

Entwicklung ertragssicherer Saflor-Stämme mit hohen Ölgehalten für den ökologischen Anbau

Development of safflower types with high oil content and disease tolerance for organic farming

FKZ: 03OE628/2

Projektnehmer:

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft
Thüringer Zentrum für Nachwachsende Rohstoffe
Apoldaer Str. 4, 07778 Dornburg
Tel.: +49 36427 868-120
Fax: +49 36427 22340
E-Mail: t.graf@dornburg.tll.de
Internet: <http://www.tll.de>

Autoren:

Wurl, Günter; Biertümpfel, Andrea; Graf, Torsten

Gefördert vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau (BÖL)



Abschlussbericht

Entwicklung ertragssicherer Saflor- Stämme mit hohen Ölgehalten für den ökologischen Anbau

Gefördert von der Bundesanstalt für Landwirtschaft
und Ernährung (03OE628/2)

Themenblatt-Nr.: 42.16.430

Langtitel: Entwicklung ertragssicherer Saflor-Stämme mit hohen Ölgehalten für den ökologischen Anbau

Kurztitel: Saflor

Projekt: Öl-, Energie- und Industriepflanzen

Projektleiter: Dr. habil. Armin Vetter

Abteilung: Pflanzenproduktion

Abteilungsleiter: Dr. habil. Armin Vetter

Laufzeit: 03/2005 bis 10/2007

Auftraggeber: Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau in der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung

Namen der Bearbeiter: Dr. sc. Günter Wurl
Dipl. Ing. agr. Andrea Biertümpfel
Dipl. Ing. agr. Torsten Graf

Jena, im Februar 2008

(Peter Ritschel)
Amt. Präsident

(Dr. habil. Armin Vetter)
Projektleiter

Inhalt

	Seite	
1	Einleitung	3
2	Material und Methoden	3
2.1	Vorarbeiten	3
2.2	Arbeiten während des Projektzeitraumes	4
3	Ergebnisse	7
3.1	Überprüfung des Schalenanteils ölreicher und –armer Saflorgenotypen und ihrer Nachkommenschaften	7
3.1.1	Schalenanteil der Eltern	7
3.1.2	Schalenanteil in Nachkommenschaften der Sorte ‚Sepasa‘ und des Stammes ‚Bendeleben‘ der F ₀ - und F ₁ -Generation	9
3.2	Ermittlung der Korrelation zwischen Schalenanteil und Ölgehalt	13
3.3	Versuche zur Etablierung öl- und krankheitstoleranter Stämme	17
3.3.1	Selektion von Einzelpflanzen	17
3.3.2	Auslese dünnschaliger Einzelkörner und Anzucht der schalenlosen Samen in Mitscherlichgefäßen	21
3.3.3	Selektion von dünnschaligen Einzelkörnern	23
3.3.4	Abblüte des Saflors unter Isolation	25
3.4	Stammprüfung Saflor	33
3.4.1	Versuchsstation Dornburg 2007 - Kornerträge	33
3.4.2	VS Dornburg 2007 – Ölgehalte und Ölerträge	34
3.4.3	Versuchsfeld Mittelsömmern 2007	35
3.4.4	Zusammenfassende Betrachtungen zu den Saflorertragsprüfungen der Jahre 2003 bis 2007	36
4	Diskussion, Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	38

1 Einleitung

Der ökologischen Landbau sucht nach Alternativen im Bereich der Ölpflanzen. In ertraglicher Hinsicht kämen als sinnvolle alternative Ölpflanzen nach Dambroth und Seehofer (1994) nur Lein, Mohn, Leindotter, Sonnenblumen und Saflor in Betracht. Als besonders geeignet ist der Saflor anzusehen. Wegen seiner schnellen Jugendentwicklung ist der Pflegeaufwand vergleichsweise gering. Ein weiterer Vorteil des Saflors liegt in der Widerstandsfähigkeit der Pflanze gegenüber sommerlicher Hitze- und Dürreperioden. Im Vergleich zur Sonnenblume, mit der er die Ansprüche an das Klima gemeinsam hat, weist er den Vorzug auf, dass er nicht dem Vogelfraß ausgesetzt ist. Aufgrund der geringen Ausfallneigung der Samen kann er bis zur Todreife auf dem Feld stehen bleiben.

Einer Anbauerweiterung des Saflors in Deutschland steht bisher sein niedriger Ölgehalt entgegen. Die hier einzig zugelassene Sorte ‚Sabina‘ wies in bisher 10-jährigen Untersuchungen Ölgehalte in ungeschälten Samen nur um 25 % auf (Schwankungsbreite von 22 bis 27 %). Der Anbau ölreicher südeuropäischer Herkünfte (Spanien, Süditalien) und aus den USA mit Ölgehalten bis 47 % ist wegen der hohen Botrytisanfälligkeit, die in allen Versuchsjahren nahezu zum Totalausfall führte, nicht möglich. Dass es sich hierbei um ein sortentypisches Merkmal handelt und es durchaus resistente Formen gibt, weisen die Ertragsergebnisse der Sorte ‚Sabina‘ aus, die auch in ungünstigen, feucht-kühlen Jahren Erträge > 20 dt/ha erreichte.

Eine Möglichkeit, um zu ertragsstabilen und hochöhlhaltigen Sorten zu gelangen, scheint die Kreuzung angepasster einheimischer Sorten/Stämme mit nichtangepassten hochöhlhaltigen Herkünften zu sein. In Dornburg wurden zu diesem Zweck ein Ende der 30er/Anfang der 40er Jahre des 20. Jahrhunderts in der Thüringer Zuchtstation Bendeleben entwickelter Stamm mit der spanischen Sorte ‚Sepasa‘, die unter Gewächshausbedingungen im Gegensatz zum Feldanbau keinerlei Krankheitssymptome aufwies, im Gewächshaus frei abblühen gelassen. In den Folgegenerationen des daraus entstandenen Saatguts wurden Einzelpflanzen (EP) mit weitgehender Krankheitsresistenz und erhöhtem Ölgehalt ausgelesen und positive Einzelnachkommenschaften (EPN) zu Stämmen entwickelt und in Ertragsprüfungen getestet.

Ziel des vorliegende Projektes war es, aus dem Kreuzungsmaterial mehrere Stämme zu entwickeln, die ertragsstabil wie ‚Sabina‘ sind, aber gleichzeitig über ein höheres Ertragsniveau und Ölgehalte von ca. 40 % verfügen.

2 Material und Methoden

2.1 Vorarbeiten

Saflor ist ein ausgeprägter Fremdbestäuber mit geringen, genotypabhängigen Selbstungsanteilen. Ausgehend von dieser Tatsache, wurden zur einfachen Erzielung von Kreuzungskombinationen die Kreuzungspartner gemeinsam in Mitscherlichgefäßen ausgesät und im Gewächshaus frei abblühen gelassen. Die trockenen warmen Bedingungen des Gewächshauses verhinderten einen Botrytisbefall. Außerdem waren offenbar immer genügend Insekten zur Bestäubung vorhanden, wie durch Bestimmung des Schalenanteils an dem Ern-

tegut der Kreuzungsgeneration festgestellt werden konnte. Kreuzungspartner waren zunächst die sehr anfällige spanische Sorte ‚Sepasa‘ und ein während der Dreißiger Jahre in der Zuchtstation Bendeleben/Kyffhäuser entwickelter Stamm. Später wurden der Stamm ‚Bendeleben‘ und die Sorte ‚Sabina‘ noch in gleicher Art und Weise mit zwei hochöhlhaltigen kalifornischen Stämmen kombiniert. Trotz etwas besserer Botrytis-Toleranz als bei ‚Sepasa‘ sind auch sie für einen Direktanbau unter Thüringer Bedingungen aus Gründen der Ertragssicherheit nicht geeignet. Im vorliegenden Bericht wird nur über die Ergebnisse der verwendeten Kreuzungspartner im Vergleich zur zugelassenen Sorte ‚Sabina‘ informiert (Tab. 1).

Tabelle 1: Merkmale der verwendeten Kreuzungspartner im Vergleich zur Sorte ‚Sabina‘

Sorte bzw. Stamm	Ertrag im Feldanbau (dt/ha)	Ölgehalt (% TM)	Botrytis-Toleranz	Schalenanteil der Samen	Morphologisches Merkmal
‚Sabina‘	20 - 40	22 - 27	Gut	Hoch (> 50 %)	Nicht stachlig ³⁾
Stamm ‚Bendeleben‘	20 - 40	20 - 25	Gut	Hoch (> 50 %)	Nicht stachlig ³⁾
‚Sepasa‘	o ¹⁾	42 - 46 ²⁾	Keine	Niedrig (< 40 %)	Stachlig ³⁾
Stamm ‚Kalifornien 1‘	o ¹⁾	Ca. 45 ²⁾	Gering	Niedrig (< 40 %)	Stachlig ³⁾
Stamm ‚Kalifornien 2‘	o ¹⁾	Ca. 45 ²⁾	Sehr gering	Niedrig (< 40 %)	Stachlig ³⁾

1) Feldversuche der TLL 1998 bis 2000

2) Original- bzw. in Gefäßen im Gewächshaus erzeugtes Saatgut

3) Blätter und Blütenköpfchen

Für den Anbau wurden ausschließlich Nachkommenschaften der ölreichen Saflorsorte ‚Sepasa‘ verwandt. Der weitere Zuchtprozess ist Tabelle 2 zu entnehmen.

Tabelle 2: Abfolge der Züchtungsarbeiten zur Entwicklung ölreicher und *Botrytis*-toleranter Saflorstämme

Maßnahme
- Gemeinsame freie Abblüte von je 9 Pflanzen von ‚Sepasa‘ (ölreich, hoch <i>Botrytis</i> -anfällig) und Stamm ‚Bendeleben‘ im Gewächshaus
- Separate Ernte der an den Pflanzen der Sorte ‚Sepasa‘ und des Stammes ‚Bendeleben‘ gebildeten Samen
- Anbau der F ₁ -Generation im Gewächshaus
- Aussaat der geramschten F ₂ -Generation im Feld
- Selektion von ca. 500 Einzelpflanzen (EP) nach den Kriterien Ertrag und Gesundheit
- Ermittlung des Schalenanteils an je ca. 30 Körnern je EP
- Nachbau von 68 Einzelpflanzennachkommenschaften (EPN) mit niedrigem Schalenanteil im Feld auf 4,5 m ² -Parzellen ohne Wiederholungen
- Auswahl von 5 EP je Parzelle zur Bestimmung des Schalenanteils
- Auswahl einer EP (Schalenanteil < 40%) für den weiteren Nachbau
- Räumlich isolierte Zwischenvermehrung der besten EP je EPN auf dem Feld
- Ernte der gesamten Parzelle
- Anlage einer exakten Ertragsprüfung mit 18 Stämmen auf 13,5 m ² -Parzellen in 1 bis 4 Wiederholungen (je nach Menge des vorhandenen Saatguts) im Vergleich zu ‚Sabina‘ und Stamm ‚Bendeleben‘ als Standards

2.2 Arbeiten während des Projektzeitraums

Über die während des Projektzeitraums 2005 bis 2007 durchgeführten Arbeiten berichtet Tabelle 3.

