CARLSON, A. C. WAISS JR., C. ELLIGER, J. M. KLISIZWICZ, A. JOHNSON and A. CHAN (1977): Sunflower resistance to the sunflower moth. Calif. Agric. 31, 17-19.
- BEAUCUILLAUME, A. (1994): Structure of sunflower achene. Its effects on dehulling ability. Int. Sunflower Yearbook, 69.
- BEDASCARRASBURE, E. and O. BAILEZ (1988): Pollen foraging by honey bees pollinating sunflowers. Proc. of the 12th Int. Sunflower Conf., Novi Sad, Vol. I, 438.
- BEDOV, S. and D. SKORIC (1981): Possibilities of increasing protein content in sunflower. Eucarpia Symposium on sunflower breeding, Prague, 267-278.
- BEHLASSEN, E. (1994): Research activities in drought tolerance. Int. Sunflower Yearbook, 69.
- BERINGER, H. and W. U. DOMPERT (1976): Fatty acid- and tocopherol pattern in oil seeds. *Fette, Seifen, Anstrichmittel* 78, 228.
- BESSER, J. F. (1978): Birds and Sunflower. In: CARTER, J. F.: Sunflower Science and Technology. Series Agronomy 19, Madison, Wisc., 263-278.
- BINGEL, S. und R. MARQUARD (2001): Untersuchungen zur Bildung freier Fettsäuren bei Sonnenblumen in Abhängigkeit von Erntetermin, dem Grad der Beschädigung und den Lagerungsbedingungen. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Bd. 13, 125-126.
- BLAMEY, E. P. C., D. G. EDWARDS and C. J. ASHER (1987): Nutritional disorders of sunflowers. Report of Agriculture, Univ. Queensland, Australia.
- BLAMEY, F. P. C., R. K. ZOLLINGER and A. A. SCHNEITER (1997): SUNFLOWER PRODUCTION AND CULTUR. IN: A. A. SCHNEITER: Sunflower technology and production, Agronomy 35, 593-670.

- BLANCHET, R. et N. GELFI (1980): Physiologic végétale-caractères xérophytiques de quelques espèces d'*Helianthus* susceptibles d'être utilisés pour améliorer l'adaptation aux conditions sèches du tournesol cultivé (*Helianthus annuus* L.). C. R. Acad. S. C. Paris t. 290 Série D., 279-282.
- BOGUSLAWSKI, E. v. (1983): Ackerbau, Grundlagen der Pflanzenproduktion. DLG-Verlag, Frankfurt/Main.
- BOGUSLAWSKI, E. v. und W. SCHUSTER (1957): Über den Einfluß von Saatzeit, Standraum und Schnittzeit auf die Leistungen der Sonnenblume (*H. annuus*) als Futterpflanze. Zeitschr. Acker- und Pflanzenbau 104, 371-408.
- BOGUSLAWSKI, E. v. und P. LIMBERG (1960): Phänologische und physiologische Daten zur Charakteristik der Produktivität unserer Kulturpflanzen. Z. Acker- u. Pflanzenb. 111, 1-22.
- BOHOROVA, N., C. LOCKING and B. POWER (1986): Isolation, culture, and callus regeneration of protoplasts of wild and cultivated *Helianthus* species. Plant Cell Reports 5, 256-258.
- BOHOROVA, N. (1988): Application of tissue and protoplasts culture in the genus *Helianthus* L. Proc. 12th Int. Sunflower Conf., Novi Sad, Vol II, 300-304.
- BOKISCH, M. (1993): Nahrungsfette und Öle. Zusammensetzung und Eigenschaften der Sonnenblumensaat. In: Handbuch der Lebensmittel-Technologie, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- BONARI, E., G. P. VANNOZZI, A. BENVENUTI and M. BALDINI (1992): Modern aspects of sunflower cultivation techniques. Proc. 13th Int. Sunflower Conf., Pisa, Vol. I, 3-51.
- BONDOROVA, N. E., M. S. PUNIA and C. IOSSIFTCHEVA (1990): Morphogenetic ability of tissue and protoplast culture of wild diploid species of sunflower (*Helianthus*). Helia 13, Nr. 13, 35-40.
- BONJEAN, A. (1986): Tournesol de France. Union des Cooperatives de Semences de Tournesol, CST.
- BORODULINA, A. A. and L. N. KHARCHENKO (1976): Accumulation and metabolism of fatty acids in the seeds of a sunflower mutant rich in oleic acid (in russ.). Fiziologija rastenij, Moskva, 23, 952-957.
- BORODULINA, A. A. and L. V. SUPRUNOVA (1979): Protein content in the seeds of sunflower with a high oil content (in russ.). Vestnik sel'skochozjajstvennoj nauki, Moskva, 6, 32-34.
- BORODULINA, A. A., P.S. POPOV, and L.N. KHARCHENKO (1979): Lipid composition of sunflower seeds in relation to breeding for high oil content and oil quality (in russ.). Referativnyj žurnal, 12.65.300.
- BOSNJAK, D., R. MARINKOVIC, D. LUCIC and V. RODIC (1992): Dynamics and stability of input-output relations in sunflower production. Proc. 13th Int. Sunflower Conf., Pisa, Vol. II, 1653-1667.
- BOYE, R. (1970): Unterschiedliche Reaktionen von verschiedenen Sonnenblumensorten (*H. annuus* L.) auf Photoperiode und Temperatur. Diss., Univ. Gießen.
- BRAHM, L. (1998): Identifizierung molekularer Marker für die Resistenz der Sonnenblume (*H. annuus*) gegen den Falschen Mehltau (*Plasmopara halstedii*) als Basis für eine markergestützte Selektion. Diss., Univ. Gießen.

- BRAHM, L. und W. FRIEDT (1996): Identifizierung von RAPD-Fragmenten mit Koppelung an die Resistenz gegen den Falschen Mehltau (Rasse 2) der Sonnenblume. Vortr. Pflanzenzüchtung 32, 106-108.
- BRAHM, L., T. RÖCHER, H. KÖHLER, M. PRÜFE, R. HORN, N. ÖZDEMIR und W. FRIEDT (1998): Kartierung der Resistenz der Sonnenblume gegen den Falschen Mehltau (*Plasmopara halstedii*). Vortr. Pflanzenzüchtung 43, 148-159.
- BRAHM, L., T. RÖCHER, R. HORN, M. PRÜFE, H. KÖHLER and W. FRIEDT (1998): Mapping downy mildew resistance in sunflower. In: Int. Sunflower Assoc. Symposium on sunflower downy mildew, Fargo, 103-110.
- BRAHM, L., T. RÖCHER, R. HORN, M. PRÜFE and W. FRIEDT (1999): Mapping different resistances against downy mildew in sunflower. In: Genetics and Breeding for Crop Quality and resistance. Kuwer Acad. Publ. Dordecht, Boston, London, 93-100.
- BRAHM, L., V. HAHN, T. RÖCHER and W. FRIEDT (2000): Molecular markers as a tool in breeding for resistance against sunflower downy mildew. Proc. 15th Int. Sunflower Conf., Toulouse, Vol. II, J. 43-48.
- BRET, E (1994): A search for enzym markers of resistance to downy mildew, with rot and *phomosis* in sunflowers. Int. Sunflower Yearbook, 61.
- BRIGHAM R. D. (1988): Twenty years of sunflower (*Helianthus annuus* L.) releases in the USA. Proc. of the 12th Int. Sunflower Conf., Novi Sad, Vol. II, 398-403.
- BRIGHAM, R. D. and J. K. YOUNG (1980): Inheritance of the „Y branched“ character in the sunflower (*H. annuus* L.) and implications in breeding. IX Conf. Inst. Girasol, 343-346.
- BRÜHL, L. und H.-J. FIEBIG (1993) Qualitätsmerkmale kaltgepresster Speiseöle. Fat Sci.Technol. 97, 203-208
- BSA (1988, 1990, 1991, 2000): Beschreibende Sortenliste Getreide, Mais, Ölfrüchte, Leguminosen, Hackfrüchte. Bundessortenamt, Hannover.
- BURLOV, V. V. and S. V. KOSTJUK (1976): Breeding of restorer lines resistant to broomrape (*Orobanche cumana*) and downy mildew (*Plasmopara helianthi*) (in russ.). Proc. 7th Int. Sunflower Conf., Krasnodar, 162-165.
- BURRUS, M., B. DAMM, R. HUNOLD, H. LAPARRA, A. PIGNARD and G. HAHNE (1992): Gen transfer into sunflower (*H. annuus*). Proc. 13th Int. Sunflower Conf., Pisa, Vol. II, 1426-1436.
- CAMERARIUS, J. (1586): De plantis epitome utilissima. Petri Andreae Matthioli, Frankfurt/Main.
- CAMMARATA, M. (1995): Yield characteristics of sunflower (*H. annuus*) in relation to different thermal and water regimes. Int. Sunflower Yearbook, 84.
- CANCALON, P. (1971): Chemical composition of sunflower seedhulls. J. Amer. Oil Chem. Soc. 48, 629-632.
- CANVIN, D. T. (1965): The effect of temperature on the oilcontent and fatty acid composition of the oils from several oil seed. Crops Canad. J. Bot. 43, 63-69.
- CARTER, J. F. (1978): Sunflower Science and Technology. Series Agronomy 19, Amer. Soc. Agr., Madison, Wisc.

- CETIOM: La Culture du Tournesol. Paris 1984-1993.
- CETIOM (1991): Les maladies du tournesol. Paris.
- CETIOM (1990, 1992): Maladies reconnaître les symptômes. La culture du tournesol.
- CETIOM (1993): Le Tournesol en 93. Récolte-Conservation. Prolea, 26-27.
- CHAHAL, A. S., K. L. AHUJA, R. K. RAHEJA and S. S. BADWAL (1988): Head rot of sunflower – its effects on the grain yield and oil components. Proc. 12th Int. Sunflower Conf., Novi Sad, Vol. II, 143.
- CHAHBAZ, A. and I. RASHID (1996): Sunflower summer legumes intercropping systems under rainfed conditions: competition and yield advantage. Helia, 19, Nr. 25, 71-78.
- CHANDLER, J. M. (1978): Sunflower interspecific hybridization using embryo culture. Davis, Ca. 1-58.
- CHANDLER, J. M. and B. BEARD (1983): Embryo culture of *Helianthus* hybrids. Crop Science 23, 1004-1007.
- CHANDLER, J. M. and C. JAN (1984): Interspecific Hybridization via embryo culture, Col. Eval. and Conserv. of wild species and their use in sunflower breeding. Progr. July, Novi Sad, 24-27.
- CHANEY, R. L., Y. M. LI, A. A. SCHNEITER, C. F. GREEN, J. F. MILLER and D. G. HOPKINS (1993): Progress in developing technologies to produce low Cd-concentration sunflower Kernels. Proc. Sunflower Research Workshop, Fargo, N.D., 80-92.
- CHARLET, L. D. and J. F. MILLER (1993): Seed production after floral removal from sunflower heads. Agron. J. 85, 56-58.
- CHARLET, L. D., G. J. BREWER and B. A. FRANZMANN (1997): Sunflower insects. In: A. A. SCHNEITER: Sunflower technology and production. Agronomy 35, Madison, Wisc., 183-262.
- CHONE, E. (1981): La prévision des epidémies *Sclerotinia* sur le tournesol. Tire à port d'Informations Techniques Cetiom No. 75, III 81.
- CHRISTOV, M. (1988): Results of the crossing of *H. eggertii* Small (2n=102), *H. laevigatus* Torrey & Gray (2n=68), *H. salicifolius* Dietr. (2n=36) with *H. annuus* L. (2n=34). Proc of the 12th Int. Sunflower Conf., Novi Sad, Vol. II, 277-280.
- CHRISTOV, M. (1990): A new source of cytoplasmic male sterility in sunflower originating from *Helianthus argophyllus*. Helia 13, Nr. 13, 55-61.
- CHRISTOV, M., P. CHINDROVA, V. ENCHEVA, V. VENKOV, L. NIKOLOVA, A. PISKOV, P. PETROV and V. NIKOLOVA (1996): Development of fertility restorer lines originating from interspecific hybrids of genus *Helianthus*. Helia 19, Nr. 24, 65-72.
- CHRISTOV, M. (1999): Production of new CMS sources in sunflower. Helia 22, Nr. 31, 1-12.
- CIRNU, I., V. DUMITRACHE et E. HOCIOTA (1974): La pollination du tournesol (*Helianthus annuus* L.) à l'aide des abeilles – un facteur important pour l'augmentation de la production. Proc. 6th Int. Sunflower Conf., Bucharest, 695-700.
- CONNOR, D. J. and A. J. HALL (1997): Sunflower Physiology. In: A. A. SCHNEITER: Sunflower Technology and Production. Agronomy 35, Madison, Wisc., 113-182.

- CUPINA, T., Z. SAKAC, M. PLENSNICAR and D. PANCOVIC (1995): Physiological basis of yield potential of NS sunflower hybrids. Int. Sunflower Yearbook, 86.
- DAHLHOFF, M. und W. FRIEDT (1991): Die Sonnenblume – Beispiel für eine gegenüber Biotechniken widerspenstigen Pflanze. Ber. 42. Arbeitstagung d. Saatzuchtleiter, Gumpenstein, 163-171.
- DAHLHOFF, M. und W. FRIEDT (1992): Biotechnologie in der Sonnenblumenzüchtung. Vortr. Pflanzenzüchtung 22, 357-358
- DAHLHOFF, M., H. KÖHLER, K. NICHTERLEIN and W. FRIEDT (1991): Production of interspecific hybrids in the genus *Helianthus* by embryo rescue and characterization of hybrids. Eucarpia-Symp. „Genetic Manipulation in Plant Breeding“, Tarragona.
- DAHLHOFF, M., H. KÖHLER und W. FRIEDT (1992): New interspecific hybrids of sunflower (Poster). Proc. 13th Int. Sunflower Conf., Pisa, Vol. II, 1438-1443.
- DAVET, P., A. PERES, Y. REGNAULT, D. TOURVIELLE and A. PENAUD (1991): Les maladies du tournesol. CETIOM, Paris.
- DEDIO, W. (1994): Potential intercropping of sunflower with pears. *Helia* 17, Nr. 20, 63-66.
- DEDIO, W. and G. J. SEILER (1994): Differentiation of *Helianthus* species by Thin-Layer chromatography of leaf extracts. *Helia* 17, Nr. 21, 1-4.
- DEGENER, J., A. MELCHING and V. HAHN (1999): Interspecific hybrids as source of resistance to *Sclerotinia* and *Phomopsis* in sunflower breeding. *Helia* 22 (30), 49-60.
- DEHMER, K. J. und W. FRIEDT (1994): Entwicklung gekoppelter Marker für das „High-oleic“-Merkmal bei Sonnenblumen (*H. annuus*). Vortr. Pflanzenzüchtung 28, 235-237.
- DEHMER, K. J. and W. FRIEDT (1998): Development of molecular markers for high oleic acid content in sunflower (*H. annuus*). Industrial crops and products 7, 311-315.
- DEHMER, K. J., H. KÖHLER und W. FRIEDT (1993): Versuche zur Entwicklung biochemischer und molekularer Marker für die Züchtung von „High-oleic“-Sonnenblumen. Ber. 44. Arbeitstag der Gemeinschaft der Saatzuchtleiter in Gumpenstein, 109-114.
- DELAUDE, A. et M. ROLLIER (1976): Pollination et modalites de production des semences hybrides de tournesol. Proc. 7th Int. Sunflower Conf., Krasnodar, 425-428.
- DELAUDE, A. et M. ROLLIER (1977): Pollination et modalites de production des semences hybrides de tournesol. Informations Techniques, CETIOM 56, 15-24.
- DELPLANQUE, B. (2000): Interêt nutritionnel des tournesols. Proc. 15th Int. Sunflower Conf., Toulouse, Vol. I, B15-B24.
- DEMURIN, Y. (1993): Genetic variability of tocopherol composition in sunflower seeds. *Helia* 16, Nr. 18, 59-62.
- DENIS, L. (1994): Genetic studies of hullability in sunflowers. Int. Sunflower Yearbook, 80.
- DENISE, J. (1998): Recent trends in oil processing. *Oil* 5, 354-356.
- DENK, K. (1989): Die Eignung von Hafer und Sonnenblumen als Gemengepartner für Ackerbohnen zur Gewinnung von Ganzpflanzensilage. Mitt. Ges. Pflanzenb.-wissenschaft Bd. 2, 100-103.

- DEVERCHERE, J. and A. PENAUD (1992): Latest results of chemical control against *Diaporthe helianthi* Munt. Coel. (*Phomopsis helianthi*). In: Proc. 13th Int. Sunflower Conf., Pisa, Vol. II, 732-738.
- DJAKOV, a. B. (1982): The systems of investigation of interrelation if the components in the process of inheritance of productiveness (in russ.). Geterozis, Minsk, 17-38.
- DJAKOV, a. B. (1986): Related variability of traid complex in the course of sunflower selection (in russ.). Sel'skochozjajstvennaja biologija, Moskva, 1, 77-83.
- DJAKOV, A. B. and T. S. ANTONOVA (1978): The promotion of methods of assessment of resistant sunflower plants to broomrape (in russ.). Sbornik Vniimk: Pests and diseases of oil crops, Krasnodar.
- DODDAMANI, I. K., S. A. PATIL and R. I. RAVIKUMAR (1997): Relationship of autogamy and self fertility with seed yield and yield components in sunflower (*H. annuus*). Helia 20, Nr. 26, 95-102.
- DODONAEUS, R. (1569): Herbarium Historiae. Antwerpen.
- DOMPERT und BEHRINGER (1976): Einfluß von Reifedauer, Temperatur und Sauerstoffversorgung auf die Bildung von ungesättigten Fettsäuren und Tokopherolen an Sonnenblumenfrüchten. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkde. 139, 157-167.
- DONALD, P., C. HARTMAN, J. VENETTE and G. SECOR (1985): Response of sunflowers to culture filtrates from *Phoma macdonaldii*. Phytopathology Abstr. Vol. 75, 963.
- DORRELL, D. G. (1976): Chlorogenic acid content of meal from cultivated and wild sunflowers. Crop Sci. 16, 422-424.
- DORRELL, D. G. (1978): Processing and utilization of oilseed sunflower. In: CARTER, J. F.: Sunflower Science and Technology. Series Agronomy 19, 407-440, Madison, Wisc.
- DORRELL, D. G. and B. A. VICK (1997): Properties and processing of oilseed sunflower. In: A. A. SCHNEITER: Sunflower technology and production. Agronomy 35, 709-746. Madison Wisc.
- DOWNES, R. W. and M. L. TONNET (1982): Selection of sunflower plants containing high linoleic acid and its agronomic significance. Proc. 10th Int. Sunflower Conf., Surfers Paradise, 258-261.
- DOZET, B., M. BEDOV, J. ATLAGIC and R. MARINKOVIC (1993): Wild sunflower species – sources of resistance to the sunflower moth (*Homeosoma nebulella* Hubner; *Homeosoma electeltum* Hulst). Helia 16, Nr. 19, 55-60.
- DOZET, B., D. SKORIC and R. MARINKOVIC (1996): Characteristics of new hybrid combinations of oil and confectionary sunflower. Int. Sunflower Yearbook, 91.
- DOZET, B., D. SKORIC and R. MARINKOVIC (1999): Sunflower breeding for resistance to Broomrape (*Orobancha cernua* Loefl. / *O. cumana* Wallr.). Helia 22, Nr. 31, 125-136.
- DUCHSCHERER, P. (1998): Genetische Untersuchungen zur Entwicklung unverzweigter Sonnenblumen-Hybriden mit differenzierter Ölqualität. Diss., Fachbereich Agrarwiss. und Umweltsicherung, Univ. Gießen.
- DRAGOVIC, S., L. MAKSIMOVIC, Z. PAVIC and D. SKORIC (1992): Double cropping irrigated sunflower in the Vojvodina. Proc. 13th Int. Sunfloer Conf., Pisa, Vol. I, 131-136.

- DUSANIC, N. and J. CRNOBARAC (1997-98): Dynamics of dry matter accumulation in sunflower. *Int. Sunflower Yearbook*, 69.
- DUSANIC, N. and V. MIKLIC (2000): Effect of sowing density on the dynamics of leaf area development in sunflower. *Proc. 15th Int. Sunflower Conf.*, Toulouse, Vol. I, C55-C60.
- EIJNATTEN, C. L. M. van (1974): Pests and diseases of the sunflower; a provisional compilation from the literature. *Univ. Nairobi, Techn. Comm.* 10.
- ENNS, H., W. O. CHUBB and D. G. DORRELL (1970): Breeding for pollen fertility in sunflower. *Proc. 4th Int. Sunflower Conf.*, Memphis, 162-167.
- ESPINASSE, A., C. LAY and D. DYBING (1985): Factors controlling in vitro development of sunflower embryos. *Agronomy* 5, 825-832.
- ESPINASSE-GELLNER, A. and C. LAY (1988): In vitro regeneration of sunflower, *Helianthus annuus* L., plants from immature embryos. *Proc. 12th Int. Sunflower Conf.*, Novi Sad, Vol. I, 309.
- EVERETT, N., K. ROBINSON and D. MASCARENHAS (1987): Genetic engineering of sunflower (*Helianthus annuus* L.), *Biotechnology*, 5, I 201-I 204.
- FAO (1951-1998): *Production Yearbook 1951-1998*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAYZALLA, E. S. and J. FRANK (1978): Studies on the biology, epidemiology and control of *Phoma macdonalddii*, Boerema of sunflower M. Sci. Thesis, Novi Sad.
- FEDERENKO, T. S. (1976): Cytoembryological Peculiarities of *Helianthus tomentosus* wick as a component part of remote hybridization with sunflower. *Proc. 7th Int. Sunflower Conf.*, Krasnodar, Vol. I, 417-424.
- FEIFFER, P. (2001): Einstellhinweise zur Ernte von Öllein und Sonnenblumen. *Raps* 9 (3), 164-167.
- FERNANDEZ-MARTINEZ, J. (1983): Some considerations in breeding for yield and oil content of sunflower and safflower in semi-arid conditions in Spain. *Proc. of Eucarpia-Symposium: Strategies in breeding of oil and protein crops*, Wageningen, 40-54.
- FERNANDEZ-MARTINEZ, J. and E. ALBA (1984): Breeding for oil and meal quality in sunflower. *Proc. Int. Symp. Sci. and Biotechnol. for an Integral Sunflower Utilization*, Bari, 75-97.
- FERNANDEZ-MARTINEZ, J. and J. DOMINGUEZ-JIMENEZ (1981): Sunflower breeding for drought resistance. *Proc. Eucarpia Symp.: „Sunflower breeding“*, Prague, 138-147.
- FERNANDEZ-MARTINEZ, J. M., M. MANCHA, J. OSORIO and R. GARCES (1997): Sunflower mutant containing high levels of palmitic acid in high oleic background. *Euphitica* 97, 113-116.
- FICK, G. N. (1975): Heritability of oil content in sunflowers. *Crop Sci.* 15, 77-78.
- FICK, G. N. (1978a): Breeding and genetics. In: CARTER, J.: *Sunflower Science and Technology*, Americ. Soc. Agronomy, Madison, Wisc., 279-338.
- FICK, G. N. (1978b): Selection for self-fertility and oil percentage in development of sunflower hybrids. *Proc. 8th Int. Sunflower Conf.*, Minneapolis, Minnesota.
- FICK, G. N. and O. E. ZIMMER (1976): Yield stability of sunflower hybrids and openpollinated varieties. *Proc. 7th Int. Sunflower Conf.*, Krasnodar, 253-258.

- FICK, G. N., T. J. GILYA and G. E. AUWARTER (1983): Inheritance of *Sclerotinia* wilt resistance in sunflower. Proc. Sunfl. Research Workshop, Bismarck N. D., 21-23.
- FICK, G. N. and J. F. MILLER (1997): Sunflower breeding. In: A. A. SCHNEITER: Sunflower Technology and Production. Agronomy 35, 395-496. Madison Wisc.
- FICK, G. N., J. J. CAROLINE, G. E. AUWARTER and P. M. DUHIGG (1985): Agronomic characteristics and yield performance of dwarf sunflower hybrids. Proc. 11th Int. Sunflower Conf., Mar del Plata, 739-742.
- FRANK, J., B. BARNABAS, E. GAL and J. FARCAS (1982): Storage of sunflower pollen. Zeitschr. f. Pflanzenzüchtung 89, 341-343.
- FREE, J. B. (1970): Insect pollination of crops. Academic Press, London.
- FREUND, D. E. and B. FURGALA (1982): Effect of pollination by insects on the seed set and yield of ten oilseed sunflower cultivars. Amer. Bee J. 122, 648-652.
- FRIEDT, W. (1988): Biotechnology in breeding of sunflower as an industrial oil crop. Proc. 12th Int. Sunflower Conf., Novi Sad, Vol. II, 316-321.
- FRIEDT, W. (1990): Trends und Anwendungsfelder der Biotechnologie in der Pflanzenzüchtung der nächsten 10 bis 15 Jahre. In: S. ALBRECHT: Zukunft der Nutzpflanzen-Biotechnologie in Landwirtschaft und Pflanzenzüchtung. Campus Verlag, Frankfurt, 23-40.
- FRIEDT, W. (1992): Present state and future prospects of biotechnology in sunflower breeding. In: G. SEILER: Field Crops Research 30. Elsevier Sci. Publ., Amsterdam, 425-442.
- FRIEDT, W. (1992): Die Sonnenblume – eine „nachwachsende Rohstoffquelle“ mit Zukunft? Bio-Engineering 8 (1), 20-25
- FRIEDT, W. und M. GANSSMANN (1991): Die Sonnenblume – eine Ölpflanze mit neuweltlicher Herkunft und europäischer Geschichte. Vortr. Pflanzenzüchtung 22, 131-144.
- FRIEDT, W. and M. KORELL (1995): Potentials and use of interspecific hybrids of sunflower. 3rd European Symposium on sunflower Biotechnology, Bad Münster, 5
- FRIEDT, W. und W. LÜHS (1999): Perspektiven molekularer Pflanzenzüchtung Biologie in unserer Zeit. 29, (3), 142-150
- FRIEDT, W., M. GANSSMANN and M. KORELL (1994): Improvement of sunflower oil quality. Proc. EUCARPIA-Symp. on Breeding of Oil and Protein crops, Albena, 1-2.
- FRIEDT, W., K. DEHMER, R. STEISS und W. LÜHS (1997): Biotechnologie für die Züchtung von Ölpflanzen als nachwachsende Rohstoffe. Schriften d. Hess. Akad. Forschung und Lehre im ländl. Raum 16, 32-51.
- FRIEDT, W., K. NICHTERLEIN, M. DAHLHOFF, H. KÖHLER and A. GÜREL (1991): Recent progress and prospects of biotechnology in sunflower breeding. Fat. Sci. Technol. 93, 368-374
- FRIEDT, W., T. NURHIDAYAH, T. RÖCHER, H. KÖHLER, R. BERGMANN and R. HORN (1997): Haploid production and application of molecular methods in sunflower (*H. annuus*). In: JAIN/SAPORY/VEILLEUX: In Vitro Haploid Production in Higher Plants, Vol. 5: Oil, Ornamental and Miscellaneous Plants. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht/NL, 17-35.
- FURGALA, B., D. M. NOETZEL and R. G. ROBINSON (1978): Proc. 10th Int. Symp. on Pollination. Maryland Agric. Exp. Sta. Spec. Misc., Publ. 1, 45-58.

- GANSSMANN, M. und W. FRIEDT (1994): Züchtung auf *Verticillium*-Resistenz bei der Sonnenblume. Vortr. Pflanzenzüchtung 28, 244-246.
- GARGES, R., R. ALVAREZ-OTEGA, S. CANTISAN and E. MATINEZ-FORCE (2000): Biochemical control of high palmitic acid biosynthesis. Proc. 15th Int. Sunflower Conf., Toulouse, Vol. I, A7-A12.
- GAUDCHAU, M. and R. MARQUARD (1989): Untersuchungen zum Befall von Sonnenblumen-Genotypen mit *Botrytis cinerea* Pers. Kali-Briefe 19, 619-627.
- GEIGER, K. (1998) Einleitung. In: Zauber der Sonnenblume. Österreich. Agrar-Verlag, Klosterneuburg, 13-18.
- GEISLER, G. (1982): On the ecology of root system. International symposium – Root ecology and its practical application. Gumpenstein, Austria.
- GEORGE, D. L., B. W. SIMPSON and C. MCLEOD (1988): Proposed development of a high linoleic acid sunflower hybrid. Proc. 12th Int. Sunflower Conf., Novi Sad, Vol. II, 448.
- GEORGIEVA-TODOROVA, J. (1970): Zytogenetische Untersuchungen der Hybriden *H. argophyllus* x *H. annuus*. Z. Pflanzenzüchtung 64, 357-366.
- GEORGIEVA-TODOROVA, J. (1972): Mežduvidovi otnošenija v roda *Helianthus* L. (Autoreferat), Sofia.
- GEORGIEVA-TODOROVA, J. (1976): Interspecies relationships in the genus *Helianthus*. Publishing house of the Bulgarian Academy of Sciences, Sofia. Summary: 162-168.
- GEORGIEVA-TODOROVA, J. (1984): Interspecific hybridization in the genus *Helianthus* L. Z. Pflanzenzüchtung 93, 265-279.
- GEORGIEVA-TODOROVA, J. and V. NUTI (1969): Chromosome aberrations in *Helianthus annuus* L. induced by 8-ethoxycoffeine. C. R. Acad. Scancers Agric. Bulg. 2, 225-230.
- GEORGIEVA-TODOROVA, J. and A. KHRISTOVA (1975): Studies on several wild-growing *Helianthus* species. C. R. Acad. Agric. Georgi Dimitrov 8, 51-55.
- GEORGIEVA-TODOROVA, J. and N. BOHOROVA (1988): Cytological studies on hybrids and back-cross generations of *Helianthus annuus* (2n=34) and some tetraploid *Helianthus* species (2n=68). Proc. 12th Int. Sunflower Conf., Novi Sad, Vol. II, 293-299.
- GERIC, I., J. JOKSIMOVIC and M. ZLOKOLICA (1988): Phenotypic and electrophoretic assessment of genetic purity in sunflower inbred lines. Proc. 12th Int. Sunflower Conf., Novi Sad, Vol. II, 504.
- GILL, H. S. and M. S. PUNIA (1996): Expression of heterosis in Single-, Double- and Three-Way-Crosses hybrids of sunflower (*H. annuus*). Helia 19, Nr. 25, 111-118.
- GIMENO-RAMIREZ, V. (1975): Selección de plantas de girasol basadas en la variación de la velocidad de germinación a bajas temperaturas. Comun. Ser. Prod. Veg. Inst. Nac. Invest. Agrar. 5, 73-75.
- GLUSAC, D. and Z. KOSOVAC (1988): Susceptibility of sunflower lines and hybrids to herbicides. Proc. 12th Int. Sunflower Conf., Novi Sad, Vol. II, 230.
- GÖKSOY, A. T., Z. M. TURAN and E. ACIKGÖZ (1998): Effect of planting date and plant population on seed and oil yields and plant characteristics in sunflower (*H. annuus*). Helia 21, Nr. 28, 107-116.