Tabelle 3: Übersicht über die Arbeiten der Jahre 2005 bis 2007 zur Etablierung ölreicher Saflorstämme

Maßnahme	Umfang	Aussaatstärke	Erntefläche
Ertragsprüfung VS Dornburg (konventioneller Landbau)	14 Stämme 1 Standard („Sabina“)	50 keimf. Kö./m ² (2006) 75 keimf. Kö./m ² (2007)	13,5 m ² , 4 Wdh.
Ertragsprüfung Mittelsömmern (ökologischer Landbau)	14 Stämme 1 Standard („Sabina“)	50 keimf. Kö./m ² (2006) 75 keimf. Kö./m ² (2007)	12,0 m ² , 4 Wdh.
Bestimmung des Schalenanteils an EP aus Stämmen und Populationen	554 EP (2005) ca. 400 EP (2006 und 2007)	-	-
Nachbau von EP mit einem Schalenanteil < 42 %	68 EPN (2005) 47 EPN (2006) 50 EPN (2007)	Einzelkornablage 30 x 30 cm	7 m ² (2005, 2006) 4,5 m ² (2007), je 1 Wdh.
Teilisolierung von 10 EP/EPN Bestimmung des Schalenanteils von Einzelkörnern aus Stämmen und Populationen	3.000 bis 4.000 Einzelkörner/Jahr	-	-
Anzucht von Einzelkornnachkommenschaften mit einem Schalenanteil < 42 % (2005), < 38 % (2006) und < 36 % (2007) in Mitscherlichgefäßen	67 EKN (2005) 280 EKN (2006) 40 EKN (2007)	3 Pfl./Gefäß (2005) 1 Pfl./Gefäß (2006 und 2007)	-
Bestimmung des Schalenanteils an EP aus dem Einzelpflanzennachbau	ca. 3.000 Körner (2005 bis 2007)	-	-

Jährlich erfolgte an ca. 4.000 Körner aus den Populationen und Einzelpflanzen eine Bestimmung ihres Schalenanteils. 2005 wurden Kerne von Samen mit einem Schalenanteil < 42 %, 2006 mit < 38 % und 2007 mit < 36 % für einen Nachbau in Mitscherlichgefäßen ausgewählt, um homozygot dünnchalige (ölreiche) Typen mit Botrystoleranz zu erzeugen. Die Keimfähigkeit der schalenlosen Kerne lag zwischen 30 und 40 %.

Gleichzeitig wurden jedes Jahr ca. 50 EP mit einem Schalenanteil < 42 % einzelkornweise nachgebaut und aus 14 Nachkommenschaften EP mit niedrigem Schalenanteil für Ertragsprüfungen zusammengefasst.

Die Ertragsprüfungen kamen in der Versuchsstation Dornburg unter Bedingungen des konventionellen Ackerbaus und auf dem Versuchsfeld in Mittelsömmern unter ökologischen Bedingungen zum Anbau. Eine Charakterisierung der Versuchsstandorte ist in Tabelle 4 enthalten.

Tabelle 4: Charakterisierung der Versuchsstandorte Dornburg und Mittelsömmern

Parameter	Dornburg	Mittelsömmern
Standort	Lö1c	Lö2
Bodenform	Löss-Parabraunerde	Schwarzerde
Bodenart	stark toniger Schluff	Lehm
Ackerzahl	46 bis 80	70 bis 80
Höhenlage (m)	260	180
Temperatur (°C)	8,8	8,5
Niederschlag (mm)	596	480

Die Unkrautbekämpfung erfolgte im konventionellen Anbau durch die Applikation des Vorsaatbearbeitungsherbizides Treflan (2,0 l/ha), im ökologischen Anbau durch Maschinen- bzw. Handhacke. Zur Ernte kam der Mähdescher zum Einsatz.

Die Keimfähigkeit des Saatgutes wurde durch Einquellen der Samen in Wasser in Petrischalen (2 x 100 Samen) bei Raumtemperatur und Auszählen der innerhalb einer Woche gekeimten Samen ermittelt.

Die Bestimmung des Schalenanteils erfolgte durch Einlegen der Samen in Wasser. Nach Platzen der Schale wurden die Körner aus dem Wasser entnommen, an der Luft getrocknet und ihr Gewicht bestimmt, anschließend Korn und Schale per Hand vorsichtig voneinander getrennt und das Gewicht der Schale wiederum bestimmt. Bei exakter und vorsichtiger Durchführung gelingt es, aus ca. 30 bis 40 % der Samenkerne Pflanzen heranzuziehen. Die Bestimmung des Ölgehalts der Exaktversuche erfolgte mittels Kernresonanzspektroskopie nach VDLUFA MB BD III, 5.1.4.

Bei der Auswertung der Versuche erwies es sich als notwendig, die meteorologischen Daten der witterungsseitig sehr unterschiedlichen Versuchsjahre mit heranzuziehen. Deshalb sind in den Tabellen 5 und 6 die monatlichen Niederschlagsmengen und mittleren Temperaturen der Standorte Dornburg und Mittelsömmern der Jahre 2005 bis 2007 im Vergleich zum langjährigen Mittel dargestellt.

Tabelle 5: Witterungsverlauf der Jahre 2005 bis 2007 im Vergleich zum langjährigen Mittel VS Dornburg

Monat	Temperatur [°C]				Niederschlag [mm]			
	langjähriges Mittel 1963 bis 2002	2005	2006	2007	langjähriges Mittel 1963 bis 2002	2005	2006	2007
Januar	-0,2	2,1	-3,7	4,7	33	54	19	47
Februar	0,9	-1,8	-1,1	4,0	32	61	26	32
März	4,2	3,4	1,5	6,0	42	19	63	52
April	7,9	9,1	8,2	10,6	50	9	38	5
Mai	12,8	12,9	13,1	14,5	57	62	76	128
Juni	16,0	16,0	16,6	17,9	73	40	31	92
Juli	17,8	18,5	22,3	17,8	66	72	14	104
August	17,7	15,9	15,6	16,9	68	56	144	73
September	14,0	14,7	16,7	12,5	44	31	26	155
Oktober	9,6	10,8	11,9	7,8	42	23	55	19
November	4,2	4,0	7,2	3,4	46	37	24	70
Dezember	0,9	0,8	4,5	1,2	42	44	16	40
\bar{x} bzw. Σ	\bar{x} 8,8	8,9	9,5	9,8	Σ 595	508	532	817

Tabelle 6: Witterungsverlauf der Jahre 2005 bis 2007 im Vergleich zum langjährigen Mittel Standort Mittelsömmern

Monat	Temperatur [°C]				Niederschlag [mm]			
	langjähriges Mittel 1963 bis 2002	2005	2006	2007	langjähriges Mittel 1963 bis 2002	2005	2006	2007
Januar	-0,7	2,9	-3,5	5,3	36	42	15	47
Februar	0,2	-0,4	-0,5	4,2	32	29	19	33
März	3,5	4,5	2,1	6,6	34	17	51	44
April	7,8	10,1	8,8	11,6	42	54	49	4
Mai	12,7	13,6	13,5	15,0	57	63	65	126
Juni	16,3	17,1	17,2	18,5	67	71	33	85
Juli	17,6	19,4	22,9	18,3	63	60	53	107
August	17,0	17,1	16,3	17,7	65	36	105	60
September	13,6	16,3	17,7	13,5	43	61	12	120
Oktober	8,9	11,6	12,4	8,7	43	17	35	9
November	4,3	4,7	7,5	4,3	41	32	29	49
Dezember	1,1	1,4	5,0	1,9	44	28	21	33
\bar{x} bzw. Σ	\bar{x} 8,5	9,9	10,0	10,5	Σ 567	511	487	717

3 Ergebnisse

3.1 Überprüfung des Schalenanteils öreicher und –armer Saflorgenotypen und ihrer Nachkommenschaften

3.1.1 Schalenanteil der Eltern

Um einen Einblick zu erhalten, in welchem Maße der Schalenanteil variiert und um zu ermitteln, ob sich öreiche und –arme Typen in ausreichendem Maße unterscheiden, wurden zunächst die beiden Kreuzungspartner Stamm ‚Bendeleben‘ (öarm) und ‚Sepasa‘ (öreich) sowie die einzige deutsche Sorte ‚Sabina‘ auf ihren Schalenanteil überprüft. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in den Abbildungen 1 bis 3 dargestellt.

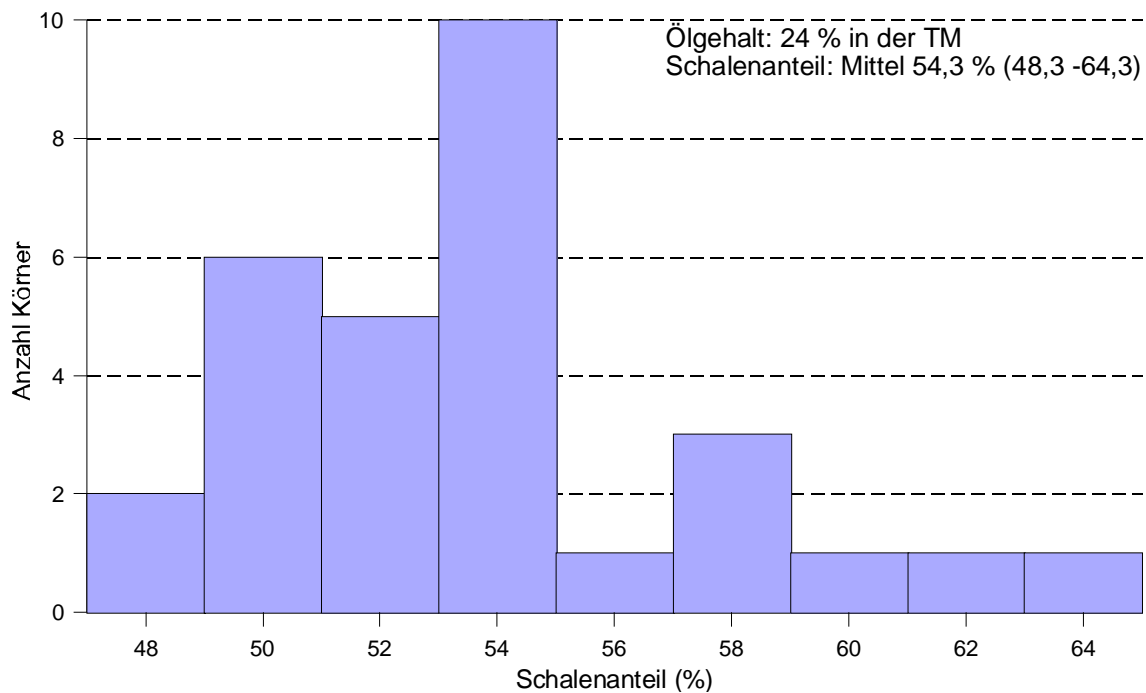


Abbildung 1: Häufigkeitsverteilung des Schalenanteils Stamm ‚Bendeleben‘ (n = 30)