- GOLUBIVIC, M. (1999): The relationship between structure of flower organs and bees' attraction on sunflower hybrids. *Int. Sunflower Yearbook*, 73.
- GRAUERT, P. (1979): Untersuchungen zum Resistenzverhalten der Sonnenblume (*Helianthus annuus* L.) gegenüber *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. Diss., Univ. Gießen.
- GRAY, A. (1889): *Synoptical Flora of North America*. Smithsonian Institution, Washington, D.C.
- GRIFFITHS, W. A. and E. H. ERICHSON (1983): Hybrid sunflowers. In: C. E. JONES and R. J. LITTEL: *Handbook experimental pollination biology*. Sci. Acad. Ed., New York, 522-535.
- GÜREL, A., K. NICHTERLEIN and W. FRIEDT (1991a): Shoot regeneration from anther culture of sunflower (*H. annuus*) and some interspecific hybrids as affected by genotype and culture procedure. *Plant Breeding* 106, 68-76.
- GÜREL, A., S. KONTOWSKI, K. NICHTERLEIN and W. FRIEDT (1991b): Embryogenesis in microspore cultur of sunflower (*H. annuus*). *Helia* 14, 123-128.
- GULYA, T., J. F. MILLER (1985): Registration of DM-sunflower geroplasma composite resistant to race 3 downy mildew. *Crop Sci.* 25, 719-721.
- GULYA, T. R., Y. RASHID and S. M. MASIREVIC (1997): Sunflower Diseases. In: A. A. SCHNEITER: *Sunflower Technology and Production, Agronomy* 35, Madison, Wisc., 263-380.
- GUILLANMIN, J. J., J. KUREK, M. LALANDE and A. RAMIREZ (1974): Inoculation de capitules de tournesol au laboratoire par *Botrytis cinerea* et essa de mise au point d'un test de sensibilité variétale. *Proc. 6th Int. Sunflower Conf.*, Bucharest, 655-659.
- GUNDAEV, A. I. (1971): Basic principles of flower selection (in russ.). *Geneticeskie osnovy selekcii rastenij*, Moskva, 417-465.
- GURURAJ, R. and R. R. MALLIKARJUNAIAH (1995): Interactions among *Azotobacter chroococcum*, *Penicillium glaucum* and *Glomus fasciculatum* and their effect on the growth and yield of sunflower (*H. annuus*). *Helia* 18, Nr. 23, 73-84.
- HABURA, E. C. (1957): Parasterilität bei Sonnenblumen. *Z. Pflanzenzüchtg* 37, 280-298.
- HABURA, E. C. (1958): Heterosis in Ertragsmerkmalen bei der Sonnenblume. *Der Züchter* 28, 285-287.
- HAHN, V. und W. FRIEDT (1992): Nutzung von *Helianthus*-Wildformen zur Entwicklung neuer „Plasmen“ für die Sonnenblumenzüchtung. *Vortr. Pflanzenzüchtung* 22, 145-151.
- HAHN, V. and W. FRIEDT (1994): Molecular analysis of the CMS-inducing MAX 1 cytoplasm in sunflower. *Theor. Appl. Genet.* 89, 379-385.
- HAHN, V., R. HORN, R. L. von SEIGNEUX and W. FRIEDT (1992): Molecular characterization of cytoplasmic male sterilities in sunflower derived from wild crosses. *13th Eucarpia-Congr.* In: *Book of Poster Abstracts*, 551-552.
- HAHNE, G. (1995): Sunflower protoplasts (*H. annuus*) regeneration of fertil plants and somatic hybridization. *Int. Sunflower Yearbook*, 68.
- HALL, I. R. (1984): Taxonomy of VA-Mykorrhizal fungi. In: C. J. POWELL and D. J. BAGYARAJ: *VA-mycorrhiza*. CRC-Press, Boca Raton, F. L., 57-94.

- HAMMANN, T. and W. FRIEDT (1992): Interspecific hybrids – source for disease resistance in sunflower. Proc. 13th Int. Sunflower Conf., Pisa, Vol. II, 1462-1465.
- HAMMANN, T. und W. FRIEDT (1994): Krankheitsreaktion und Leistungspotential von Nachkommenschaften aus interspezifischen Kreuzungen der Sonnenblume (*H. annuus*). Vortr. Pflanzenzüchtung 28, 241-243.
- HAMMANN, T. und W. FRIEDT (1995): Resistenzzüchtung bei der Sonnenblume auf der Basis interspezifischer Kreuzungen, 46. Arbeitstagung der Saatzüchter, Gumpenstein, 205-217
- HAMMANN, T., M. GANSSMANN und W. FRIEDT (1992): Nutzung interspezifischer Kreuzungen in der Resistenzzüchtung von Sonnenblumen (*Helianthus*). Vortr. Pflanzenzüchtung 22, 361-362.
- HAMMANN, T., H. KÖHLER und W. FRIEDT (1994): Interspezifische Kreuzungen als Basis für die Züchtung der Sonnenblume (*Helianthus annuus* L.) auf Krankheitsresistenz. Vortr. Pflanzenzüchtung 30, 151-157.
- HAMMANN, T., M. MÜLLER und W. FRIEDT (1994): Zur Reifebeurteilung von Sonnenblumensorten. UFOP-Schriften, Heft 1, 37-48.
- HAMMANN, T., H. KÖHLER, M. KORELL and W. FRIEDT (1995): Wide crosses in the genus *Helianthus* as a source to improve the genetic basis for disease resistance in sunflower. XIV EUCARPIA Congr. 31, Jyväskylä, in Plant Breeding, 102-103.
- HARTMAN, C. L., P. A. DONALD, G. A. SECOR and J. F. MILLER (1988): Sunflower tissue culture and use in selection for resistance to *Phoma macdonaldii* and white mold (*Sclerotinia sclerotiorum*). Proc. 12th Sunflower Conf., Novi Sad, Vol. II, 347-351.
- HEISER, C. B. (1951): The sunflower among the North American Indians. Proc. Am. Phil. Soc. 95, 432-448.
- HEISER, C. B. (1976): The sunflower. University of Oklahoma Press, Norman, Oklahoma.
- HEISER, C. B. (1978): Taxonomy of *Helianthus* and origin of domesticated sunflower. In: CARTER, J. F.: Sunflower Science and Technology, Agronomy Nr. 22, Madison, Wisc., 31-52.
- HEISER, C. B. (1982): Registration of Indiana-1 CMS sunflower germplasm. Crop Sci. 22, 1089.
- HEISER, C. B., D. M. SMITH, S. CLEVINGER and W. C. MARTIN (1969): The North American sunflower (*Helianthus*) Mem. Torey Bot. Club 22, 218-224.
- HOCKETT, E. A. and P. F. KNOWLES (1970): Inheritance of branching in sunflowers, *Helianthus annuus* L. Crop. Sci. 10, 432-436.
- HOFMAN, V. L. and K. J. HELLEVANG (1997): Harvesting, Drying and Storage of sunflower. In: A. A. SCHNEITER: Sunflower Technology and production. Agronomy Nr. 35, 671-696, Madison, Wisc.
- HORN, R. (1991): Untersuchungen zu den molekularen Ursachen der cytoplasmatischen Pollensterilität bei der Sonnenblume (*H. annuus*). Inaug.-Diss., Fachbereich Biologie, Univ. Gießen.
- HORN, R. (1997): Cytoplasmic male sterility in higher plants. Genes, Chromosomes, Genomes. Abstracts of Annual Meeting of Genetics Society, Gießen, Vol. 5, 50.

- HORN, R. (1998): Untersuchungen der cytoplasmatischen männlichen Sterilität (CMS) und Entwicklung neuer CMS-Systeme für die Züchtung der Sonnenblume (*H. annuus*). Habil.-Schrift, Univ. Gießen, Shaker Verlag.
- HORN, R. (2001): Molecular diversity of male sterility inducing and male-fertile cytoplasm in the genus *Helianthus*. *Theor. Appl. Genet.* 100
- HORN, R. und W. FRIEDT (1996): CMS-Quellen bei der Sonnenblume – unterschiedlicher Ursprung, aber gleicher Mechanismus. *Votr. Pflanzenzüchtung* 33, 95-105.
- HORN, R. and W. FRIEDT (1997): Fertility restoration of new CMS sources in sunflower (*H. annuus*). *Plant Breeding* 116, 317-322.
- HORN, R. and W. FRIEDT (1998): CMS mechanism in sunflower – How many are there? In: *Plant Mitochondria: From Gene to Function*. BACKUYS Publishers, Leiden, 79-82.
- HORN, R. und W. FRIEDT (1998): Botanik. In: *Zauber der Sonnenblumen*. Österreichischer Agrarverlag, Klosterneuburg, 19-28.
- HORN, R. and L. GENZBITTEL (2001): Mapping Markers. *Proc. 15th Int. Sunflower Conf.*, Toulouse, M1-M49.
- HORN, R., V. HAHN and W. FRIEDT (1994): Molecular analysis of cytoplasmic male sterility in sunflower (*H. annuus*). *Proc. 2nd Europ. Symp. Sunflower Biotechnology*, Albena, Ey. 7/4, 52-56.
- HORN, R., L. BRAHM and W. FRIEDT (1996): II Recombination: Novel gene and genome combinations for resistance breeding by interspecific hybridization and genetic transformation. *Progress in Botany* 57, 177-196.
- HORN, R., R. H. KÖHLER, K. ZETSCHKE und W. FRIEDT (1992): Molekulare Ursachen der cytoplasmatischen männlichen Sterilität bei der Sonnenblume. *Votr. Pflanzenzüchtung* 22, 367-368.
- HORN, R., J. LEIPNER, B. RÜHLEMANN und W. FRIEDT (1994): Untersuchungen zur Restauration der Pollenfertilität beim PET 1 Cytoplasma der Sonnenblume. *Votr. Pflanzenzüchtung* 28, 116-118.
- HORN, R., R. H. KÖHLER, A. LÖSSL, R. KRÄUTER, J. R. GERLACH, J. E. G. HUSTEDT, V. HAHN, T. HAIN, K. ZETSCHKE and W. FRIEDT (1995): Development and molecular analysis of al-toplasmatic male sterility in sunflower. *Advances in Plant Breeding* 18, 89-110.
- HORN, R., J. E. G. HUSTEDT, A. HORSTMAYER, K. ZETSCHKE and W. FRIEDT (1995): Molecular characterization of different CMS sources in sunflower (*H. annuus*). *3rd European Symp. on Sunflower Biotechnology*, Bad Münster, 16.
- HORN, R., M. PRÜFE, B. KUSTERER, E. LAZARESCU and W. FRIEDT (2000): Genetic analysis of fertility restoration in sunflower (*H. annuus*). *Mendel Centenary Congress*, Brono, 43, 171-184.
- HORVATH, Z. (1988): Early selection on sunflower seedlings for broomrape (*Orobancha cumana* Wallr.) resistance. *Proc. 12th Int. Sunflower Conf.*, Novi Sad, Vol. II, 151-154.
- HOTTENROTH, B. (1949): Vergleich der Pektingewinnungsverfahren. *Natur und Nahrung*, Ausg. B, 127-130.

- HSIEH, S. Y. and Y. A. CUO (1980): Studies on breeding of oilrich sunflower hybrids. VI. A comparison on heterosis of hybrids among single cross, top-cross and inter-varieties. Yen Chiu Hui Pao Res. Bull. Tainan Dist. Agric. Improv. Stn., June (14), 13-19.
- HUGGER, H. (1989): Sonnenblumen; Züchtung, Anbau, Verarbeitung. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- HUSSAIN, M. K. and O. U. REHMANN (1993): Breeding sunflower for salt tolerance: Physiological basis for salt tolerance in sunflower (*H. annuus*). *Helia* 16, 77-84.
- HUSSAIN, M. K., O. U. REHMANN and A. RAKHA (1996): Breeding sunflower for salt tolerance: Interrelationship of morpho-physiological parameters in sunflower (*H. annuus*) for salt tolerance. *Helia* 19, 119-132.
- HUSTEDT, J. E. G. (1994): Physiologische und molekularbiologische Aspekte der cytoplasmatischen männlichen Sterilität bei der Sonnenblume (*H. annuus*). Diss., Univ. Gießen.
- ILIESCU, H. (1997-98): An integrated system for the control of main pathologic agents and biological nutrition in sunflower crops. *Int. Sunflower Yearbook*, 67.
- INT. SUNFLOWER CONF.: Proceedings. Pisa 1992 and Toulouse 2000.
- INT. SUNFLOWER CONF., 15th (2000): New uses. Vol. I, Toulouse, B1-B113.
- ISA (1988): Proceedings of the 12th Int. Sunflower Conf., Novi Sad, Vol. I and II.
- IUORAS, M., M. PATRASCU and V. COTRUTA (1999): 2 marker genes collection and RAPD markers for recessive branching in sunflower. *Helia* 22, Nr. 30, 213.
- IVANOV, P. (1975): Variation of the protein, lysine, and chlorogenic acid content in some sunflower selfed lines (in bulg.). *Rastenievudni nauki, Sofija* 10, 23-27.
- IVANOV, P. I. and V. NIKOLOVA (1975): Variation in the fatty acid composition of the oil in some inbred sunflower lines. *Rastenievudni nauki, Sofija* 12, 36-40.
- IVANOV, P. and A. PISKOV (1979): The chemical heterogeneity of the sunflower variety „Pere-dovik“. *Rastenievudni nauki, Sofija* 16, 34-40.
- IVANOV, P., D. PETAKOV, V. NIKOLOVA and E. PENTCHEV (1988): Sunflower breeding for high palmitic acid content in the oil. *Proc. 12th Sunflower Conf., Novi Sad, Vol. II*, 463-465.
- JAGODKIN, I. G. (1937): Inzucht und diallele Kreuzung bei Sonnenblumen (in russ.). *Selekcija i semenovodstvo, Moskva* 1, 21-27.
- JAMBHULKAR, S. J. (1995): Rapid cycling through immature embryo culture in sunflower (*H. annuus*). *Helia* 18, Nr. 22, 45-50.
- JAN, C. C. (1988): Chromosome doubling of wild x cultivated sunflower interspecies hybrids and its direct effect on backcross success. *Proc. 12th Int. Sunflower Conf., Novi Sad, Vol. II*, 287-292.
- JAN, C. C. (1997): Cytology and Interspecific Hybridization. In: A. A. SCHNEITER: *Sunflower Techn. and Produc. Agronomy* 35, Madison, Wisc., 497-558.
- JAN, C. C., J. M. CHANDLER and B. A. BEARD (1983): A practical method of chromosome doubling in sunflower. *Proc. Sunflower Res. Workshop, Bismarck, N. D.*, 12-13.
- JOKSIMOVIC, J., R. MARINKOVIC and M. MIHALJCEVIC (1997-98): Effect of leaf area on seed and oil yields of F₁ sunflower hybrids (*H. annuus*). *Int. Sunflower Yearbook*, 74.

- JOSIC, S., D. SKORIC and N. LECIC (2000): Development of inbred lines of sunflower wild various oil-qualities. Proc. 15th Sunflower Conf., Toulouse, Vol. I, A43-A48.
- JOVANOVIC, D., D. SKORIC and B. DOZET (1997-98): Breeding sunflower for special purposes. Int. Sunflower Yearbook, 74-75.
- KAMALI, V. and J. F. MILLER (1982): The inheritance of drought tolerance in sunflower. Proc. 10th Int. Sunflower Conf., Surfers Paradise, 228-233.
- KANDEL, H. J. and A. A. SCHNEITER (1993): Legumes interseeded in sunflower: A produced and a research print of view. Proc. Sunflower Research Workshop NSA, Fargo/N.D.
- KANDEL, H. J (1995): Intercropping Legumes in sunflower. Ph. diss. North Dakota State Univ., Fargo.
- KANYION, P. (1997): Untersuchungen zur Resistenz bzw. Toleranz der Sonnenblume (*H. annuus*) gegenüber Grauschimmel (*Botrytis cinerea* Pers.). Diss., Univ. Gießen.
- KANYION, P. and W. FRIEDT (1993): Differential reactions of sunflower genotypes to infection by *Botrytis cinerea*. Helia 16, Nr. 19, 77-84.
- KARAMI, E. (1974): Emergence of nine varieties of sunflower (*H. annuus* L.) in salinized soil cultures. Proc. 6th Int. Sunflower Conf., Bucharest, 167-172.
- KARZIREVIC, S. and A. MORIC (1988) Five year experiments in sunflower diseases control by fungicides on production plots in Yugoslavia. Proc. 12th Int. Sunflower Conf., Novi Sad, Vol.II 211-222
- KESTELOOT, J. A., J. HEURSEL and F. M. PAUWELS (1985): Estimation of the heritability and genetic variation in sunflower. Helia 8, 17-20.
- KHARCHENKO, L. N. (1979): Gentoypic and phenotypic mechanisms ensuring regulation of fatty acid biosynthesis in sunflower seeds (in russ.). Fiziologija rastenij, Moskva 26, 6, 1226-1232.
- KINARD, D. H. (1975): Feeding value of sunflower meal and hulls. Feedstuffs 46, 26-31.
- KINMAN, M. L. (1970): New development in the USDA and State Experiment Station sunflower breeding programs. Proc. 4th Int. Sunflower Conf., Memphis, 181-183.
- KINMAN, M. L. (1972): Breeding for lipid and amino acid composition in sunflower. J. Amer. Oil Chem. Soc. 49, 220-224.
- KLITSCH, R. (1956): Untersuchungen über Bedeutung, Anbautechnik und wertgebende Inhaltsstoffe neuartiger Zweitfrüchte und Stoppelfutterpflanzen, insbesondere der Grünsonnenblume im mitteldeutschen Trockengebiet. Diss., Univ. Halle.
- KLYUKA, V. J. und S. N. TSURKANI (1975): Einflüsse der Temperatur auf das Wachstum und Produktion von Sonnenblumen unter kontrollierten Bedingungen (in russ.). Vestn. Moskva Univ. 6 (3), 64-68.
- KNAPP, S. J., M. B. SLABACH and S. TANG (2000): The development of tools for molecular breeding and genomics research in cultivated sunflower. Proc. 15th Int. Sunflower Conf., Toulouse, Vol. I, D1-D7.
- KNOWLES, P. F. (1978): Morphology and anatomy. In: CARTER, J. F.: Sunflower Science and Technology. Series Agronomy 19, Madison, Wisc., 558-587.

- KNOWLES, P. F., S. R. TEMPLE and F. STOLP (1970): Variability in the fatty acid composition of sunflower seed oil. Proc. 4th Int. Sunflower Conf., Memphis, 215-218.
- KÖHLER, H. und W. FRIEDT (1992): Charakterisierung von *Helianthus*-Arten und Identifizierung interspezifischer Hybriden mit Hilfe der Isoenzym-Elektrophorese. Vortr. Pflanzenzüchtung 22, 363-364.
- KÖHLER, H. and W. FRIEDT (1995): Molecular characterization of interspecific hybrids in the genus *Helianthus*. Proc. 3rd European Symposium on Sunflower Biotechnology, Bad Münster, 35.
- KÖHLER, R. H., R. HORN, A. LÖSST and Z. K. ZETSCHKE (1991): Cytoplasmatic male sterility is correlated with the cotranscription of a new open reading frame with the ??? gene. Mol. Gen. Genet. 227, 366-376.
- KÖHLER, H., L. BRAHM, T. RÖCHER und W. FRIEDT (1997): Anwendung molekulargenetischer Techniken in der Resistenzzüchtung bei der Sonnenblume (*H. annuus*). Vortr. Pflanzenzüchtung 36, 47-50.
- KÖHLER, H., R. HORN, S. WEBER, L. BRAHM und W. FRIEDT (1998): Stand und Perspektiven der Hybridzüchtung bei der Sonnenblume auf der Basis von CMS. Berichte über 48. Tagung der Vereinigung österreichischer Pflanzenzüchter, 87-93.
- KÖNEKAMP, A. (1931): Sonnenblume als Grünfütterpflanze. Deutsche Landw. Presse 58, 135.
- KONAREV, A., I. ANISIMOVA, V. GAVRILOVA, T. VACHRUSHEVA, L. SHASHILOVA, G. KONECHNAYA and P. CHEWRY (2000): Heterogenetics and natural variability of proteinase inhibitors in sunflower (*H. annuus*) and other compositae. Proc. 15th Int. Sunflower Conf., Toulouse, Vol. I, A109-A112.
- KORELL, M. (1996): Zur Entwicklung eines Selektionssystems in „vitro“ auf osmotische Anpassungsfähigkeit interspezifischer Sonnenblumenlinien als Grundlage für die Züchtung auf Trockenstreßtoleranz. Diss., Univ. Gießen.
- KORELL, M. und W. FRIEDT (1996a): Pflanzenbauliche Bewertung des Anbaues von HO-Sonnenblumen als nachwachsender Rohstoff in Deutschland. Mitt. Ges. Pflanzenbau 9, 151-152
- KORELL, M. und W. FRIEDT (1996b): Anbauerfahrungen mit „high oleic“ Sonnenblumen auf Stillungsflächen 1995. Raps 14, 82-85
- KORELL, M., R. HORN and W. FRIEDT (1995): Defining tolerance mechanisms of the wild species *Helianthus agrophyllus* useful for breeding drought tolerant sunflower. Interdrought 1995 (Int. Congr. on integrated Studies on Drought Tolerance of Higher Plants), Montpellier, II/6.
- KORELL, M., R. HORN und W. FRIEDT (1996a): Zur Selektion in vitro auf osmotische Anpassungsfähigkeit in spaltenden interspezifischen Sonnenblumenlinien (*H. annuus*). Vortr. Pflanzenzüchtung 32, 100-102.
- KORELL, M., R. HORN and W. FRIEDT (1998): Breeding drought tolerant interspecific sunflower lines for sustainable agriculture via selection in vitro. In: N. BASSAM, R. K. BEHL and B. PROCHNOW (Edz): Sustainable Agriculture for Food, Energy and Industry – Strategies towards Achievement, Vol. 1, James & James Science Publ., London, 199-205.

- KORELL, M., Y. GRIVEAU, H. SERIEYS und W. FRIEDT (1995a): Perspektiven der Züchtung der Sonnenblume (*H. annuus*) for Trockenstandorte durch interspezifische Kreuzungen. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 8, 187-190.
- KORELL, M., L. BRAHM, W. FRIEDT and R. HORN (1996): Interspecific and intergenetic hybridization in sunflower breeding. I. General breeding aspects. II. Specific uses of wild gemplasma. Plant Breeding Abstr. 66 (7), 925-931 and (8), 1081-1091.
- KOSTOFF, D. (1939): Autosynthesis and structural hybridity in F₁ hybrid *H. tuberosus* x *H. annuus* and their sequences. Genetics 21, 285-300.
- KOVACIK, A. and V. SKALLOUD (1973): Manifestation of heterotic effect in sunflower (in russ.). Geterozis kulturnih rastenij, Varna, 41.
- KOVACIK, A. and V. SKALLOUD (1988): Inheritance of sunflower head position. Proc. 12th Int. Sunflower Conf., Novi Sad, Vol. II, 435.
- KRÄUTER, R. (1990): Untersuchungen über interspezifische Hybridisierung in der Gattung *Helianthus* mit Hilfe von „embryo rescue“ und Charakterisierung der erstellten Hybriden. Diss., Univ. Gießen.
- KRÄUTER, R. and W. FRIEDT (1988): Goals and results of interspecific hybridization in sunflower breeding. Proc. 12th Int. Sunflower Conf., Novi Sad, Vol. II, 265-266.
- KRÄUTER, R. and W. FRIEDT (1989): Efficient interspecific hybridization in the Genus *Helianthus* through embryo rescue. XII. Eucarpia Congr. Vortr. f. Pflanzenzüchtg. 15, 12-14.
- KRÄUTER, R. and W. FRIEDT (1991): Multiple shoot formation of sunflower lines (*H. annuus*) by tissue culture in vitro. Helia 14, 117-122.
- KRÄUTER, R., A. STEINMETZ and W. FRIEDT (1991): Efficient interspecific hybridization in the Genus *Helianthus* via embryo rescue and characterization of the hybrids. Theor. Appb. Genet. 82, 521-527.
- KRAUSE, G. L. and W. T. WILSON (1981): Honey bee pollination and visitation patterns on hybrid oilseed sunflowers in Central Wyoming (*Hymenoptera, Apidae*). J. Kansas Entomol. Soc. 54 (1), 75-82.
- KÜBLER, I. (1984): Untersuchungen über Möglichkeiten der Veränderung des Fettsäuremusters von Sonnenblumen (*Helianthus annuus* L.) durch Mutationsauslösung. Diss., Univ. Gießen.
- KUFNER, E. (1988): The important sunflower diseases and their control with systemic and contact fungicides. Proc. 12th Int. Sunflower Conf., Novi Sad, Vol. II, 210.
- KUKIN, V. F. (1982): Sunflower diseases and the measures of their prevention (in russ.). „Kolos“, Moskva.
- KUPERMANN, F. M. (1962): Biologische Kontrolle in der Landwirtschaft (in russ.), Moskva.
- KURNIK, E. (1961): Verwendung von haploiden Fruchtzwillingen bei der Züchtung von Sonnenblumen (in ungar.). Kiserletügyi. Közleméyek, Budapest. 54, A, 3-19.
- KURNIK, E. (1967): Tocopherol content in sunflower varieties. Takarmánybasis. Bull. Anyc. Instit. Iregszemse. Hungary.
- KOVACIK, A., AND V. SKALLOUD (1990): Results of inheritance evolution of agronomically important traits in sunflower. Helia Vol. 13, 41-46.

- LACOMBE, S. and A. BERVILLE (2000): Analysis of desaturase transcript accumulation in normal and in high oleic sunflower development seeds. Proc. 15th Int. Sunflower Conf., Toulouse, Vol. I, A1-A6.
- LAFERRIER, J. E. (1986): Interspecific hybridization in sunflowers: An illustration of the importance of wild genetic resources in plant breeding. Outlook Agric. 15, 104-109.
- LAMARQUE, C.: Elements de reconnaissance de maladies et accidents culturale de tournesol recotres en France. INRA, Paris.
- LANGENAUER, H., O. ATSMON and T. ARZEE (1975): Effects of gibberellic acid on DNA synthesis and histology in the shoot apex of *Helianthus annuus* during the transition to flowering. Canad. J. Bot. 53, 2650-2659.
- LANGRIDGE, D. F. and R. O. GOODMAN (1974): A study of pollination of sunflowers (*Helianthus annuus*). Austr. J. Exp. Agric. and Anim. Husb. 14, 201-204.
- LANGRIDGE, D. F. and R. D. GOODMAN (1981): Honey bee pollination of sunflower cultivars „Hysun 30“ and „Sunfola“. Austr. J. Exp. Agriculture and Anim. Husb. 21, 435-438.
- LAY, C. L. and S. R. KHAN (1985): Inheritance of plant height in six sunflower crosses. Proc. 11th Int. Sunflower Conf., Mar del Plata, 721-725.
- LAZAR, A. L., T. GEORGESCU, M. HARTMAN, A. CRETU, R. MARQUARD and E. SCHLÖSSER (1986): Einfluß von Stengel- und Korbbefall von Sonnenblumen durch *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary auf die Qualität von Sonnenblumenkernen. Gießener Abhandl. z. Agrar- und Wirtschaftsforschung des europäischen Ostens, Bd. 140, 85-91.
- LECLERCQ, P. (1966): Une stérilité mâle utilisable pour la production d'hybrides simples de tournesol. Ann. Amélior. Plantes 16, 135-144.
- LECLERCQ, P. (1968): Hérité de quelques caractères qualitatifs chez le tournesol. Ann. Amélior. Plantes 18, 307-315.
- LECLERCQ, P. (1969): Une stérilité cytoplasmique chez le tournesol. Ann. Amélior. Plantes 19, 99-106.
- LECLERCQ, P. (1971): La stérile male cytoplasmique du tournesol. I. Premières études sur la restauration de la fertilité. Ann. Amélior. Plantes 21, 45-54.
- LECLERCQ, P. (1973): Influence de facteurs héréditaires sur la résistance apparente du tournesol à *Sclerotinia sclerotiorum*. Ann. Amélior. Plantes, 2279-286.
- LECLERCQ, P. (1978): Méthodes de notation de l'infection naturelle par la pourriture grise (*Botrytis cinerea* Pers.) sur tournesol. Ann. Amélior. Plantes 28, 713-729.
- LECLERCQ, P. (1984): Identification de gènes de restauration de fertilité sur cytoplasma stérilisants chez le tournesol. Agronomie 4, 573-576.
- LECLERCQ, P., Y. CAUDERON and M. DAUGE (1970): Sélection pour la résistance au mildiou du tournesol à partir d'hybrides topinambour x tournesol. Ann. Amélior. Plantes 20, 363-373.
- LEDoux, A. (1994): Use of enzymatic markers in pedigree selection of sunflower. Int. Sunflower Yearbook, 80.