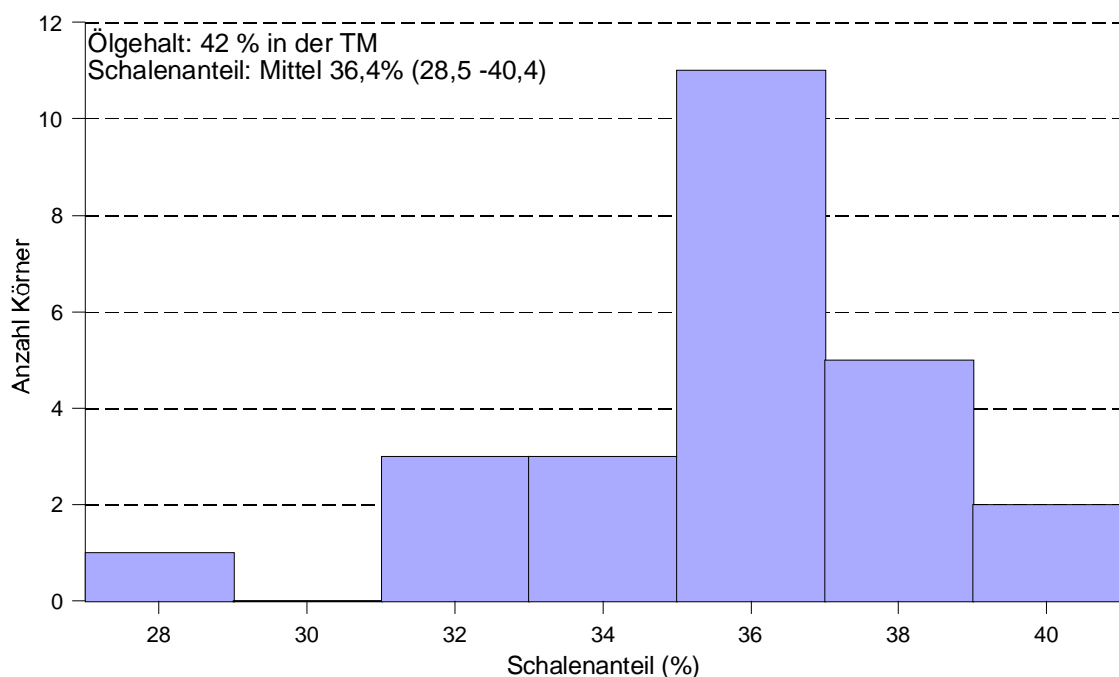


Abbildung 2: Häufigkeitsverteilung des Schalenanteils Sorte ‚Sepasa‘ – Originalsaatgut (n = 25)

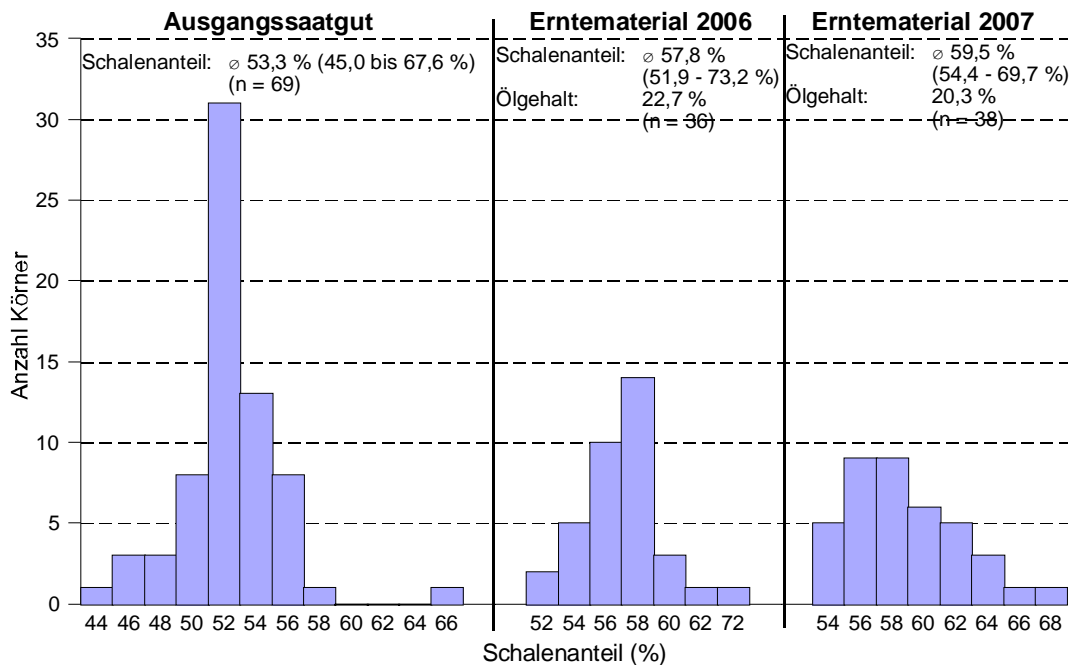


Abbildung 3: Häufigkeitsverteilung des Schalenanteils bei der Sorte ‚Sabina‘ im Ausgangssaatgut und im Erntematerial 2006 und 2007

Aus den Untersuchungen ergibt sich, dass sich die Sorten nicht nur im Ölgehalt, sondern auch im Schalenanteil beträchtlich unterscheiden. Wenn keine Auskreuzung zwischen den Typen möglich ist, ist das Merkmal „Schalengehalt“ immer relativ konstant, wie sich an Samen der Sorte ‚Sabina‘ aus drei verschiedenen Anbaujahren zeigt.

Auch die Samen des Nachbaus von ‚Sepasa‘-Samen (s. Abbildung 2) im Gewächshaus zeigten ein ähnliches Verteilungsmuster hinsichtlich ihres Schalenanteils wie das Ausgangsmaterial bei einem, möglicherweise jahresbedingt, niedrigeren Durchschnittswert für den Schalenanteil (Abb. 4).

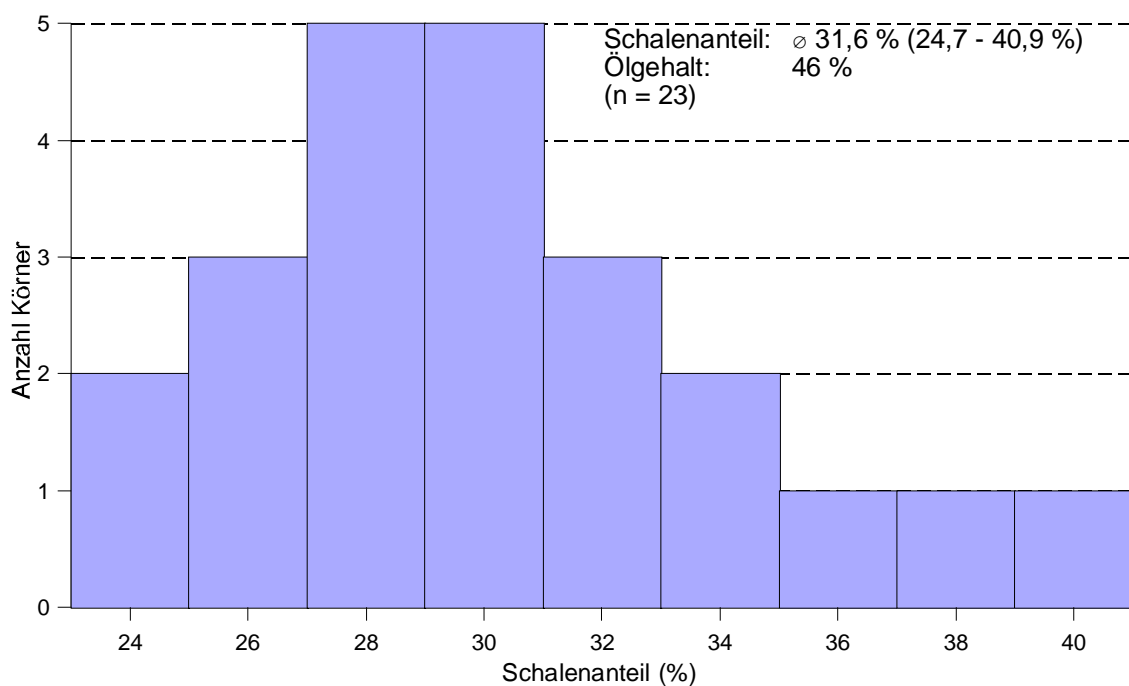


Abbildung 4: Häufigkeitsverteilung des Schalenanteils des Nachbaus der Sorte ‚Sepasa‘ im Gewächshaus

Dünnschalige und dickschalige Saflorgenotypen lassen sich offensichtlich trotz beträchtlicher individueller Schwankungen zwischen den einzelnen Körnern einwandfrei und zu 100% nach Bestimmung des Schalenanteils voneinander trennen. Dünnschalige Typen weisen im Allgemeinen Schalenanteile zwischen 25 und 40 %, dickschalige zwischen 50 und 60 % und darüber auf.

3.1.2 Schalenanteil in Nachkommenschaften der Sorte ‚Sepasa‘ und des Stammes ‚Bendeleben‘ der F₀¹ und F₁-Generation

Nach gemeinsamer freier Abblüte von ‚Sepasa‘ und Stamm ‚Bendeleben‘ in Mitscherlichgefäßen im Gewächshaus ergab sich für das von den ‚Sepasa‘-Pflanzen geerntete Saatgut das in Abbildung 5 dargestellte Verteilungsmuster der Schalendicke.

Während sich die Verteilung der Samen des Gefäßes 1 nicht von der des Sortennachbaus (vgl. Abb. 1 und 2) unterschieden, trat bei den Gefäßen 2 und 3 eine Anzahl an Körnern auf, die einen Schalenanteil zwischen 40 und 48 % aufwiesen. Bei ihnen handelte es sich offensichtlich um Auskreuzungen zwischen beiden Saflorformen, die bei Gefäß 2 am höchsten sein sollte, aber auch mit dem Vorkommen von Körnern mit weniger als 40 % Schalenanteil noch einen beträchtlichen Anteil innersortlicher Kreuzungen bzw. Selbstungen aufwies. Dass bei Gefäß 1 keine Auskreuzung nachzuweisen war, mag an einer mangelhaften Blühzeitsynchronisation gelegen haben. Das Vorhandensein von Samen mit einem Schalenanteil zwischen 40 und 50 % und damit in einem Bereich zwischen den beiden Kreuzungspartnern spricht für einen intermediären Erbgang.

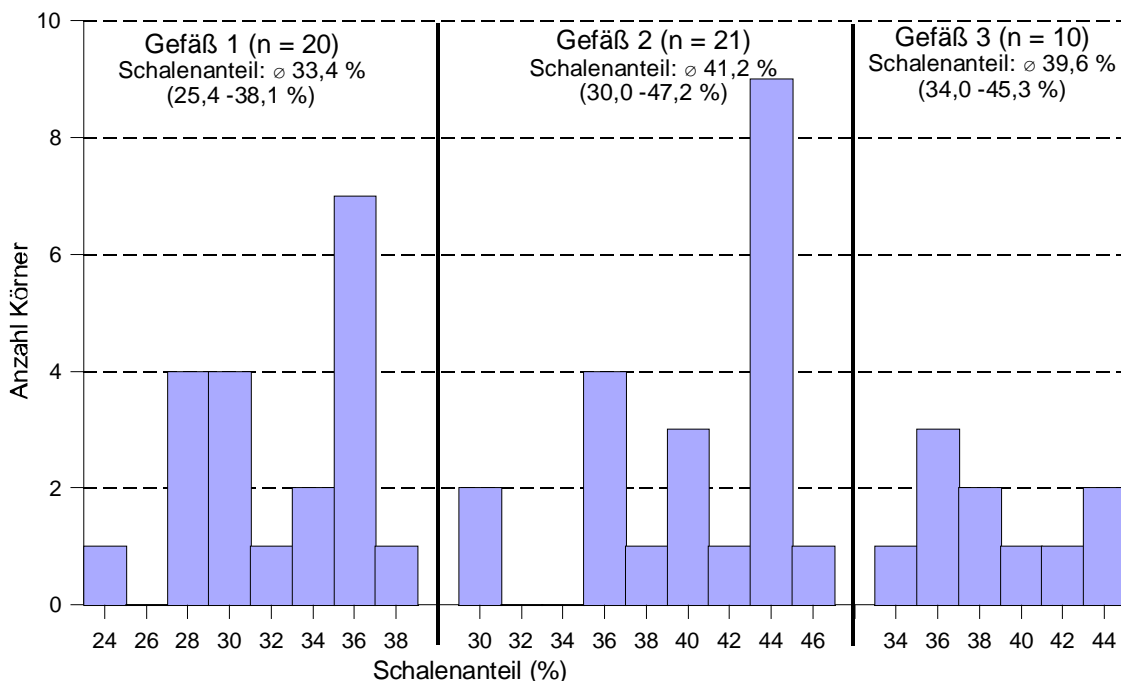


Abbildung 5: Häufigkeitsverteilung des Schalenanteils der F₀-Generation der Sorte ‚Sepasa‘ in Gefäßen

¹ Die Pflanzen von ‚Sepasa‘ und Stamm ‚Bendeleben‘ werden zur Vereinfachung und in Analogie zur Klassifizierung bei der Mutagenauslösung, wo die Behandlungsgeneration als M₀ bezeichnet wird, F₀-Generation genannt. In Bezug auf Qualitätsmerkmale (hier Schalenanteil der Samen) handelt es sich bei ihnen bei gelungener Kreuzung um eine F₁. Die Kennzeichnung der weiteren Generationsabfolge erfolgt nach dem üblichen Schema.

Die Bestätigung der obigen Erörterungen brachte der separate Nachbau der F_1 in Mitscherlichgefäßen im Gewächshaus (Abb. 6).

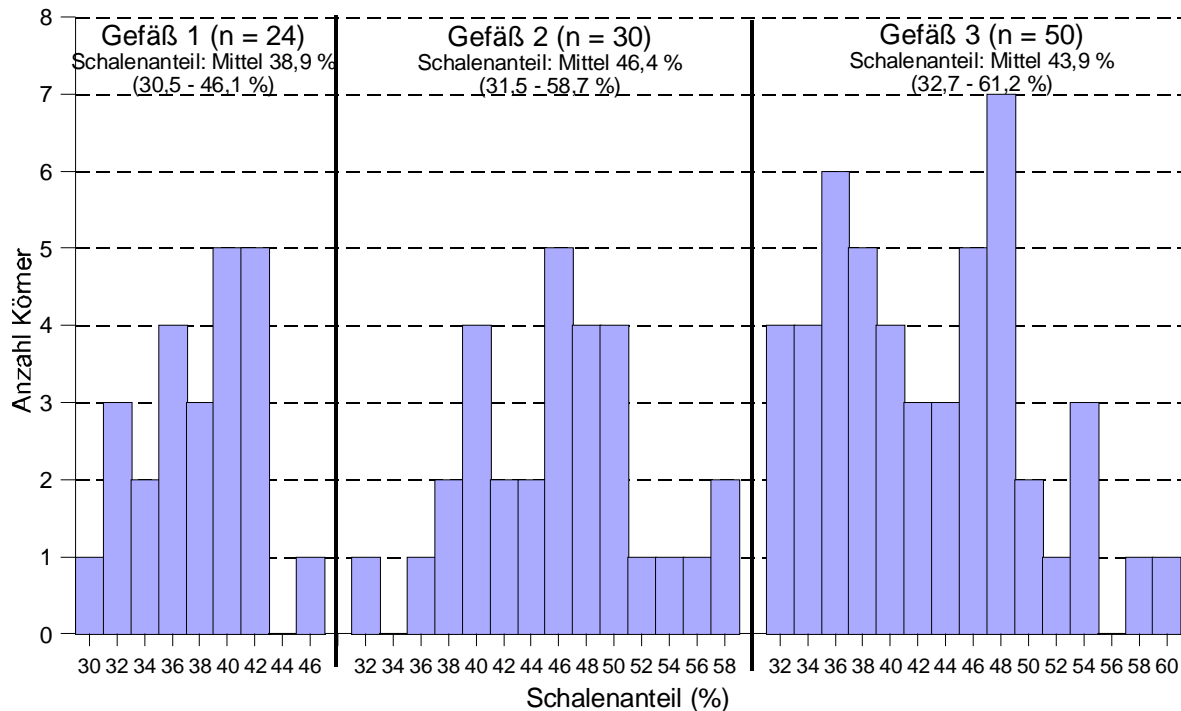


Abbildung 6: Häufigkeitsverteilung des Schalenanteils der F_1 -Generation der Sorte ‚Sepasa‘ in Mitscherlich-Gefäßen

Es ließen sich 30 % (Gefäß 2) und 16 % (Gefäß 3) dickschalige Körner (Schalenanteil ≥ 50 %) im Saatgutramsch identifizieren, was bei dem Nachbau des Gefäßes 1 nicht der Fall war. Eine Bestäubung der Pflanzen des Gefäßes 1 durch dickschalige Individuen aus den beiden anderen Gefäßen konnte aber trotz räumlicher Isolation nicht vermieden werden, wie der 45 %ige Anteil von Körnern mit Schalenanteilen von ≥ 40 % im Erntegut ausweist. Ein beträchtlicher Auskreuzungsgrad ließ sich auch an dem Nachbau des Stammes ‚Bendeleben‘ aus Mitscherlichgefäßen im Feld 2007 nachweisen (Abb. 7). Schalenanteile von < 48 % sind bei einem separaten Anbau des Stammes niemals nachzuweisen. Immerhin weist der hohe Anteil von 52,9 % Körnern in den Klassen ≥ 50 % wiederum auf eine unvollständige Kreuzbestäubung hin. Vergleichsweise gering mit 5,5 % der Samen ist dagegen der Bereich < 40 % Schalenanteil vertreten.

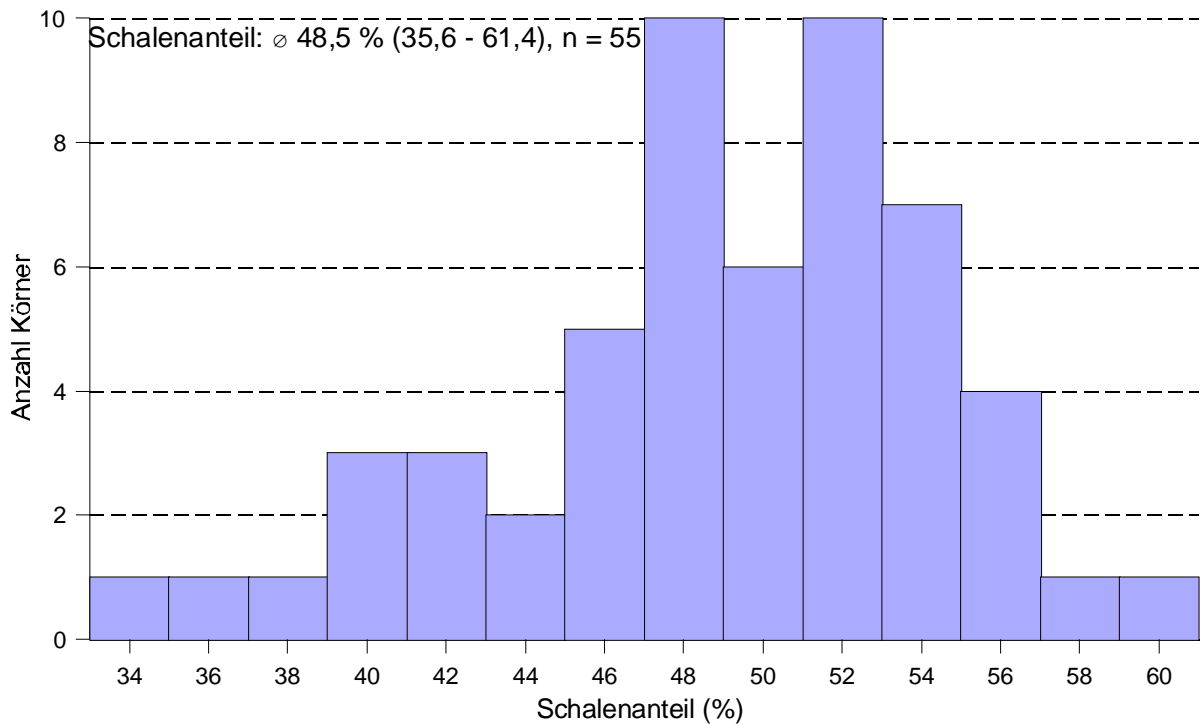


Abbildung 7: Häufigkeitsverteilung des Schalenanteils der F_1 -Generation des Stamms ‚Bendeleben‘ im Freiland

Diese Fraktion mit geringem Schalenanteil ist überhaupt nicht vorhanden in der F_1 -Generation der Kreuzung ‚Sabina‘ mit einem kalifornischen Stamm (Abb. 8). Das ist auch nicht weiter verwunderlich. Die beim Nachbau des ‚Sepasa‘-Teils (und auch sicher des kalifornischen Stammes) im Gewächshaus teilweise reichlich auftretenden Körner mit Schalenanteilen < 40 % dürften wahrscheinlich aus der Bestäubung des jeweils ölreichen Typs mit sich selbst hervorgegangen und damit hoch botrytisanfällig sein. In 2007, einem Jahr mit hoher Krankheitsbelastung, haben solche Typen keinerlei Samen gebildet. Für die Selektion ölreicher Stämme mit Botrytistoleranz ist das Fehlen von Samen mit einem Schalenanteil < 40 % in der F_1 bedeutungslos. Wichtig ist, dass in der Population überhaupt gelungene Auskreuzungen vorhanden sind.