- LEMAIRE, K., B. LECLECH, R. REAU, J. RAIMBAULT, V. J. L. LESPINAS et G. PAGET (2000): Respectives d'évolution du tournesol dans les assolements irrigués du Sud-Ouest de la France. Proc. 15th Int. Sunflower Conf., Toulouse, Tom. I, C103-C108.
- LENEE, P. and Y. CHUPEAU (1985): Protoplast culture of sunflower (*H. annuus* L.). Proc. 11th Int. Sunflower Conf., Mar del Plata, 731.
- LEPAGE, R. (1995): Le *Phomopsis* du tournesol. CETIOM-Oleoscope Spec. Nr. 14.
- LEPEL, U., M. KORELL und W. FRIEDT (1994): Versuche zur Nutzung von *H. agrophyllis* für die Züchtung auf Trockenstresstoleranz der Sonnenblume (*H. annuus*). Vortr. Pflanzenzüchtung 28, 253-255.
- LEROUX, P. and P. CLERJEAU (1985): Resistance of *Botrytis cinerea* Rep. and *Plasmopara vitiana* Berl. to fungicides in grapes, results of six years trial work. Crop protection 4, 157-161.
- LEROY, P. (1985): Study of the mitochondrial DNA of sunflowers: comparison between male sterile and male fertile cytoplasms. Proc. 11th Int. Sunflower Conf., Mar del Plata, 553-558.
- LEROY, P., S. BAZETOUX, F. QUETIER, J. DELBUT and A. BERVILLE (1985): A comparison between mitochondrial DNA of an isogenic male sterile (S) and male-fertile (F) couple (HA 89) of sunflower. Curr. Genet. 9, 245-251.
- LETERME, P., E. LANCESSEUR and D. WAGNER (1992): Sunflower crop management in France: some technical and economic answers. Proc. 13th Int. Sunflower Conf., Pisa, Vol. I, 221-226.
- LIMBERG, P. (1963): Der Begriff des Produktivitätstyps und seine Bedeutung für die Arten- und Sortenwahl im Zwischenfruchtbau. Landbauforsch. Völkenrode 13, 117-130.
- LINDEMANN, K. (1985): Informationen für den Sonnenblumenanbau 1986. Aus der Praxis, Rheinland-Pfalz, Heft 3.
- LINDEMANN, K. (1998): Reduzierte Bodenbearbeitung mit Mulchsaat zu Sonnenblumen. UFOP-Schriften, Heft 12, 111-134.
- LINDEMANN, K. (2001): Anbaumanagement Sonnenblumen. Raps 19 (1), 48-49
- LINDEMANN, K. und M. FINCK (1995): EU-Sortenversuch Sonnenblumen 1995 und erste zweijährige Ergebnisse von EU-Sorten. UFOP-Schriften, Heft 2, 71-90.
- LINDEMANN, K. und M. FINCK (1995, 1996, 1998): EU-Sortenversuch Hoch-Ölsäure-(HO)-Sonnenblumen. UFOP-Schriften, Heft 2, 91-106, 1995; Heft 5, 87-101; 1995,1996, Heft 12, 95-110, 1998.
- LINDEMANN, K. und M. FINCK: EU-Sortenversuch Sonnenblumen 1996, 1998 und zweijährige Ergebnisse von EU-Sorten. UFOP-Schriften, Heft 5, 69-85, 1996; Heft 12, 77-94, 1998.
- LINDEMANN, K. und M. FINCK (1998): EU-Sortenversuche Sonnenblumen und zweijährige Ergebnisse von EU-Sorten. EU-Sortenversuch Hoch-Ölsäure-(HA)-Sonnenblumen. UFOP-Schriften Heft 2, 71-106, 1995. UFOP-Schriften Heft 5, 69-101, 1996. UFOP-Schriften Heft 7, 83-116, 1997. UFOP-Schriften Heft 12, 77-110, 1998..

- LINDEMANN, K. und J. GRONOW (2001): EU-Sortenprüfungen Sonnenblumen 2000. Raps 19 (1), 50-52.
- LINZ, G. M. and J. J. HANZEL (1997): Birds and Sunflower. In: A. A. SCHNEITER: Sunflower Technology and Production. Agronomy 35, Madison, Wisc., 381-394.
- LIU GONG-SHE and P. LECLERCQ (1988): The expression of the y-branched character in sunflower (*H. annuus* L.). Proc. 12th Int. Sunflower Conf., Novi Sad, Vol. II, 443-444.
- LOFGREN, J. R. (1978): Sunflower for confectionary food, birdfood and petfood. In: CARTER, J. F.: Sunflower Science and Technology, Am. Soc. Agron., Madison, Wisc., 441-456.
- LOFGREN, J. R. (1992): Quality and production of sunflower for human food. Proc. 13th Int. Sunflower Conf., Pisa, Vol. II, 1626-1630.
- LOFGREN, J. R. (1997): Sunflower for Confectionary Food, Bird Food and Pet Food. In: A. A. SCHNEITER: Sunflower Technol. and Produc., Agronomy 35, Madison, Wisc., 747-764.
- LONG, M. (1997-98): Response of sunflower (*H. annuus*) growth to planting patterns. Int. Sunflower Yearbook, 65.
- LOTZ, T. (2001): Molekularbiologische Untersuchungen der Blütenfarbe bei Sonnenblumen (*Helianthus annuus*). Dipl.-Arbeit im Fachb. Biologie, Univ. Gießen.
- LU, Y. H., P. BLANCHARD and P. VINCOURT (1998): Molecular mapping of the recessive branching gene „b1“ and the fertility restoration gene „Rf1“ in sunflower. *Helia* 21, Nr. 29, 1-8.
- LUCZKIEWICZ, T. (1975a): Inheritance of some characters and properties in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Genet. Pol., Warszawa-Poznań, 16, 167-184.
- LUCZKIEWICZ, T. (1975b): The variability and heritability of a range of factors, both natural and induced by X irradiation, in the sunflower *Helianthus annuus* L. (in poln.). Wydział Nauk Rolniczych i Leśnych PAN, 339-340.
- LÜHS, W. and W. FRIEDT (1994): Non-food use of vegetable oils and fatty acids. In: D. J. MURPHY: Designer Oilseed Crops. VCH Press Ltd., Weinheim, 73-130.
- LÜHS, W. und W. FRIEDT (1998): Anbauempfehlungen für hochölsäurehaltige Sonnenblumen (HO-Sonnenblumen) in Deutschland. Instit. f. Pflanzenbau und -züchtung I, Univ. Gießen, 3. Aufl.
- LUKA, C. (1974): Research on the resistance of sunflower inbred lines and hybrids to *Sclerotinia ebertiana* Fick. Proc. 6th Int. Sunflower Conf., Bucharest, 303-307.
- MAHMOOD, A. M. and B. FURGALA (1983): Effect of pollination by insects on seed oil percentage of oilseed sunflower. Amer. Bee J. 123, 663-667.
- MANCL, M. K. (1981): *Sclerotinia sclerotiorum* – inoculation techniques and isolate reaction on sunflower. Proc. Sunflower Forum and Research Workshop, Fargo, 14-15.
- MARC, J. and G. U. PALMER (1981): Photoperiodic sensitivity of sunflower initiation and development in sunflower. Field Crops Res. 4, 155-164.
- MARIC, A., D. CAMPRAC and S. MASIREVIC (1988): Important diseases and insects of sunflower (in serbokroat.). Nolit, Belgrad.
- MARINKOVIC, R. (1981): Inheritance of leaf area size, number of leaves and plant height in the diallel crossings of inbred lines of sunflower. Ph. D. Theses, Novi Sad.

- MARINKOVIC, R. and D. SKORIC (1985): Inheritance of 1000seed and hectoliter mass in F₁ hybrids of sunflowers and components of genetic variability. Zbornik radova, Novi Sad, 14, 62-71.
- MARINKOVIC, R. and B. DOZET (1997-98): Genetic investigation in the world as a base for sunflower breeding. Int. Sunflower Yearbook, 75.
- MARQUARD, R. (1980): Der Einfluß von Standortfaktoren und spezifischen Klimakonstellationen auf Fettgehalt, Fettsäurezusammensetzung und Tokopherolgehalt von Raps, Sonnenblumen, Soja und Lein. Habil.-Schrift, Gießen.
- MARQUARD, R. und S. BINGEL (2002): Untersuchung zur Bildung freier Fettsäuren in Sonnenblumensaat. Abschlussbericht zum UFOP-Projekt 522/002 (bisher unveröffentlicht).
- MARQUARD, R., W. SCHUSTER and K.-H. SEIBEL (1977): Fettsäuremuster und Tokopherolgehalte im Öl verschiedener Sonnenblumensorten aus weltweitem Anbau. Fette, Seifen, Anstrichmittel 79, 137-142.
- MARSIREVIC, S. and A. MARIC (1988): Five years experiences in sunflower diseases control by fungicides in production plots in Yugoslavia. Proc. 12th Int. Sunflower Conf., Novi Sad, Vol. II, 211-212.
- MARSIREVIC, S., C. L. HARTMAN, G. A. SECOR and T. J. GULYA (1988): Preliminary results of using cell culture to screen for resistance to *Phomopsis* sp. (*Diaporthe* sp.) causal agent of brown gray spot of sunflower stem. Proc. 12th Int. Sunflower Conf., Novi Sad, Vol. II, 352-354.
- MATHIOLI (1598): Kräuterbuch MDXCVIII.
- MATZKE, M. A., H. SUSANI, A. N. BINNS, E. D. LEWIS, J. RUBENSTEIN and A. J. H. MATZKE (1984): Transcription of a zein gene introduced into sunflowers using a Ti-plasmid vector. EMBO-Journal 3, 1523-1531.
- MCGREGOR, S. E. (1976): Insect pollination of cultivated crop plants. USDA Agric. Handbook, US Government, Printing Office, Washington, D. C., 345-351.
- MERRIEN, A. (1992): Some aspects of sunflower crop physiology. Proc. of the 13th Int. Sunflower Conf. Pisa 1992, Vol. I, 481-498.
- MERRIEN, A. and L. CHAMPOLIVIER (1992): Applications of „Ethephants“ on sunflower to prevent lodging. Proc. 13th Int. Sunflower Conf., Pisa, Vol. I, 593-596.
- MERRIEN, A. and A. PERNY (1997-98): Boron and sunflower present knowledge and prospects. Int. Sunflower Yearbook, 63-64.
- MESTERHAZY, A. and A. GULYAS (1988): New methods of testing resistance of sunflower to *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. Proc. 12th Int. Sunflower Conf., Novi Sad, Vol. II, 72-77.
- MEZZAROBBA, A. et R. JONARD (1986): Effects en stade de prélèvement et des prétraitements sur le développement in vitro d'anthères prelevées sur le tournesol cultivé. C. R. Acad. Ser. Paris 303, 181-186.
- MEZZAROBBA, A. et R. JONARD (1988): L'androgénese in vitro chez le tournesol cultivé (*H. annuus* L.). Proc. 12th Int. Sunflower Conf., Novi Sad, Vol. II, 562-567.

- MIDAOU, M. E., M. BENBELLA, A. TALOUIZETE and A. BERVILLE (1999): Response of sunflower (*H. annuus*) to nitrogen and potassium deficiency. *Helia* 22, Nr. 30, 139-148.
- MILLER, J. F. (1992): Update on inheritance of sunflower characteristics. Proc. 13th Int. Sunflower Conf., Pisa, Vol. II, 910-934.
- MILLER, J. F. (1987): Sunflower. In: FEHR, W. R.: Principles of Cultivar Development. II. Crop Species. MacMillan, New York, 626-668.
- MILLER, J. F. (1992): Update on inheritance of sunflower characteristics. Proc. 13th Int. Sunflower Conf., Pisa, Vol. II, 928-933.
- MILLER, J. F. and B. A. VICK (1984): „ND-01“ a high oleic acid sunflower synthetic. N.D.Farm Res. 42, 27-32.
- MILLER, J. F. and T. J. GULYA (1987): Inheritance of resistance to Race 3 downy mildew in sunflower. *Crop Sci.* 27, 210-211.
- MILLER, J. F. and G. N. FICK (1997): The Genetics of Sunflower. In: A. A. SCHNEITER: Sunflower Techn. and Produc., *Agronomy* 35, Madison, Wisc., 441-496.
- MILLER, J. F., N. FICK and J. R. CREDENO (1977): Improvement of oil content and quality in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Agr. Abstr.* 64.
- MILLER, J. F., D. C. ZIMMERMANN and B. A. VICK (1987): Genetic control of high oleic acid content in sunflower oil. *Crop Sci.* 27, 923-926.
- MILLETTE, R. A. (1974): Seeds from the sunflower. North Dakota State University. Fargo, Cir. HE-120, 3.
- MIX, G. (1982): Gewebekulturtechniken eröffnen der Pflanzenzüchtung neue Wege. IMA, Hannover.
- MIX, G. (1985): Antheren- und Ovarienkultur von Sonnenblumen (*Helianthus annuus* L.). *Landbauforsch. Völkenrode* 35, 3.
- MÖSGES, G. (1993): Molekulargenetische und isoenzymatische Untersuchungen an Sonnenblumen (*H. annuus*) unter dem Aspekt der Markerselektion und Charakterisierung von Linien und Hybriden. Diss., Univ. Gießen.
- MOJAYAD, F. (1994): Adaption to drought, photosynthesis and photoinhibition in sunflower (*H. annuus*). *Int. Sunflower Yearbook*, 69.
- MONTILLA, F., J. GOMEZ-ARNAU and P. DUHLIGG (1988): Bee-attractiveness and selfcompatibility of some inbred lines and their hybrids. Proc. 12th Int. Sunflower Conf., Novi Sad, Vol. I, 423-428; Vol. II, 511.
- MORIZET, J., P. CRUIZIOT, J. CHATENOU, P. PICOT and P. LECLERCQ (1984): Improvement of drought resistance in sunflower by interspecific crossing with a wild species *Helianthus argophyllus*: Methodology and first results. *Agronomie* 4, 577-585.
- MOROSOV, V. K. (1934): Ausnutzung der Heterosiserscheinungen bei der praktischen Sonnenblumenzüchtung (in russ.). *Semenovodstvo* 4, 69-72.
- MOROSOV, V. K. (1947): Sonnenblumenzüchtung in der UdSSR (in russ.). Moskva.
- MOROSOV, V. K. (1980): Research increasing protein content in sunflower seeds (in russ.). *Selekcija i semenovodstvo, Moskva* 1, 18.

- MOUZEYAR, S. (2000): Unraveling the molecular mechanisms of pathogen resistance in sunflowers. Proc. 15th Int. Sunflower Conf., Toulouse, Vol. I, D8-D15.
- NENOVA, N., P. IVANOV and M. CHISTOV (1992): Anther culture regeneration of F₁ Hybrids of *H. annuus* x *H. smithii* and x *H. eggerthii*. Proc. 13th Int. Sunflower Conf., Pisa, Vol. II, 1509-1522.
- NENOVA, N., M. CRISTOV and P. IVANOV (2000): Anther culture regeneration from some wild *Helianthus* species. *Helia* 23, Nr. 32, 65-72.
- NIELSON, R. G. H. and B. J. RADFORD (1980): The need for bees in sunflower. Queensland Agricult. J. 106, 125-126.
- NURHIDAYAH, T., H. KÖHLER and W. FRIEDT (1994): Anther cultur of interspecific sunflower hybrids and examination of regeneration by biochemical and molecular methods. Proc. 2nd Europ. Symp. Sunflower Biotechnology, Albana, Bulg. 1993, Biot. Ey. 7/4, 113-116.
- NURHIDAYAH, T., T. RÖCHER, H. KÖHLER, R. HORN and W. FRIEDT (1995): High regeneration potential of interspecific sunflower hybrids in antheren culture and characterization of the regenerated plants. 3rd Europ. Symp. on sunflower Biotechnology, Bad Münster, 37.
- NURHIDAYAH, T., T. RÖCHER, H. KÖHLER, R. HORN und W. FRIEDT (1996): Direkte Embryogenese aus Antherenkultur interspezifischer Sonnenblumenhybriden – biochemische und molekularbiologische Charakterisierung der Regenerate. Votr. Pflanzenzüchtung 32, 94-96.
- Österreichischer Agrar-Verlag (1998): Zauber der Sonnenblume. Klosterneuburg.
- OLIVIERI, A. M., M. LUCCHIN and P. PARRINI (1988): Self-sterility and incompatibility in sunflower. Proc. 12th Int. Sunflower Conf., Novi Sad, Vol. II, 339-343.
- OROS, G. and F. VIRANY (1984): Resistance of *Plasmopara halstedii* to metalaxyl in the greenhouse. Temperate Downy Mildew Newsletter 3, 22-23.
- ORTON, T. J. (1982): New concepts in whole-plant genetics. California Agriculture Vol. 36, 20-21.
- OWEN, D. F. (1983): Differential response od sunflower hybrids to plantig date. Agr. J. 75, 259-261.
- PACUREANU-JOITA, M., A. V. VRANCEANU, D. STANCIU and S. RARANCIUC (2000): High oleic acid content in sunflower genotypes in relation with resistance to diseases. In: Proc. 15th Int. Sunflower Conf., Toulouse, Vol. II, 49-57.
- PALMER-JONES, T. and J. W. FORSTER (1975): Observations on the pollination of sunflowers. N.Z.J. Exp. Agric. 3, 95-97.
- PANKOVIC, D., M. PLESNICAR, Z. SAKAC and T. CUPINA (1997-98): Physiological and molecular basis of sunflower drought tolerance. Int. Sunflower Yearbook, 87.
- PANKOVIC, D., Z. SAKAC, M. PLESNICAR, T. CUPINA and D. SKORIC (1991): Expansion and photosynthesis during growth and development of NS sunflower hybrids and inbredlines. *Helia* 14 (14), 55-62.
- PARK, CH.S., G. D. MARX, Y. S. MOON, D. WIESENORN, K. CH. CHANG and V. L. HOFMAN (1997): Alternative uses of sunflower. In: A.A. SCHNEITTER: Sunflower technology and production. Agronomy No. 35, 765-808.