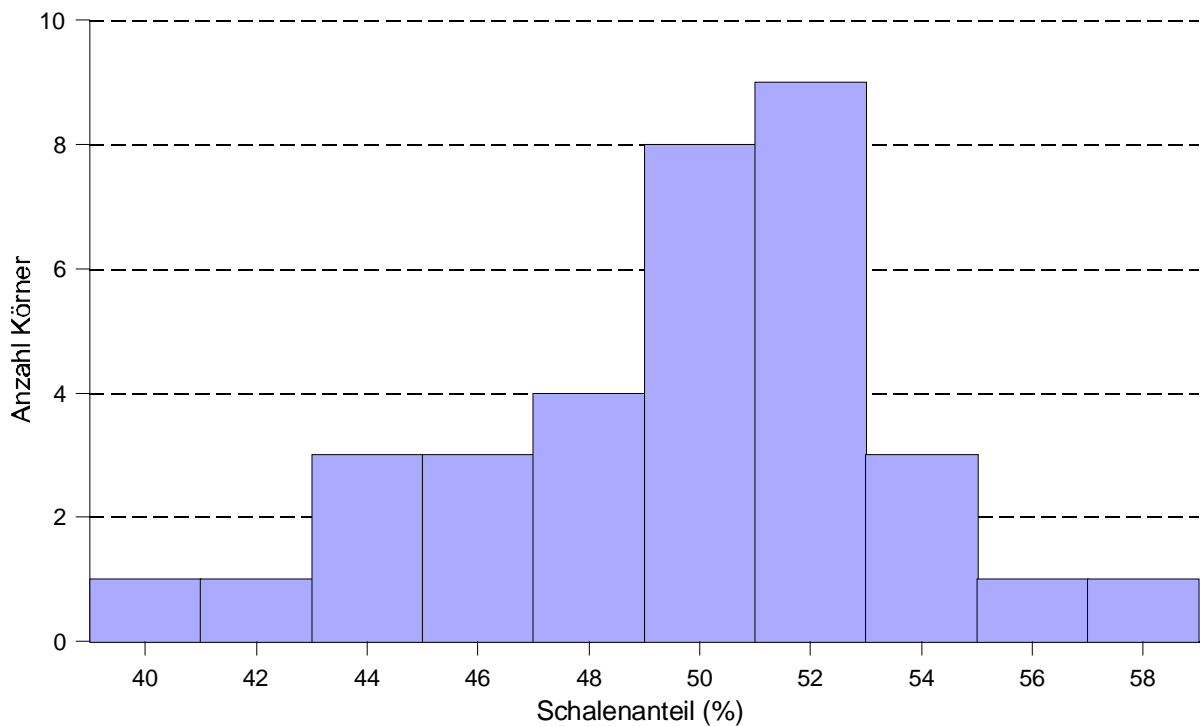


Abbildung 8: Häufigkeitsverteilung des Schalenanteils der F₁-Generation eines ölarmen Stammes mit ‚Kalifornien 2‘ im Freiland 2007

Wesentlich höher als im Gewächshaus scheint die Auskreuzungsrate unter Freilandbedingungen zu sein, wie Abbildung 9 zu entnehmen ist.

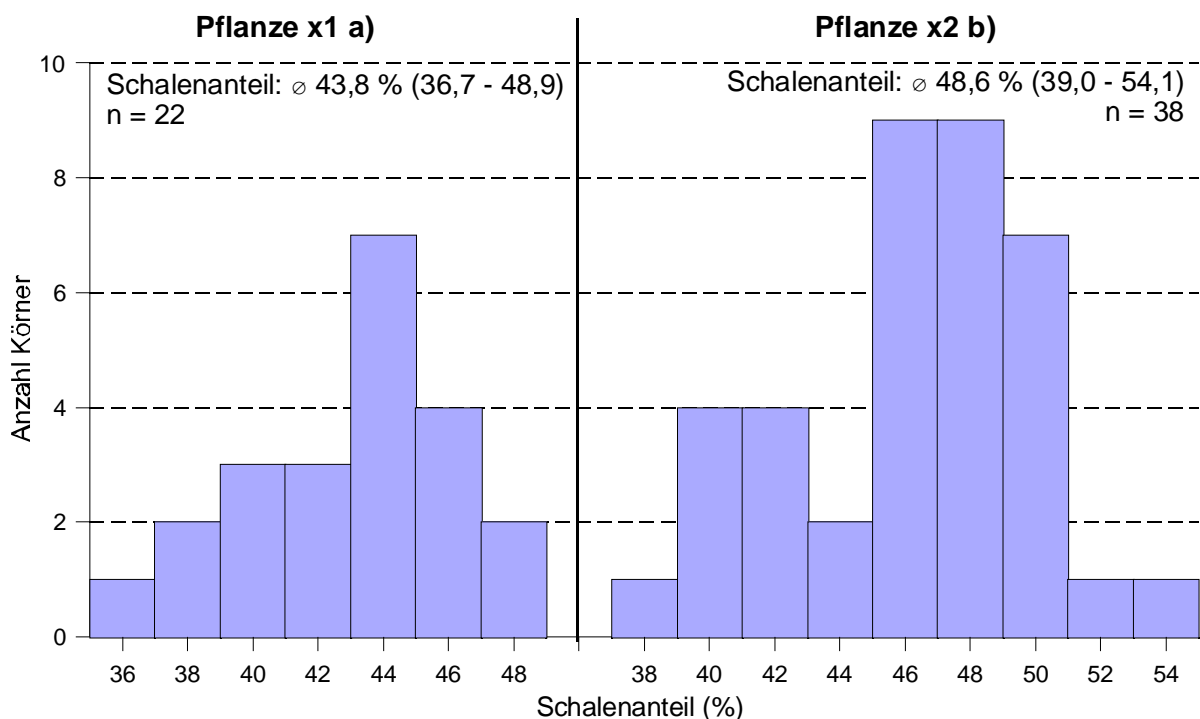


Abbildung 9: Häufigkeitsverteilung des Schalenanteils zweier Saflorpflanzen auf die einzelnen Klassen. Bei Pflanze x1 a) handelt es sich um ein homozygot dünnchaliges, bei Pflanze x2 b) um ein dickschaliges Individuum. Beide sind im Bestand in hohem Maße von umgebenden Pflanzen bestäubt worden. Das ist ein Fakt, der in Populationen aus dünn- und dickschali-

gen Saflortypen bei freier Abblüte immer wieder festzustellen ist und der jeglichen Erfolg bei der Selektion ölreicher Formen zunichte macht. Um das zu vermeiden, müssen Pflanzen entweder räumlich getrennt voneinander aufwachsen oder durch Isolation der Blüten unter Plastefolie an einer Kreuzbestäubung gehindert werden.

Die hohe Auskreuzungsrate ist aber auch nutzbar bei der Entwicklung experimenteller Hybriden, indem man zwei ölreiche und getrennt vermehrte Sorten gemeinsam abblühen lässt und das geerntete Saatgut im nächsten Jahr anbaut. Das ist aber nur sinnvoll, wenn ein merklicher Hybrideffekt zwischen den beiden Partnern des Systems vorhanden ist.

3.2 Ermittlung der Korrelation zwischen Schalenanteil und Ölgehalt

Die allgemeine Aussage, dass der hohe Ölgehalt moderner Saflorsorten in erster Linie durch deren niedrigen Schalenanteil gegenüber älteren Sorten bedingt ist, konnte, wie Abschnitt 3.1 zu entnehmen ist, in vollem Maße bestätigt werden, indem für die spanische Sorte ‚Sepasa‘ (Ölgehalt > 40 %) ein Schalenanteil von ca. 36 % und für die deutsche Sorte ‚Sabina‘ (Ölgehalt ca. 25 %) ein Schalenanteil von > 50 % ermittelt wurde. Die Ergebnisse sagen jedoch noch nichts darüber aus, wie eng diese Beziehung wirklich ist und ob sie ausreichend ist zur Selektion ölreicher Einzelpflanzen.

Zur Bestimmung der Korrelation zwischen Ölgehalt und Schalenanteil boten sich die EP aus den Mitscherlichgefäßen der Ernte 2006 an. Mit durchschnittlichen Erträgen von 20 g/Gefäß stand genügend Material für eine exakte Ölgehaltsbestimmung zur Verfügung. Gleichzeitig wiesen sie wider Erwarten eine genügende Variabilität hinsichtlich ihres Schalenanteils auf. Die Körner aller Pflanzen waren gut ausgebildet, wie die durchschnittliche Keimfähigkeit von 90 % (Schwankungsbreite 80 bis 100 %) ausweist. Eine Verfälschung der Ergebnisse durch eine unterschiedliche Anzahl mangelhaft ausgebildeter oder tauber Samen im Erntegut dürfte deshalb nicht allzu hoch sein. Der mittlere prozentuale Schalenanteil, an je ca. 30 Körnern bestimmt, schwankt bei den verwendeten 49 EP von 34,9 bis 56,0 %. Etwa um ein Viertel geringer ist der Unterschied im Ölgehalt der ölärmsten und ölreichsten Pflanze. Die Werte belaufen sich auf 23,0 bzw. 39,5 % (Tab. 7).

Tabelle 7: Schalenanteil und Ölgehalt der in Mitscherlichgefäßen kultivierten dünnsschaligen Einzelpflanzen, Dornburg 2006

Pflanzen-Nr.	Schalenanteil (%)	Ölgehalt (% TM)	Pflanzen-Nr.	Schalenanteil (%)	Ölgehalt (% TM)	Pflanzen-Nr.	Schalenanteil (%)	Ölgehalt (% TM)
1	45,8	28,5	18	46,3	26,3	34	47,1	29,3
2	50,7	25,3	19	47,4	31,9	35	46,9	32,0
3	47,9	30,7	20	50,5	26,3	36	52,6	30,5
4	51,1	23,4	21	50,6	26,5	37	34,9	35,7
5	44,4	32,7	22	54,4	24,9	38	38,6	36,4
6	47,0	31,2	23	47,9	28,7	39	39,6	32,6
7	43,4	32,6	24	56,0	24,1	40	36,0	39,5
8	49,3	29,2	25	44,0	32,8	41	41,2	36,2
9	50,5	29,0	26	44,8	33,9	42	40,3	37,1
10	50,7	23,4	27	43,8	30,6	43	42,0	34,7
11	52,7	26,3	28	51,1	27,0	44	46,9	30,1
12	50,8	24,6	29	46,1	29,7	45	42,9	32,8
13	50,1	29,2	30	47,9	30,6	46	50,3	29,0
14	49,1	27,4	31	50,0	27,7	47	44,4	32,8
15	45,4	32,6	32	54,0	23,0	48	43,8	32,5
16	52,5	28,2	33	39,9	36,4	49	37,5	35,3
17	47,9	33,0						

Die aus den Werten ermittelte Beziehung zwischen dem Schalenanteil und dem Ölgehalt ist mit $r = 0,88$ sehr eng, d. h., dass der Ölgehalt der Saflorsamen aus der Kreuzung ‚Sepasa‘ x Stamm ‚Bendeleben‘ (Abb. 10) zu ca. 80 % durch deren Schalenanteil bestimmt wird. Bei der grafischen Darstellung der Beziehung fällt auf, dass ein Teil der Einzelwerte sowohl nach oben als auch nach unten von der Regressionsgeraden abweicht. Das dürfte auf die bereits erwähnte unterschiedliche Keimfähigkeit, die durch eine unterschiedliche Anzahl hohler bzw. mangelhaft ausgebildeter Samen bedingt ist, zurückzuführen sein.

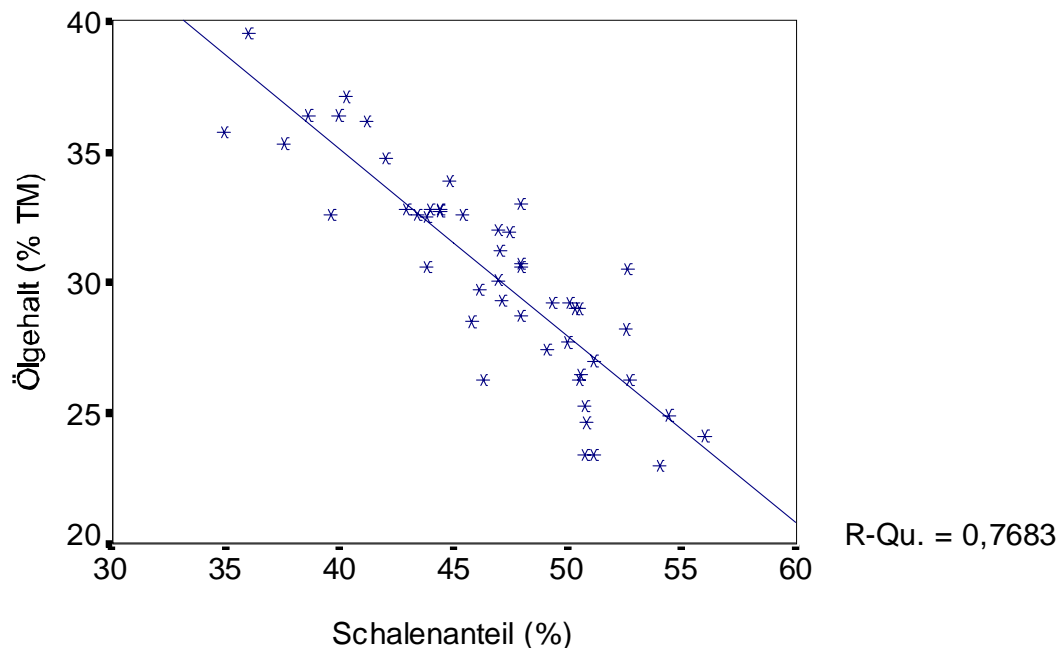


Abbildung 10: Korrelation zwischen Ölgehalt und Schalenanteil der in Mitscherlichgefäßen kultivierten Einzelpflanzen ($r = 0,88$, $B = 0,77$), Dornburg 2006

Ansonsten dürfte die hier dargestellte Regressionsgerade in „normalen“ Jahren eine gute Eichkurve zur Bestimmung des Ölgehaltes von Saflorproben durch Ermittlung deren Schalenanteils sein, wie sich aus Abbildung 11 ableiten lässt. In der Abbildung sind, neben der Regressionsgeraden, die Schalenanteile und Ölgehalte von 5 Saflorproben des Jahres 2003 und 12 Proben des Jahres 2006 eingetragen.

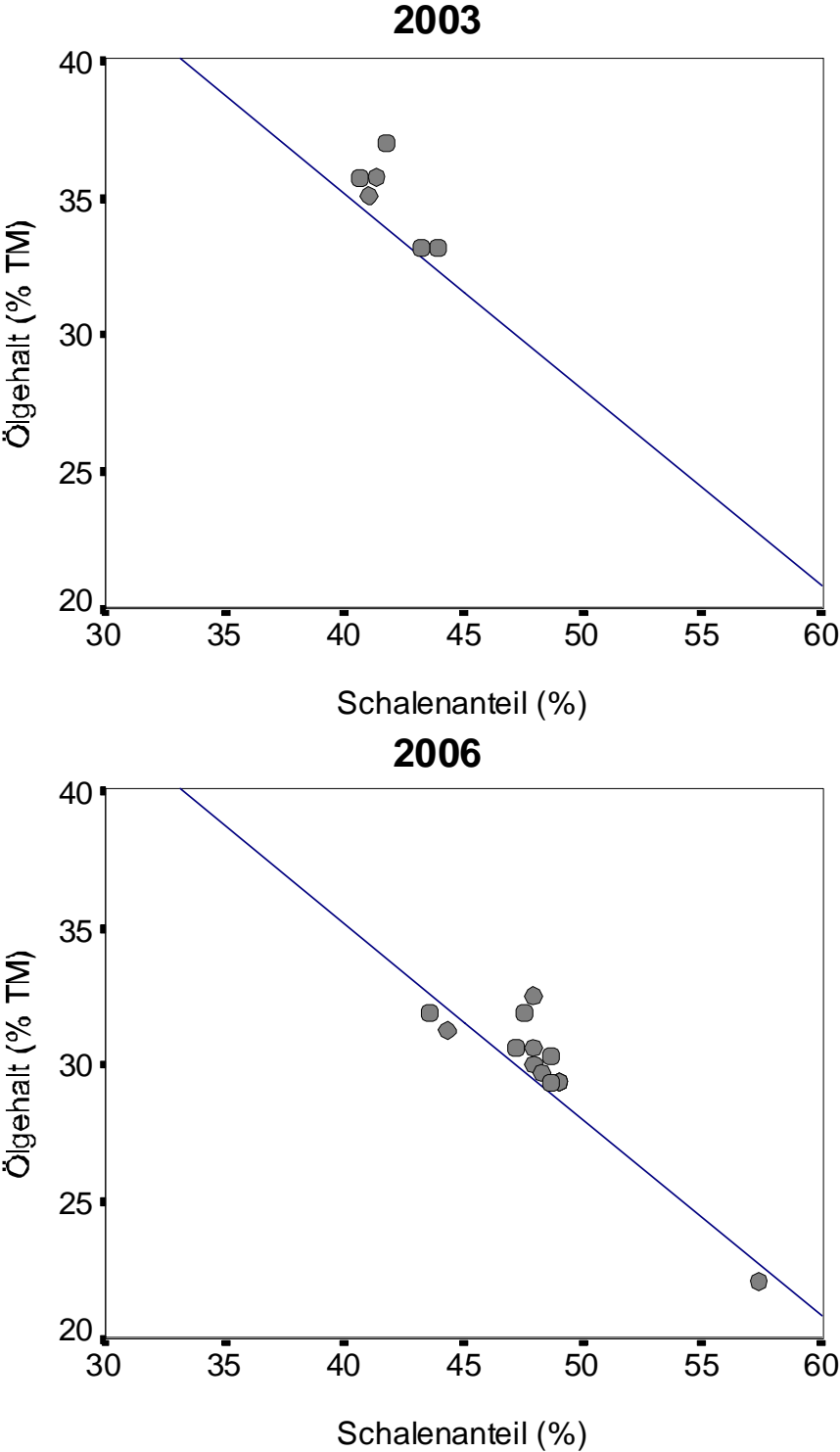


Abbildung 11: Ölgehalt und Schalenanteil von Saflorproben der Jahre 2003 und 2006

Wie man an den entsprechenden Werten der A-Wiederholung der Ertragsprüfung Dornburg 2007 erkennen kann, ist das in ungünstigen Jahren, wie 2007, nicht möglich (Abb. 12).

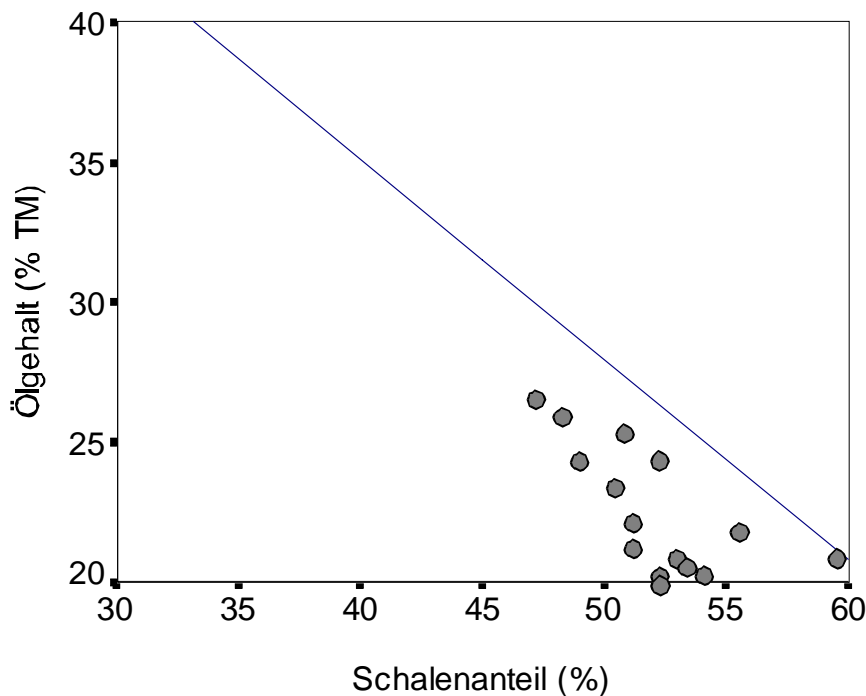


Abbildung 12: Ölgehalt und Schalenanteil von Saflorproben der Stammprüfung (A-Wdhg.), Dornburg 2007. Bis auf wenige Ausnahmen würden bei Anwendung der Regressionsfunktion wesentlich höhere Ölgehalte erhalten als sie tatsächlich im Erntegut bestimmt worden sind. Das ist darauf zurückzuführen, dass 2007 zum einen durch häufige Niederschläge während der Saflorblüte eine vollständige Befruchtung, bedingt durch den geringen Insektenflug, nicht möglich war und so eine beträchtliche Anzahl parthenokarper (= hohler) Samen gebildet wurde. Diese ließen sich nur unvollständig aus dem Saatgut herausreinigen. Zum anderen dürfte ein massiver Spätbefall mit Botrytis bei einigen Stämmen eine mangelhafte Samenausbildung bewirkt haben. Tatsächlich war die Keimfähigkeit aller Stämme mit 50 bis 60 % nur gering. Nur die Sorte ‚Sabina‘ erreichte in der untersuchten Probe eine Keimfähigkeit von 77 %. Mit 20,3 % in der TM war ihr Ölgehalt in der A-Wiederholung (\bar{x} aller 4 Wiederholungen = 18,7 %) aber dennoch um 4 bis 6 % niedriger als unter günstigen Bedingungen. Bei der Untersuchung der nichtgekeimten Körner hat sich gezeigt, dass ca. 80 % von ihnen hohl waren. Auch der Schalenanteil der ‚Sabina‘-Samen war 2007 um ca. 10 % höher als üblich.