- PARKER, F. D. (1981a): How efficient are bees in pollinating sunflowers? J. Kansas Entomol. Soc. 54 (1), 61-67.
- PARKER, F. O. (1981b): Visitation patterns on hybrid sunflowers. J. Kansas Entomol. Soc. 54 (1), 75-82.
- PARKER, C. and C. R. RICHES (1993): Parasitic needs of the world: Biology and control. CAB Int., Wallingford, England.
- PASDA, G. und W. DIEPENBROCK (1990/91): Die physiologische Ertragsanalyse der Sonnenblume (*Helianthus annuus* L.) Fat Sci. Technol. 92, 297-309, 93, 155-168.
- PATERSON, K. E. (1984): Shoot tip culture of *Helianthus annuus* – flowering and development of adventitious and multiple shoots. Amer. J. Bot. 71 (7), 925-931.
- PATERSON, K. E. and N. P. EVERETT (1985): Regeneration of *Helianthus annuus* inbred plants from callus. Plant Sci. 42, 125-132.
- PAUN, L. and F. STOENESCU (1975): A recessive gene for protogyny in sunflower (in rumän.). Probleme de Genetica Teoretica si Aplicata 7, 181-186.
- PENAUD, A. (1997-98): Strategy to control *Phoma* and *Phomopsis*. Int. Sunflower Yearbook, 79.
- PERES, A., L. M. ALLARD and Y. REGNAULT (1992): *Sclerotinia sclerotiorum* deBary: a study of fungicides to control attacks of sunflower floral buds. Proc. 13th Int. Sunflower Conf., Pisa, Vol. I, 802-813.
- PEREZ-VICH, B., J. M. FERNANDEZ-MARTINEZ, J. MUNOZ-RUZ, S. J. KNAPP and S. T. BERRY (2000): Progress in the development of DNA based markers for high stearic acid content in sunflower. Molecular markers associated with oleic and stearic concentrations. Proc. 15th Int. Sunflower Conf., Toulouse, A49-A60.
- PERNY, A. (1996): Indification of factors limiting sunflower yield. Int. Sunflower Yearbook, 70.
- PINTHUS, M. J. (1963): Some environmental effects on the oil yield components of sunflower seed. Qual. Plant. et Ant. Veget. IX, 328-336.
- PIRVU, N., A. VRANCEANU and F. STOENESCU (1985): Genetic mechanisms of sunflower resistance to white rust (*Sclerotinia sclerotiorum*). Int. Sunflower Yearbook, 31.
- POGORLETSKIJ, B. K. (1974): Inbred lines of sunflower immune to broomrape (in russ.). Naučn.-techn. bjul. Vses. selek.-genet. in-ta, Odessa, 22, 66-69.
- POSPELOWA, G. (1959): Der Einfluß des Standraumes bei der Sonnenblume. Europastudien der Hochschulen des Landes Hessen, Reihe 1, Bd. 8. Gießen.
- POWER, C. (1987): Organogenesis from *Helianthus annuus* inbreds and hybrids from the cotyledons of zygotic embryos. Amer. J. Bot. 74, 497-503.
- PROKOPENKO, A. I. (1975): A study of the morphological and biological characteristics of tetraploid sunflower (in russ.). Bjul. naučn.-techn. inform. po masličnym kul'turam 4, 16-20.
- PRÜFE, M. L., L. BRAHM, W. FRIEDT und R. HORN (1998): Erstellung einer kombinierten Genomkarte aus AFLP- und RFLP-Markern bei der Sonnenblume. Vortr. Pflanzenzüchtung 42, 128-130.
- PUNIA, M. S. and H. S. GILL (1994): Correlations and Path coefficient analysis for seed yield traits in sunflower (*H. annuus*). Helia 17, Nr. 20, 7-12.

- PUSTOVOIT, V. S. (1956): Züchtung und Samenbau der Sonnenblume (in russ.). *Agrobiologija*, Moskva 1, 9-17.
- PUSTOVOIT, V. S. (1960): Ergebnisse der Arbeit in Züchtung und Samenbau bei der Sonnenblume (in russ.). *Selekcija i semenovodstvo*, Moskva, 5, 48-55.
- PUSTOVOIT, V. S. (1964): Conclusions of work on the selection and seed production of sunflowers (in russ.). *Agrobiologija* 5, 682-697.
- PUSTOVOIT, V. S. (1967): Handbook of selection and seed growing of oil plants (in russ.). Engl. translation available from U. S. Dept. of Commerce, Springfield, Virginia.
- PUSTOVOIT, G. V. (1975): Sunflower selection for group resistance by the method of interspecies hybridization (in russ.). *Podsolnečnik, Kolos*, Moskva, 164-210.
- PUSTOVOIT, G. V. (1978): Main results of sunflower selection for group resistance in VNIIMK (in russ.). *Sbornik VNIIMK: Pests and diseases of oil crops*, Krasnodar, 32-44.
- PUSTOVOIT, G. V. and I. A. GUBIN (1974): Results and prospects in sunflower breeding for group immunity by using the interspecific hybridization method. *Proc. 6th Int. Sunflower Conf.*, Bucharest, 373-381.
- PUSTOVOIT, G. V. and O. N. KRASNOKUTSKAYA (1975): Protein content of sunflower meal (in russ.). *Immunitet sel'skochozjajstvennoy ch. rast. k boleznjam i vrediteljam*, Moskva.
- PUSTOVOIT, G. V. and E. Y. KROKHIN (1978): The inheritance of resistance to major pathogens in interspecies sunflower hybrids (in russ.). *Sbornik VNIIMK: Pests and diseases of oil crops*, Krasnodar, 52-58.
- PUSTOVOIT, G. V. and Z. J. SKUROPET (1978): Resistance in wild species of genus *Helianthus* (in russ.). *Sbornik VNIIMK: Pests and diseases of oil crops*, Krasnodar, 40-44.
- PUTT, E. D. (1940): Observations on morphological characters and flowering processes in the sunflower. *Sci. agric.* 21, 167-179.
- PUTT, E. D. (1941): Investigations of breeding technique for the sunflowers. *Sci. agric.* 21, 689-702.
- PUTT, E. D. (1943): Association of seed yield and oil content with other characters in the sunflower. *Sci. agric.* 23, 377-383.
- PUTT, E. D. (1957): The sunflower: Breeding program in Manitoba. *Agric. Inst. Rev.* 12, 13-15.
- PUTT, E. D. (1958): Note on resistance of sunflowers to leaf mottle disease. *Can. J. Plant Sci.* 38, 274-276.
- PUTT, E. D. (1964): Recessive branching in sunflowers. *Crop Sci.* 4, 444-455.
- PUTT, E. D. (1966): Heterosis, combining ability, and predicted synthetics from a diallel cross in sunflowers (*Helianthus annuus* L.). *Can. J. Plant Sci.* 46, 59-67.
- PUTT, E. D. (1972): Sunflowers seed production. *Can. Dep. of Agric.* 1019.
- PUTT, E. D. (1978): History and present world status. In: CARTER, J. F.: *Sunflower Science and Technology*. Am. Soc. Agr., Madison, Wisc.
- PUTT, E. D. (1997): Early History of Sunflower. In: A. A. SCHNEITER: *Sunflower Techn. and Produc. Agronomy* 35, Madison, Wisc., 1-20.

- PUTT, E. D. and J. UNRAU (1943): The influence of various cultural practices on seed and plant characters in the sunflower. *Sci. Agric.*, 23, 384-398.
- PUTT, E. D. and W. E. SACKSON (1963): Studies on sunflower rust IV. Two genes R_1 and R_2 for resistance in the hosts. *Can. J. Plant Sci.* 43, 490-496.
- PUTT, E. D., B. M. GRAIG and R. B. CARSON (1969): Variation in composition of sunflower oil from composite samples and single seeds of varieties and inbred lines. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 46, 126-129.
- QUALSET, C. O. (1982): Integrating conventional and molecular genetics. *California Agriculture*, Vol. 36, 29-30.
- QUENIN, H. (1995): Contribution to the study of *Phomopsis helianthi* (*Diaporthe helianthi*) on sunflower: new symptomatology and fungicid control. *Int. Sunflower Yearbook*, 80.
- RADET, R. (1962): ??? des lessoins en elements fertilisants. Note station d'Agronomie IMRA, Chalons-su-Marne.
- RADFORD, B. J. and J. W. RHODES (1978): Effect of honey bee activity on the crosspollination of male-sterile sunflowers. *Queensland J. of Agricultural and Animal Sciences* 35, 153-157.
- RAINS, D. W. (1982): Developing salt tolerance. *California Agriculture*, Vol. 36, No. 8, 30-31.
- RAJAMOHAN, N. (1976): Pest complex of sunflower – a bibliography. *PANS* 22, 546-556.
- RAMA, R. R., J. LOFGREN and W. HERADA (1983): *Sclerotinia* resistance: Problems and Progress. *Proc. Sunflower Research Workshop*, Bismarck, N. D., 22.
- RASHID, K. (1997-98): Effects of fungicides on rust severity and yield in sunflower. *Helia* 20, Nr. 26, 43-48, und *Int. Sunflower Yearbook*, 78.
- REAU, R. and D. WAGNER (1994): Sunflower: crop management (Progress report, CETIOM 1994). *Int. Sunflower Yearbook*, 52.
- REHMAN, O. U. and M. K. HUSSAIN (1999): Combining ability estimates in some salt tolerant and sensitive sunflower (*H. annuus*) genotypes. I. Morphological parameters. *Helia* 22 (31), 75-94.
- REVANS, J. (1989): Photosynthesis and nitrogen relationship in leaves of C_3 species. *Oecologia* 78, 9-19.
- RINALDI, M. (2000): Example of crop model application to evaluate irrigation strategies in sunflower. *Proc. 15th Int. Sunflower Conf.*, Toulouse, Vol. I, C91-C96.
- ROATH, W. W., J. S. POMEROY and M. P. WIDRLECHNER (1988): Effects of sunflower (*H. annuus*) pollen storage conditions on pollen variability and progeny MdH1 allelic frequency. *Proc. 12th Int. Sunflower Conf.*, Novi Sad, Vol. II, 331-336.
- ROBERTSON, J. A. and V. E. GREEN (1981): Effect of planting date on sunflower seed oil content, fatty acid composition and yield in Florida. *J. Am. Oil Chem Soc.* 58, 698-701.
- ROBERTSON, J. A., G. W. CHAPMAN jr. and R. L. WILSON jr. (1978): Relation of days after flowering to chemical composition and physiological maturity of sunflower seed. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 55, 206-269.
- ROBINSON, R. G. (1978): Production and culture. In: CARTER, J. F.: *Sunflower Science and Technology*. *Sgronomy* 19, Madison, Wisc., 89-143.

- ROBINSON, R. G. (1980): Artifact autogamy in sunflower. *Crop Sci.* 20, 814-815.
- ROBLES-SANCHEZ, R. (1978): Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Tecmon-51. First forage variety bred in Mexico (in span.). *Agronomia Mexico* 15, 177-178.
- RÖCHER, T. (1999): Molekulargenetische Untersuchungen zur Resistenz der Sonnenblume (*H. annuus*) gegen den Erreger des Falschen Mehltaus (*Plasmopara halstedii*). Diss., Univ. Gießen.
- RÖCHER, T., L. BRAHM, M. PRÜFE, R. HORN und W. FRIEDT (1998): Anwendung molekularer Marker in der Resistenzzüchtung der Sonnenblume (*H. annuus*) gegen den Falschen Mehltau (*Plasmopara halstedii*). *Votr. Pflanzenzüchtung* 42, 131-133
- RÖCHER, T., L. BRAHM, R. HORN, M. PRÜFE and W. FRIEDT (1997): Mapping resistance to downy mildew (*Plasmopara halstedii*) in sunflower. Posterbeitrag der AG molekulare Marker, Hohenheim
- ROEBBELEN, G., K. DOWNEY and A. ASHRI (1989): *Oil Crops of the World*. Mc. Graw-Hill Publishing Company.
- ROGERS, C. E. (1981): Breeding sunflower for resistance to insects and diseases in the United States. *Eucarpia Symposium: Sunflower Breeding*, Prag, 175-213.
- ROGERS, C. E., T. E. THOMPSON and G. J. SEILER (1982): *Sunflower species of the United States*. Publ. by NSA, Bismarck, N.D.
- ROZYNEK, B. and O. SPRING (2000): Pathotypes of sunflower downy mildew in southern parts of Germany. *Helia* 23, Nr. 32, 27-34.
- RUDORF, W. (1948): Züchtung und Anbau der Sonnenblume. *Neue Mitt. f. d. Landw.* 3, 271-272, 288-290.
- RUDORF, W. (1961): Die Sonnenblume, *Helianthus annuus* L. *Handb. Pflanzenzüchtung*, 2. Aufl., Bd. V, Paul Parey, Berlin, 89-114.
- RUSSELL, W. A. (1953): A study of the interrelationship of seed yield, oil content and other agronomic characters with sunflower inbred lines and their top crosses. *Canad. J. Agr. Sci.* 33, 291-314.
- SACKSTON, W. E. (1962): Studies on sunflower rust III. Occurrence, distribution and significance of races of *Puccinia helianthi* Schw. *Can. J. Bot.* 40, 1449-1458.
- SACKSTON, W. E. (1992): Managing the major sunflower diseases: from cultural practices to breeding for resistance. *Proc. 13th Int. Sunflower Conf.*, Pisa, Vol. I, 667-699.
- SAKAC, Z., T. CUPINA, M. PLESNICAR, D. PANCOVIC and N. LECIC (1996): Parameters of the physiological model (Ideotype) of NS-Sunflower hybrids. *Int. Sunflower Yearbook*, 92.
- SALERA, E.: Sunflower production in relation to water availability. *Proc. 13th Int. Sunflower Conf.*, Pisa, Vol. I.
- SALERA, E. (1992): Sunflower production response to different regimes in catch crop growing. *Proc. 13th Int. Sunflower Conf.*, Pisa, Vol. I, 325-343.
- SALLE, B. (1986): *La culture du Tournesol*. Semences Cargill. 3 ème édition.
- SAMATARO, D., E. H. ERICKSON and M. GARMENT (1993): Intervarietal structural difference of sunflower *Helianthus annuus* florets and their importance to honey bee visitation. In: *Proc. Sunflower Research Workshop*, Minsk, N.D. 26.