Trotzdem sollte die Bestimmung des Schalenanteils an Einzelkörnern eine einfache und kostengünstige Methode zur Bestimmung des Ölgehaltes von Saflorproben und deren genetischer Konstitution (ölarml, öltreich, intermediär) sein. Um eine fundierte Aussage treffen zu können, kann man sich auf die Untersuchung weniger Körner beschränken. In Tabelle 8 sind die Werte von zwei beliebigen Linien der Jahre 2005 bis 2007 aufgeführt, die man erhält, wenn man die 10 oder 20 ersten und die gesamten Samen von zufällig ausgewählten Bestimmungsreihen zusammenfasst.

Tabelle 8: Mittelwert des Schalenanteils von 10, 20 und n Samen

Jahr		Schalenanteil (%) in		
		10 Samen	20 Samen	n Samen
2005	1. Linie	43,3	42,4	43,4 (n = 70)
	2. Linie	45,4	43,8	42,8 (n = 119)
2006	1. Linie	49,5	48,7	48,9 (n = 108)
	2. Linie	41,8	41,7	41,1 (n = 37)
2007	1. Linie	59,6	59,5	59,4 (n = 38)
	2. Linie	40,5	40,9	42,2 (n = 29)

Es ist ersichtlich, dass die Durchschnittswerte von 10 Samen sich meist nur um $< 2\%$ von denen einer 3- bis 12-mal größeren Anzahl unterscheiden, so dass die Bestimmung des Schalenanteils von 10 zufällig ausgewählten Samen für die Charakterisierung einer Proben durchaus ausreichen sollte.

3.3 Versuche zur Etablierung öl- und krankheitstoleranter Stämme

3.3.1 Selektion von Einzelpflanzen

Die Bestimmung des Schalenanteils an ca. 30 Körnern von Einzelpflanzen aus einem umfangreichen Kreuzungsramsch schien zunächst eine einfache Methode, ölreiche und botrytintolerante Formen zu selektieren, indem hoch krankheitsanfällige Formen, wie z. B. selbstbestäubte ‚Sepasa‘-Pflanzen sich selbst eliminieren sollten oder wegen ihres ansonsten geringen Kornertrages nicht weitergeführt werden (s. Pkt. 2). Die Bestimmung des Schalenanteils an mehr als 500 Einzelpflanzen der feldmäßig angebauten F_2 -Generation erbrachte die in Abbildung 13 dargestellten Ergebnisse.

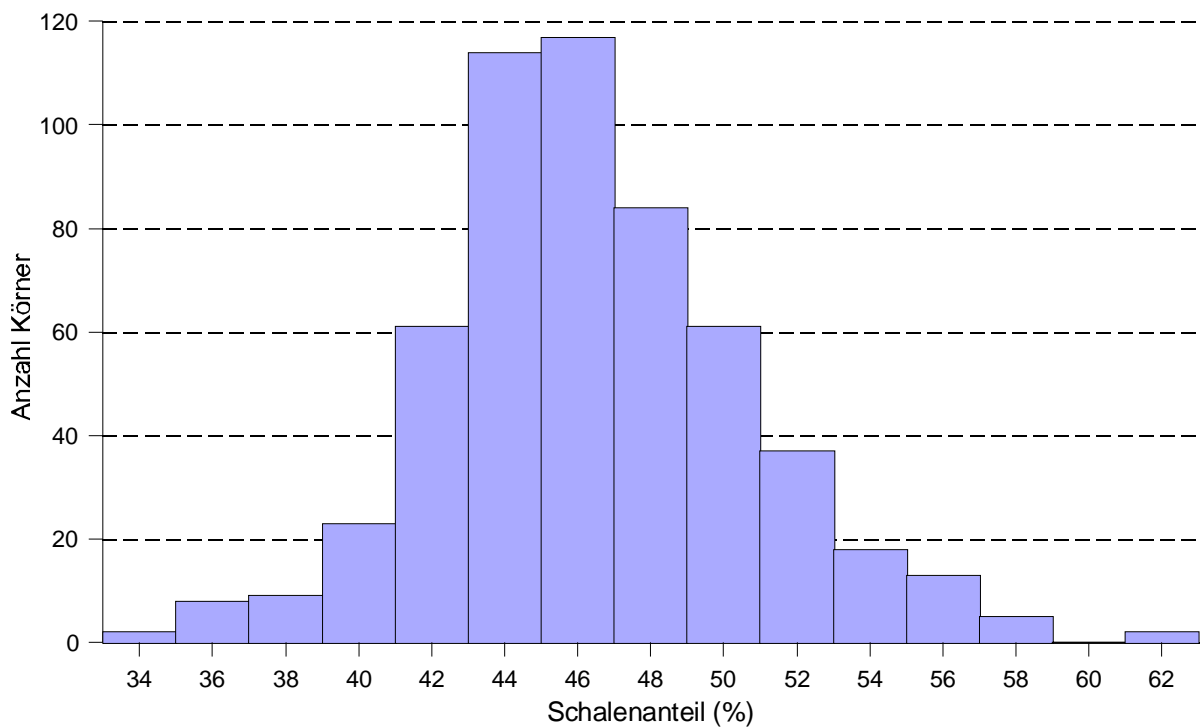


Abbildung 13: Schalenanteil von 554 EP der vorhandenen Stämme

Von den 554 Pflanzen wiesen 20 Pflanzen einen Schalenanteil von $\leq 40\%$ auf. Um eine breitere Selektionsbasis zu haben, wurden weitere 48 Pflanzen mit Schalenanteilen von $< 41\%$ für den weiteren Anbau ausgewählt. Es war zwar vorhersehbar, dass der Ölgehalt der gesamten EPN nur im mittleren Bereich liegen würde, aber andererseits auch noch genügend weitgehend dünnchalige Pflanzen liefern könnte, die nach ihrer Identifizierung zu einem erneuten Stammaufbau nutzbar wären.

Nach einer isolierten Zwischenvermehrung wurden 18 der 20 Pflanzen mit einem Schalenanteil $\leq 40\%$ 2003 erstmals in einer exakten Prüfung auf Ertrag und Ölgehalt untersucht. Ertrag, Krankheitstoleranz (höchstens 3 Pflanzen/Parzelle wiesen Befallssymptome auf, während die als Rand gedrillte ursprüngliche Population bis zu 15 % befallene Pflanzen enthielt) und Homogenität (70 % aller Prüfglieder waren homogen) erfüllten die Erwartungen. Der Ölgehalt erreichte nur bei einigen Stämmen die erwartete Höhe. Er lag zwischen 30,8 und 37,6 % TM ($\bar{\varnothing}$ 33,5 % in der TM).

Werden die besten Stämme nachgebaut, weist das Erntegut des Nachbaus wider Erwarten einen höheren Schalenanteil und damit einen niedrigeren Ölgehalt auf, wie das Beispiel des besten Stammes 2003 zeigt (Abb. 14).

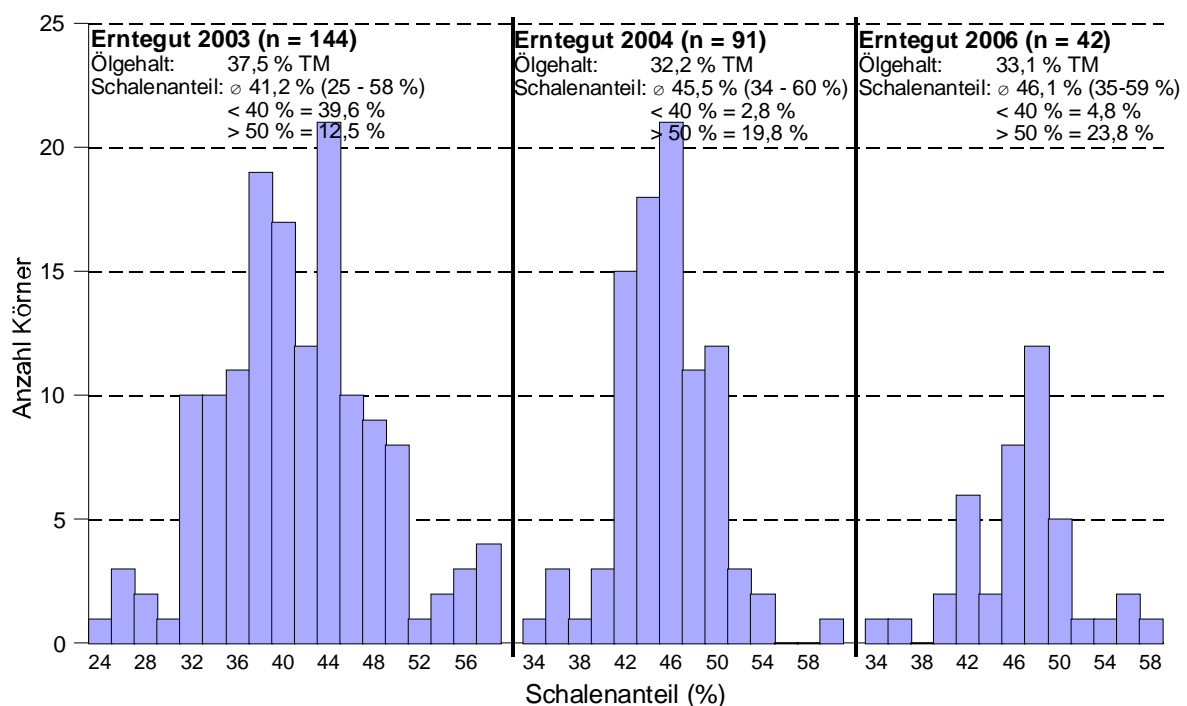


Abbildung 14: Schalenanteil des Erntegutes des Stammes 15b im Jahr 2003 sowie im Nachbau 2004 bzw. 2006

Während im ersten Anbaujahr noch knapp 50 % der Saflorsamen dünnchalig waren, war ihr Anteil im Erntegut beider Nachbaujahre (jeweils mit dem Erntegut 2003) nahezu bedeutungslos. Dickschalige Samen fanden sich dagegen in weitaus größerem Umfang als beim Ausgangsmaterial. Auch bei fünf weiteren Stämmen konnten ähnliche Tendenzen festgestellt werden (Abb. 15 bis 19).