- SANEA, N. (1990): Sunflower cultur technology with *Phomopsis* sp. attack area. Int. Sunflower Yearbook, 88.
- SANTALLA, E. M., O. E. QUIROGA and M. C. GELY (2000): Effect of sunflower seed drying on some quality parameters of the seed and oil. Proc. 15th Int. Sunflower Conf., Toulouse, Vol. I, A97-A102.
- SARCA, T., V. ULINICI, C. NEGUT, F. STOENESCU, M. GHEORGHIES, N. HURDUC and E. MURESAN (1978): Cercetari privind rezistenta la cadere si fringere a porumbului si florii soarelui (in rumän.). Probleme de Genetica Teoretica si Aplicata 10, 269-297.
- SATYANARAYANA, A. R. and A. SEETHARAM (1982): Studies on the method of hybrid seed production in oilseed sunflower (*H. annuus*). 3. Role and activity of insect visitors in pollination and seed set. Seed Science and Technology 10, 13-17.
- SCHETTLER, R. and G. MIX (1988): Multiple shoot production on different explants of sunflower. Proc. 12th Int. Sunflower Conf., Novi Sad, Vol. II, 315.
- SCHEUERMANN, G., P. KANYION und W. FRIEDT (1991a): Genetische Variation der Resistenz der Sonnenblume (*H. annuus*) gegen *Sclerotinia sclerotiorum* und *Botrytis cinerea*. Vortr. Pflanzenzüchtung 19, 256-257.
- SCHEUERMANN, G., T. HAMMANN, P. KANYION und W. FRIEDT (1991b): Ergebnisse mehrjähriger Versuche zur Züchtung der Sonnenblume (*H. annuus*) auf Resistenz gegen Pilzpathogene. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 4, 375-378.
- SCHILLING, E. E. and C. B. HEISER (1981): Infrageneric classification of *Helianthus* (Compositae). Taxon. 30, 393-403.
- SCHMIDT, L. (1990): Genotypische Variation des Fettsäuremusters der Sonnenblume (*H. annuus*) und Möglichkeiten der Züchtung von Sorten für alternative Nutzung. Diss., Univ. Gießen.
- SCHMIDT, L., R. MARQUARD und W. FRIEDT (1987): Möglichkeiten der Züchtung von Sonnenblumen mit spezifischer Ölqualität für alternative Nutzungsrichtungen. Bericht der Arbeitstagung der Saatzuchtleiter in Gumpenstein 1987, 205-214.
- SCHNEITER, A. A. (1997): Sunflower Technology and Production. Agronomy 35, Madison, Wisc.
- SCHNELL, F. W. (1978): Heterosis und die Genetik quantitativer Merkmale. Symposium „Biometr. Genet. Method. in der Pflanzenzüchtung“, Sept. 1977, Mendeleum, Leduce/CSSR, 43-66.
- SCHULER, R. T., H. J. HIRNING, V. L. HOFMAN and A. R. LUNDSTROM (1978): Harvesting, Handling and Storage of seeds. In: CARTER, J. F.: Sunflower Science and Technology. Agronomy 19, Madison, Wisc., 145-168.
- SCHULZ, J. T. (1978): Insects pests. In: CARTER, J. F.: Sunflower Science and Technology. Am. Soc. Agr., Madison, Wisc., 169-224.
- SCHUSTER, W. (1951): Untersuchungen über die Blüh- und Befruchtungsverhältnisse der Sonnenblume (*Helianthus annuus* L.). Diss., Univ. Gießen.
- SCHUSTER, W. (1956a): Saatzeitversuche mit der Sonnenblume (*H. annuus* L.). Z. Acker- u. Pflanzenbau 100, 349-366.

- SCHUSTER, W. (1956b): Untersuchungen über die Wirkung der 2,4-Dichlorphenoxyessigsäure (2,4-D) und alpha-Naphtylessigsäure (NES) auf die Blüte und den Samen der Sonnenblume sowie die Nachwirkungen in den folgenden Generationen. *Züchter* 26, 78-83.
- SCHUSTER, W. (1958): Über die Möglichkeiten bei der Züchtung der Sonnenblume (*Helianthus annuus* L.) als Futterpflanze. *Z. Pflanzenzüchtung* 40, 329-340.
- SCHUSTER, W. (1964): Inzucht und Heterosis bei der Sonnenblume (*Helianthus annuus* L.). Habil.-Schrift, Wilh. Schmitz Verlag, Gießen.
- SCHUSTER, W. (1970a): Die Auswirkungen der fortgesetzten Inzuchtung von I₀ bis I₈ auf verschiedene Merkmale der Sonnenblume. *Z. Pflanzenzüchtung*, 64, 310-334.
- SCHUSTER, W. (1970b): Neuzüchtungen von Sonnenblumen für die Grünfütternutzung. *Bayr. Ldw. Jb.* 47, 555-575.
- SCHUSTER, W. (1977): Die Sonnenblume als Grünfutter- und Gründüngungspflanze. *Kalibriefe, Fachgeb. 4*, 7. Folge.
- SCHUSTER, W. (1979): Männliche Sterilität und Anwendungsmöglichkeiten von Gametoziden bei Mais und Sonnenblumen. *Angew. Bot.* 53, 239-253.
- SCHUSTER, W. (1980): Untersuchungen über Auswirkungen einer fortgesetzten Inzuchtung von I₀ bis I₂₅ auf verschiedene Merkmale der Sonnenblume (*H. annuus* L.). *Z. Pflanzenzüchtung* 84, 148-167.
- SCHUSTER, W. (1985a): *Helianthus annuus*. In: *CRC Handbook of Flowering*, Vol. III, 98-121.
- SCHUSTER, W. (1985b): Sonnenblume. In: *Lehrbuch der Züchtung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Spez. Teil*, 2. Aufl., Bd. 2, Verlag Paul Parey, Berlin, 303-317.
- SCHUSTER, W. (1987): Anbau und Züchtung der Sonnenblume in Deutschland. *Semundo-Saatzucht*, Hamburg.
- SCHUSTER, W. (1992a): Die Sonnenblume. In: *Ölpflanzen in Europa*. DLG-Verlag, Frankfurt/Main.
- SCHUSTER, W. (1992b): Heterosis. *Festschrift zum 80. Geburtstag von F. W. SCHNELL*, Stuttgart-Hohenheim.
- SCHUSTER, W. (1993): Die Züchtung der Sonnenblume (*Helianthus annuus* L.). *Fortschritte der Pflanzenzüchtung / Advances in Plant Breeding* 14, Paul Parey Verlag, Berlin und Hamburg.
- SCHUSTER, W. und R. BOYE (1971a): Der Einfluß von Temperatur und Tageslänge auf verschiedene Sonnenblumensorten unter kontrollierten Klimabedingungen und im Freiland. *Z. Pflanzenzüchtung* 65, 151-176.
- SCHUSTER, W. und R. BOYE (1971b): Die Ertragsleistung physiologisch stark differenzierter Sonnenblumensorten. I. Futterleistung. II. Kornleistung. *Z. Acker- u. Pflanzenbau* 133, 182-199, 321-334.
- SCHUSTER, W. und K.-H. SEIBEL (1977): Der Ertrag und die Qualität der Früchte von neuen Sonnenblumensorten aus verschiedenen Ländern unter weltweit gestreuten Anbaubedingungen im Mittel von zwei Jahren. *Fette, Seifen, Anstrichmittel* 79, 225-230.
- SCHUSTER, W. und M. ROJC (1980): Über Leistungen von verschiedenen Hybridformen bei Mais (*Zea mays* L.). *Z. Pflanzenzüchtung* 85, 40-52.

- SCHUSTER, W. and I. KÜBLER (1981): Breeding aspects of sunflower in Middle Europe. World Crops: Production, Utilization, Description. Vol. 5, 136-157.
- SCHUSTER, W. und U.-I. STAMM (1984): Öl aus der Sonnenblume. Erfolge und Züchtungen. Spiegel d. Forschung. JLU Gießen 1, 47-49.
- SCHUSTER, W. and I. KÜBLER (1983): Possibilities of increasing the genetic variability of sunflower due to seed quality composition. Helia 6, 5-12.
- SCHUSTER, W., R. MARQUARD und R. BOYE (1972): Der Einfluß der Umwelt auf Fettgehalt und Fettsäuremuster verschiedener Sonnenblumensorten. Fette, Seifen, Anstrichmittel 74, 150-161.
- SCHUSTER, W., I. KÜBLER und R. MARQUARD (1980): Die Variabilität des Protein- und Fettgehaltes sowie der Fettsäurezusammensetzung einzelner Sonnenblumenfrüchte innerhalb von Sorten und Linien. Fette, Seifen, Anstrichmittel 81, 443-449.
- SCHUSTER, W., U.-I. STAMM, J. BUKAI und S. VAAGVÖLGYI (1984): Über die Leistungen verschiedener Hybridformen von Sonnenblumen. Vortr. Pflanzenzüchtg. 5, 101-116.
- SECEROV-FISER, V. and D. SKORIC (1988): Inheritance of flower colour and morphology in ornamental sunflower. Proc. 12th Int. Sunflower Conf., Novi Sad, Vol. II, 442.
- SEEHUBER, R. (1988): First results of crossings between the ND-01 high oleic acid sunflower synthetic and S₄-lines selected for earliness. Proc. of the 12th Int. Sunflower Conf., Novi Sad, Vol. II, 446-470.
- SEIBEL, K.-H. (1978): Die Veränderung der Qualität von Sonnenblumenfrüchten und -samen durch unterschiedliche genetische und ökologische Einflüsse. Diss., Univ. Gießen.
- SEILER, G. J. (1982): Variation in oil and oil quality of wild annual sunflower (*H. annuus*) populations in a uniform environment. Proc. 10th Int. Sunflower Conf., Surfers Paradise, 212-215.
- SEILER, G. J. (1984): Variation in agronomic and morphological characteristics of several populations of wild annual sunflower (*Helianthus annuus* L.). Helia 7, 29-32.
- SEILER, G. J. (1985a): Evaluation of seeds of sunflower species for several chemical and morphological characteristics. Crop Sci. 25, 183-187.
- SEILER, G. J. (1985b): Interrelation of fatty acids in oil of wild annual sunflower (*Helianthus annuus* L.). Proc. 11th Int. Sunflower Conf., Mar del Plata, 529-534.
- SEILER, G. J. (1986): Evaluation of responses of interspecific and cultivated sunflower hybrids to water stress. Proc. Sunflower Research Workshop. National Sunflower Assoc., Bismarck, North Dakota, 9-10.
- SEILER, G. J. (1988): The genus *Helianthus* as a source of genetic variability for cultivated sunflower. Proc. 12th Int. Sunflower Conf., Novi Sad, Vol. I, 17-58.
- SEILER, G. J. (1996): Search for low saturated fatty acids in wild sunflower species. Int. Sunflower Yearbook, 81.
- SEILER, G. J. (1997): Anatomy and Morphology of Sunflower. In: A. A. SCHNEITER: Sunflower Techn. and Produc., Agronomy 35, Madison, Wisc., 67-112.

- SEILER, G. J. and L. H. RIESEBERG (1997): Systematics, Origin and Gemplasm. Resources of the Wild and Domesticated Sunflower. In: A. A. SCHNEITER: Sunflower Techn. and Produc., Agronomy 35, Madison, Wisc., 21-66.
- SEILER, G. and M. E. BROTHERS (1997-98): Fatty acid compositions of oil from achenes of *Helianthus* species from Canada. Int. Sunflower Yearbook, 73.
- SEMELCZI-KOVACS, A. (1975): Akklimatisation und Verbreitung der Sonnenblume in Europa. Acta Ethnogr. Acad. Sci. Hung. 24, 47-88.
- SEMUNDO (1985): Ölsonnenblumen – eine interessante Alternative. Semundo-Saatzucht, Hamburg.
- SERIEYS, H. (1994): Report on the past activities of the FAO working group. „Identification, Study and Utilization in Breeding Programs of new CMS Sources“, for the period 1991-1993. Helia 17, Nr. 21, 93-102.
- SERIEYS, H. (1997-98): Interest of wild *Helianthus* to improve resistance to sunflower diseases. Int. Sunflower Yearbook, 81.
- SHABAZ, A. and I. RASHID (1996): Sunflower-summer legumes intercropping systems under rainfed conditions: Competition and yield advantage. Helia 19, Nr. 25, 71-78.
- SHAIK, M., M. A. RAOOF and M. LAWRENCE (1992): Floral abnormalities in sunflower. Helia 16 (18), 89-92.
- SHELL, G. S. G. and A. R. G. LANG (1976): Movements of sunflower leaves over 24h period. Agric. Meteorol. 16, 161-170.
- SHULL, G. H. (1952): Beginnings of the heterosis concept. In: GROWEN, J. W.: „Heterosis“, Iowa Stat. Coll. Press, Ames, Iowa, 14-48.
- SHVETSOVA, V. P. (1979): Effect of inbreeding and hybridization on fatty acid composition of sunflower seed oil (in russ.). Bjul. naučn.-techn. inform. po masličnym kul'turam, VNIIMK, Krasnodar, 21-25.
- SIN, G. H., S. IONITA, M. TERBEA and G. H. PTEU (1992): Sunflower response to soil compaction. Proc. 13th Int. Sunflower Conf., Pisa, Vol. I, 422-427.
- SIN, G. H., G. H. PETEU, S. IONITA and M. POPA (2000): The influence of wild tillage and sowing technology on sunflower production. Proc. 15th Int. Sunflower Conf., Toulouse, C150-C155.
- SKALLOUD, V. and A. KOVACIK (1974): Inheritance of some heteromorphic characters in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Proc. 6th Int. Sunflower Conf., Bucharest, 291-295.
- SKORIC, D. (1980): Desired model of hybrid sunflower and the newly developed NS-hybrids. Helia 3, 19-24.
- SKORIC, D. (1981): Collection, evaluation, and conservation of wild species and their use in sunflower breeding programmes. Progress Report, Helia 4, 66-77.
- SKORIC, D. (1985a): Mode of inheritance of LAI in F₁ generation of different sunflower inbreds. Proc. 11th Int. Sunflower Conf., Mar del Plata, 683-689.
- SKORIC, D. (1985b): Sunflower breeding for resistance to (*Diaporthe*) *Phomopsis helianthi*. Helia 8, 21-24.

- SKORIC, D. (1987): FAO subnetwork report 1984-1986. In: SKORIC, D.: Genetic evaluation and use of *Helianthus* wild species and their use in breeding programs. FAO, Rome, 1-17.
- SKORIC, D. (1988): Sunflower Breeding. Journal of Edible Oil Industries 25, 1-90.
- SKORIC, D. and R. MARINKOVIC (1981): Sunflower hybrid ideotype for principal sunflower-growing regions of Yugoslavia. Proc. Eucarpia Symposium: Sunflower Breeding, Prag, 33-45.
- SKORIC, D. and J. RAJCAN (1992): Breeding for *sclerotinia*-tolerance in sunflower. Proc. 13th Int. Sunflower Conf., Pisa, Vol. II, 1257-1262.
- SKORIC, D., S. BEDOV and K. KONSTANTINOV (1978a): Studies of oil and protein contents and compositions in genetically divergent sunflower genotypes. Proc. 8th Int. Sunflower Conf., Minneapolis, 516-524.
- SKORIC, D., J. ATLAGIC and B. DOZET (1989): A collection of wild sunflower species and its use in a breeding program. Proc. 12th Int. Sunflower Conf., Novi Sad, Vol. II, 267-268.
- SKORIC, D., B. DOZET and R. MARINKOVIC (1989): Using wild species in the process of development of sunflower hybrids. XII. Eucarpia Congr. Vortr. f. Pflanzenzüchtg. 15, 12-13.
- SKORIC, D., L. CUK, M. MIHALJCEVIC and R. MARINKOVIC (1978b): New sources of fertility restoration (Rf genes) and downy mildew resistance (P1 genes) in sunflower. Proc. 8th Int. Sunflower Conf., Minneapolis, 423-426.
- SKORIC, D., R. MARINKOVIC, M. MIHALJCEVIC, B. MAKIC, M. SOTIN and J. PAP (1994): Sunflower production in Volvodina in 1992 and 1993 and a recommendation for 1994 assortment. Int. Sunfl. Yearbook, 56.
- SLJUSAR, E. L. (1983): On the results of selection of interspecies sunflower hybrids for rust resistance (in russ.). Bjuleten' VNIIMK, Krasnodar, vyp. 82, 9-13.
- SMITH, D. L. (1978): Planting seed production. In: CARTER, J. F.: Sunflower Science and Technology, Am. Soc. Agr., Madison, Wisc., 371-406.
- SOLDATOV, K. I. and V. N. SUROVIKIN (1975): Use of chemical mutagenesis in breeding sunflower lines (in russ.). Bjuł. naučn.-techn. inform. po masličnym kul'turam, VNIIMK, Krasnodar, 20-25.
- SPRING, O., F. MILTNER and T. J. GULYA (1994): New races of downy mildew (*Plasmopara halstedii*) in Germany. J. Phytopathology 142, 241-244.
- STÄHLIN, A. (1957): Beurteilung der Futtermittel. Methodenbuch Bd. XII, Neumann-Verlag, Radebeul und Berlin.
- STAMM, U.-I. (1986): Über die Leistungen und die Leistungsstabilität verschiedener Hybridformen der Sonnenblume (*H. annuus* L.). Diss., Univ. Gießen.
- STAMM, U.-I. und W. SCHUSTER (1989): Untersuchungen über die Bestäubungs- und Befruchtungsverhältnisse der Sonnenblume (*Helianthus annuus* L.). Angew. Bot. 63, 429-437.
- STANOJEVIC, D., S. NEDELJKOVIC and D. JOVANOVIC (1992): Oil and protein concentration in seed of diverse high protein inbred lines of sunflower. Proc. 13th Sunflower Conf., Pisa, Vol. II, 1263-1268.

- STEIKHARDT, H. (1961): Berichte über die Ergebnisse der Versuche „Stoppelfrüchte mit kurzer Wachstumszeit“. Z. landw. Vers.- und Untersuchungswesen 7, 543-559.
- STOENESCU, F. (1974): Genetica. In: VRANCEANU, V.: Floarea-soarelui. Editura Academiei Republicii Socialiste, Bucuresti/Romania, 93-120.
- STOJANOVA, J. and P. I. IVANOV (1975): The inheritance of oil and protein content in sunflower in the F₁ (in bulg.). Rastenievudni nauki, Sofija, 12, 9, 30-35.
- STOJANOVA, J., V. VELKOV und P. IVANOV (1975): Stand und Probleme der Heterosiszüchtung bei Sonnenblumen (in russ.). Bjuulleten' VNIIMK, Krasnodar, vyp. 2, 7-11.
- SUJATHA, A., J. DRABAKARAN and C. CHATTOPADHYAY (1997): Reaction of wild sunflowers and certain interspecific hybrids to *Alternaria helianthi*. Helia 20, Nr. 27, 15-24.
- TEPEDINO, V. J. and F. D. PARKER (1982): Interspecific differences in the relative importance of pollen and nectar to bee species foraging on sunflowers. Environment. Entomol. 11, 246-250.
- TERBEA, M. and A. V. VRANCEANU (1988): Ecological studies on sunflower root system. Helia 11, 29-33.
- THELUNG, A. (1913): Die in Mitteleuropa kultivierten und verwilderten Arten und *Helianthus*-sorten nebst einem Schlüssel zur Bestimmung derselben. Allg. Bot. Zeitschr. 19, 87, 101-132.
- THOMPSON, T. E. and C. E. ROGERS (1977): Aphid resistance in wild *Helianthus*. Agr. Abstr. Madison. Am. Soc. Agr., 73-74.
- THOMPSON, T. E., C. E. ROGERS and D. C. ZIMMERMANN (1980): Sunflower oil quality and quantity as affected by *Rhizopus* head rot. J. Am. Oil Chem. Soc. 57, 106-108.
- TIHONOV, O. I. and V. K. NEDELJKOV (1978): Charcoal rot in sunflower and the measures of its prevention (in russ.). Sbornik VNIIMK: Pests and diseases of Oil Crops, Krasnodar, 14-20.
- TKACHUK, R. and G. N. IRVINE (1969): Amino acid compositions of cereals and oilseed meals. Cereal Chem. 46, 206-218.
- TOURVIEILLE, J. (2000): Disease control concerns everybody. The example of sunflower downy mildew. Proc. 15th Int. Sunflower Conf., Toulouse, Vol. I, C1-C8.
- TOURVIEILLE, D. L. et F. VEAR (1984): Comparaison de méthodes d'estimation de la résistance du tournesol à *Sclerotinia sclerotiorum*. Agronomie 4, 517-525.
- TOURVIEILLE, D. L., F. VEAR and C. PELLETIER (1988): Use of two mycelium tests in breeding sunflower resistant to *Phomopsis*. Proc. 12th Int. Sunflower Conf., Novi Sad, Vol. II, 110-114.
- TURNER, N. C. (1979): Drought resistance and adaption to water deficits in crop plants. In: MUSSELL, H. and R. C. STAPLES: Stress Physiology in Crop Plants. Wiley-Interscience, New York, 343-372.
- UJJINIAH, U. S., B. G. RAJASHEKAR, N. VENUGOPAL and K. SEENAPPA (1991): Sunflower-pigeonpea intercropping. J. Oilseeds Res. 8, 72-78.
- UNGARO, M. R. G. and J. A. MAEDA (1992): Relation between planting dates and sunflower seed „dormancy-process“. Proc. 13th Int. Sunflower Conf., Pisa, Vol. I, 447-452.

- UNGER, P. W. (1983): Irrigation effect on sunflower growth, development and water use. *Field crops Res.* 7, 181-194.
- UNGER, P. W. (1990): Sunflower. In: B. A. STEWART and D. NIELSEN (ed.). *Irrigation of agricultural crops*. ASA, CSSA and SSSA, Madison, Wisc., 775-794.
- UNGER, F. W. and T. E. THOMPSON (1982): Planting date effects on sunflower head and seed development. *Agron. J.* 74, 389-395.
- UNRAU, J. (1947): Heterosis in relation to sunflower breeding. *Sci. Agric.* 27, 414-427.
- UNRAU, J. and W. J. WHITE (1944): The yield and other characters of inbred lines and single crosses of sunflower. *Sci. Agric.* 24, 516-525.
- UPPSTRÖM, B. (1995): Seed Chemistry. In: *Brassica Oilseeds*. Eds. Kimber and McGregor, CAB International
- URIE, A. L. (1984): Inheritance of very high oleic acid content in sunflower. *Proc. Sunflower Research Workshop*, Bismark, N.D., 9-10.
- URIE, A. L. (1985): Inheritance of high oleic acid in sunflower. *Crop Sci.* 24, 1113-1115.
- USTINOVA, E. I. (1951): Embryological analyses of sunflower ovaries after pollination with a pollen mixture. *Agrobiolog.* 3, 104-113.
- USTINOVA, E. I. and T. T. NESTEROVA (1951): The development of the sunflower embryo following different methods of pollination (in russ.). *Dokl. Vses. akad. s.-ch. nauki im. V. I. Lenina, Moskva*, 11, 14-22.
- VAGVÖLGYI, S. und I. GAAL (1987): Untersuchungen zum Auftreten von Metaxenien bei der Sonnenblume (*H. annuus* L.). *Angew. Bot.* 61, 305-308.
- VANNOZZI, G. P., M. BALDINI and D. GOMEZ-SANCHEZ (1999): Agronomic traits useful in sunflower breeding for drought resistance. *Helia* 22, Nr. 30, 97-124.
- VASIC, W., D. SKORIC and S. JOCIC: Antheren culture of sunflower cultivars. *Proc. 15th Int. Sunflower Conf.*, Toulouse, Vol. II, L52-L55.
- VASILJEVIC, L. and D. SKORIC (1988): Application of method of biotechnology in sunflower breeding. *Proc. 12th Int. Sunflower Conf.*, Novi Sad, Vol. II, 322.
- VAVILOV, N. I. (1928): Geographische Genzentren unserer Kulturpflanzen. *Z. ind. Abst.- und Vererb.lehre, Suppl.*, Bd. I, 348-370.
- VEAR, F. (1978): Réaction de certains géotypes de tournesol résistants on mildion (*Plasmopara helianthi*) au test de résistance sur plantule. *Ann. Amélior. Plantes* 28, 327-332.
- VEAR, F. and D. L. TOURVIEILLE (1985): Resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* in sunflowers. *Proc. 11th Int. Sunflower Conf.*, Mar del Plata, 357-362.
- VEAR, F. (1996): Inheritance of *Phomopsis (Diaporthe helianthi)* resistance in sunflower (*H. annuus*). *Int. Sunflower Yearbook*, 79.
- VENZLAVOVIC, F. S. (1941): Sonnenblume. In: WULFF, E. W.: *Flora der Kulturpflanzen* (in russ.). Moskau, 379-432.
- VERMEERSCH, G. (1996): Industrial use of sunflower. *Int. Sunflower Yearbook*, 93.
- VIRANYI, F., T. SENDULA, Z. HORVATH and F. NEMETH (1988): A rapid test for evaluating resistance to sunflower stem canker caused by (*Diaporthe Phomopsis helianthi*). *Proc. 12th Int. Sunflower Conf.*, Novi Sad, Vol. II, 115-118.

- VOSKOBOJNIK, L. K., A. J. PANCENKO and P. I. TKACENKO (1979): Breeding of sunflower inbred lines resistant to broomrape (in russ.). Vestn. s.-ch. nauki, Moskva 9, 11-14.
- VRANCEANU, A. V. (1974): Floarea-soarelui (in rumän.). Academiei Rep.Soc.Romania, Bucuresti.
- VRANCEANU, A. V. (1978): Prospects for selection of sunflower model characters. Helia 1, 54-55.
- VRANCEANU, A. V. and F. STOENESCU (1969a): Folosirea liniilor autoincompatibile eu gene marcatoare pentru crearea hybridizilor simpli de floarea-soarelui. An Inst. Cercet. Cereale Plante Teh. Fundulea Acad. Stiinte Agric. Silvice 35, 551-557.
- VRANCEANU, A. V. and F. STOENESCU (1969b): Double cross hybrids (DC) of sunflower and prospectives of their application in production (in rumän.). Probleme agricole, Bucuresti, 10, 21-32.
- VRANCEANU, A. V. and F. STOENESCU (1970): Immunity to sunflower downy mildew due to a simple dominant gene. Probleme agric., Bucuresti, 22, 34-40.
- VRANCEANU, A. V. and F. STOENESCU (1979): European cooperative trials with sunflower hybrids and varieties 1978-1979. Helia 2, 5-20.
- VRANCEANU, A. V., F. STOENESCU and N. PIRVU (1988): Genetic progress in sunflower breeding in Romania. Proc. 12th Int. Sunflower Conf., Novi Sad, Vol. II, 404-410.
- VRANCEANU, A. V., M. IUORAS and F. STOENESCU (1988): Genetic study of short petiol trait and its use in sunflower breeding. Proc. 12th Int. Sunflower Conf., Novi Sad, Vol. II, 429-435.
- VRANCEANU, A. V., N. PIRVU and F. STOENESCU (1981): New sunflower downy mildew resistance genes and their management. Helia 4, 23-27.
- VRANCEANU, A. V., V. A. TUDOR, F. STOENESCU and N. PIRVU (1980): Virulence groups of *Orobanche cumana*, Wallr., differential hosts and resistance sources and genes in sunflower. Proc. 9th Int. Sunflower Conf., Torremolinos, 74-83.
- VRANCEANU, A. V., N. CSEP, N. PIRVU and F. STOENESCU (1983): Genetic variability of sunflower reaction to the attack of *Phomopsis helianthi*. Helia 6, 23-25.
- VRONSKI, M. D. (1983): What are the properties of hybrid (in russ.). Selekcija i semenovodstvo, Moskva, 26-29.
- WAGHOURE, E. S. and M. A. RANA (1988): Effect of honeybee pollination on seed setting, yield and oil content of sunflower. Proc. 12th Int. Sunflower Conf., Novi Sad, Vol. I, 439-440.
- WAGNER, S. (1932): Artkreuzungen in der Gattung *Helianthus*. Z. ind. Abst.- und Vererb.lehre 61, 76-146.
- WEAVER, J. E. (1926): Root Development of Field Crops. McGraw Hill, New York.
- WEBER, S., R. HORN und W. FRIEDT (1996): In vitro-Regeneration interspezifischer Hybriden der Sonnenblume (*H. annuus*). Votr. Pflanzenzüchtung 32, 97-99.
- WEBER, S., R. HORN und W. FRIEDT (1998): Optimierung der *Agrobacterium tumefaciens* vermittelten Transformation bei der Sonnenblume (*H. annuus*). Votr. Pflanzenzüchtung 42, 134-136.

- WEBER, S., R. HORN and W. FRIEDT (2000): High regeneration potential in vitro of sunflower (*H. annuus*) lines derived from interspecific hybridization. *Euphytica*, 116, 271-280.
- WEBER, S., W. FRIEDT, N. - LANDES, J. MOLINIER, C. HIMBER, P. ROUSSELIN, G. HAHNE and W. HORN (2003): Improved *Agrobacterium* mediated transformation of sunflower (*H. annuus*): Assessment of macerating enzymes and sonication. *Plant Cell Rep.* 21, 457-482.
- WEISHENG, D. (1991): Effect of the bracteal leaf on yield of grain in sunflower. *Helia* 14 (14), 73-78.
- WHELAN, E. D. P. (1978): Cytology and interspecific hybridization. In: CARTER, J. F.: Sunflower Science and Technology. Am. Soc. Agr., Madison, Wisc., 339-369.
- WHITING, A. E. (1939): Ethnobotany of the Hopi. *Mus. North Ariz. Bull.* 15.
- WILSON, R. L. and S. G. MCCLURG (1997): Evaluation of cultivated sunflower genotypes for resistance to sunflower moth (*Homoeosoma electellum* Lepidoptera: Pyralidae). *Helia* 20, Nr. 27, 1-8.
- YANG, S. M. (1988): Report of the ad hoc committee on sunflower rust by the International Sunflower Rust Committee held September 29-30, 1987, at Frederick, Maryland. *Proc. 12th Int. Sunflower Conf., Novi Sad, Vol. II*, 250-258.
- ZIMMER, D. E. (1974): Physiological specialization between races of *Plasmopara halstetii* in America and Europe. *Phytopathology* 64, 1465-1467.
- ZIMMER, D. E. and J. A. HOES (1978): Diseases. In: CARTER, J. F.: Sunflower Science and Technology, Agr. Soc. Am. Agron., Madison, Wisc., 225-262.
- ZIMMER, D. E. and D. C. ZIMMERMANN (1972): Influence of some diseases on achene and oil quality of sunflower. *Crop Sci.* 12, 859-861.
- ZIMMERMANN, H. G. (1958): Die Sonnenblume. Dt. Bauernverlag, Berlin.
- ZOEBELEIN, H. (1986): Stand und Perspektiven der nachwachsenden Rohstoffe. In: Nachwachsende Rohstoffe, Expertenkolloquium, Bd. 2, BMFT, Bonn.
- ZUKIVSKY, P. M. (1950): Cultivated plants and their wild relatives. Commonw. Agric. Bur. Farnham Royal, England.