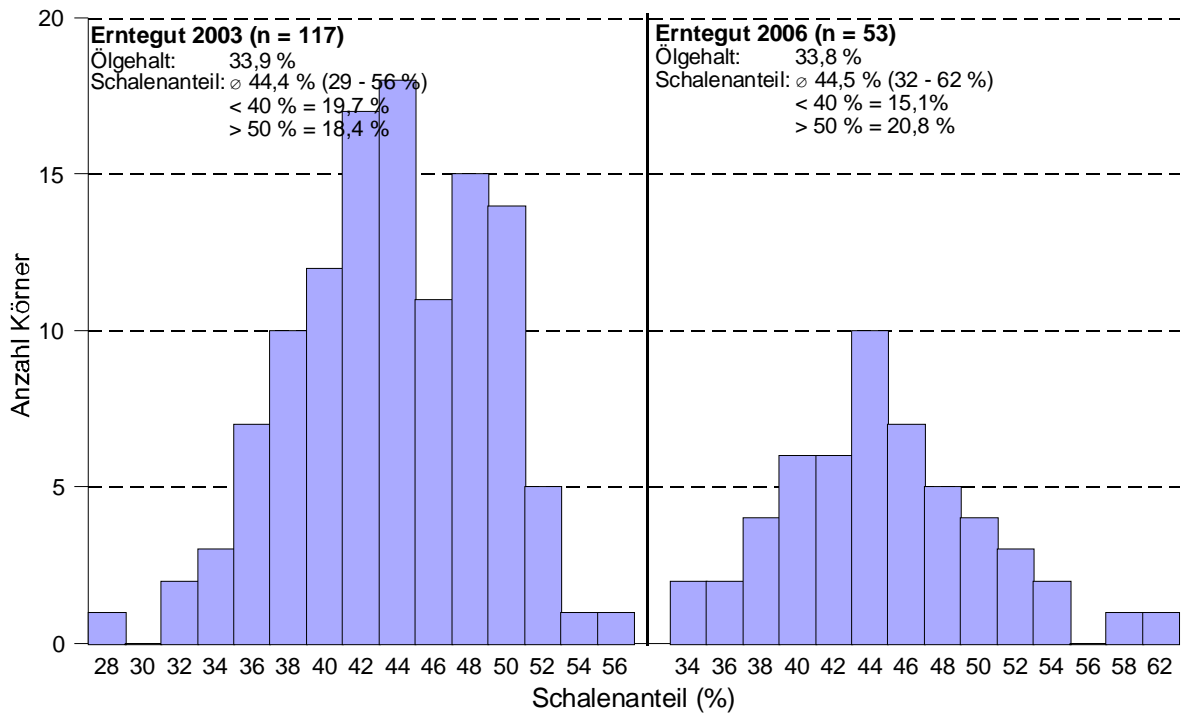


Abbildung 15: Verteilung des Schalenanteils des Stammes ‚3ni‘ im Erntematerial 2003 und 2006

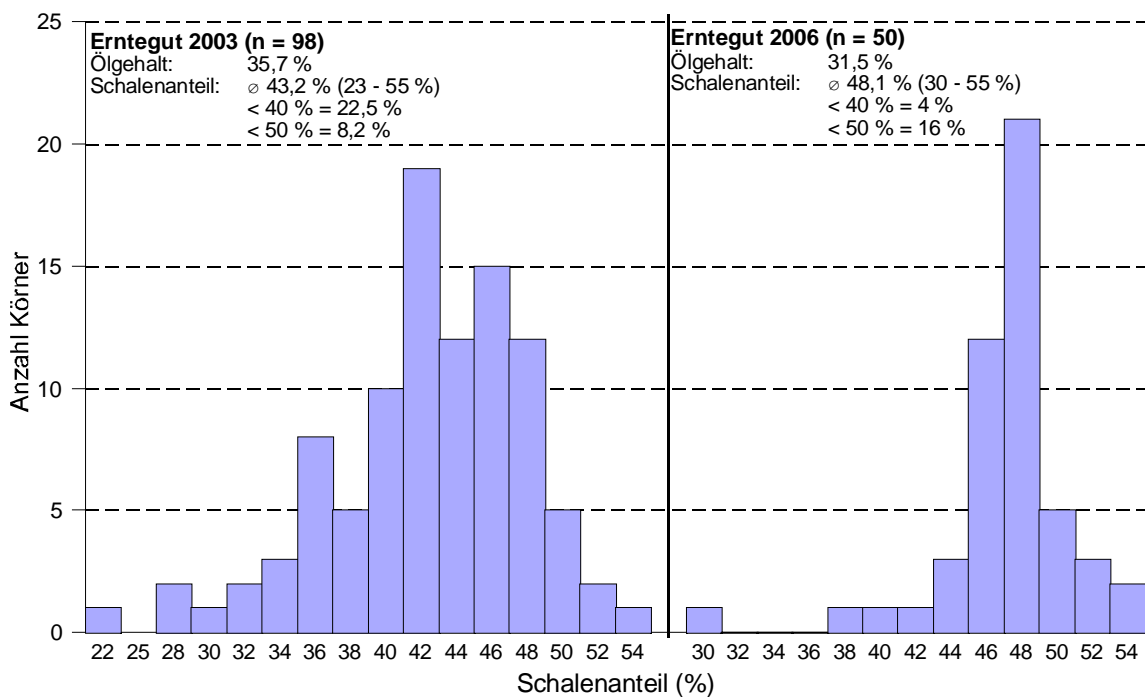


Abbildung 16: Verteilung des Schalenanteils des Stammes ‚Lie 03‘ im Erntematerial 2003 und 2006

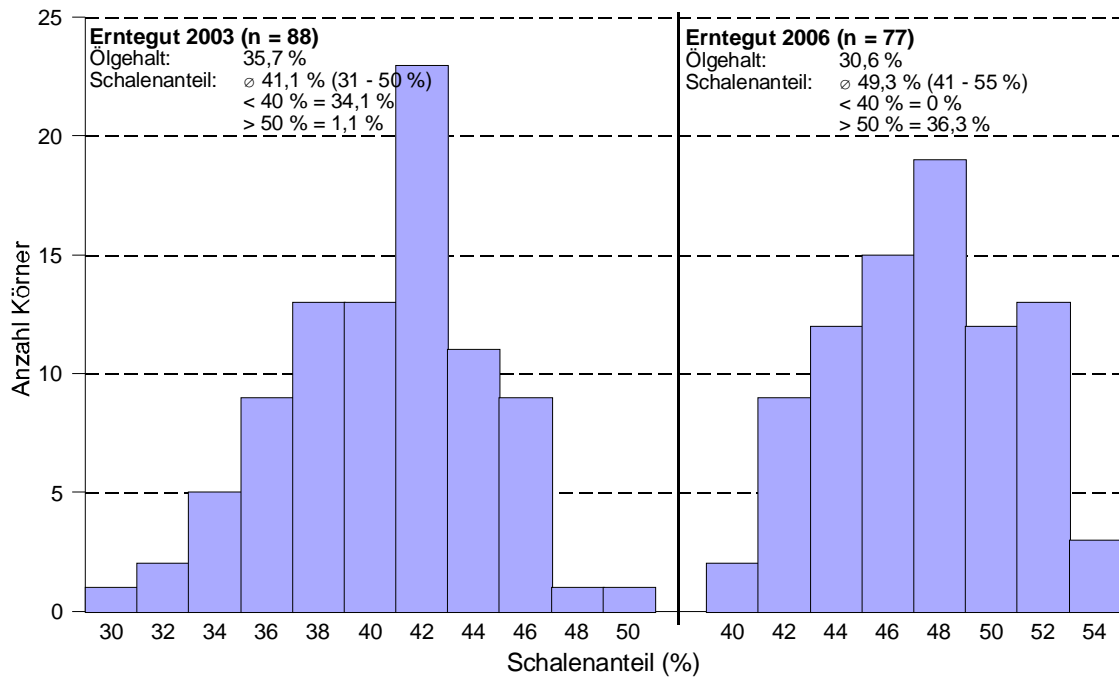


Abbildung 17: Verteilung des Schalenanteils des Stammes ,13C' im Erntematerial 2003 und 2006

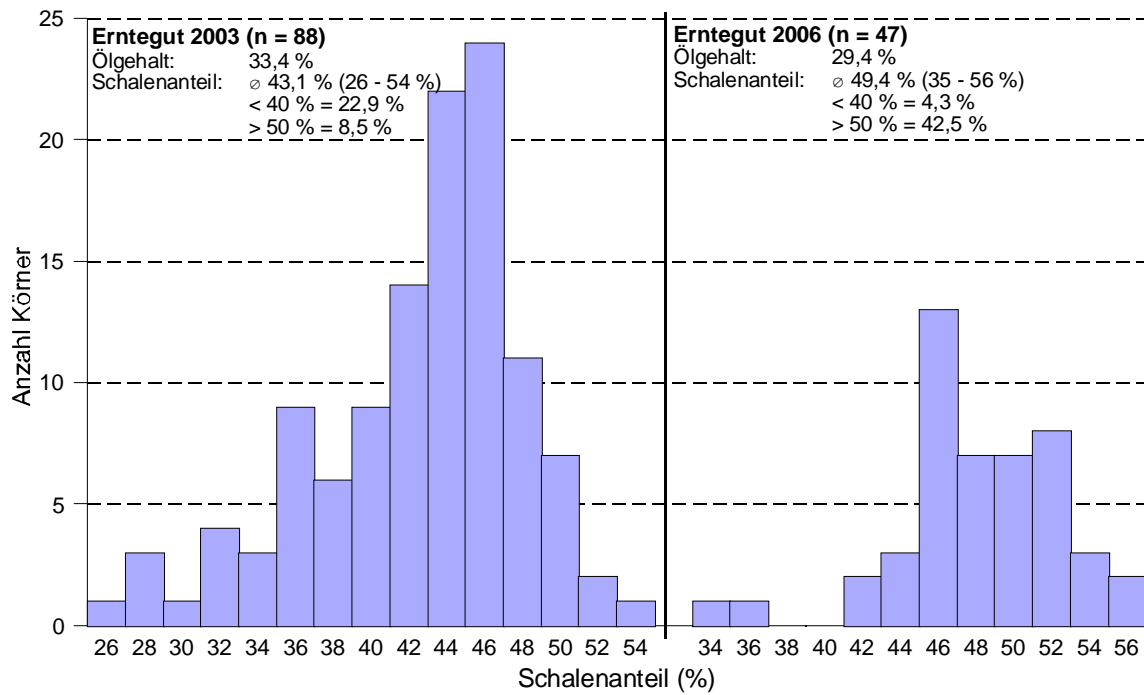


Abbildung 18: Verteilung des Schalenanteils des Stammes ,15A' im Erntematerial 2003 und 2006

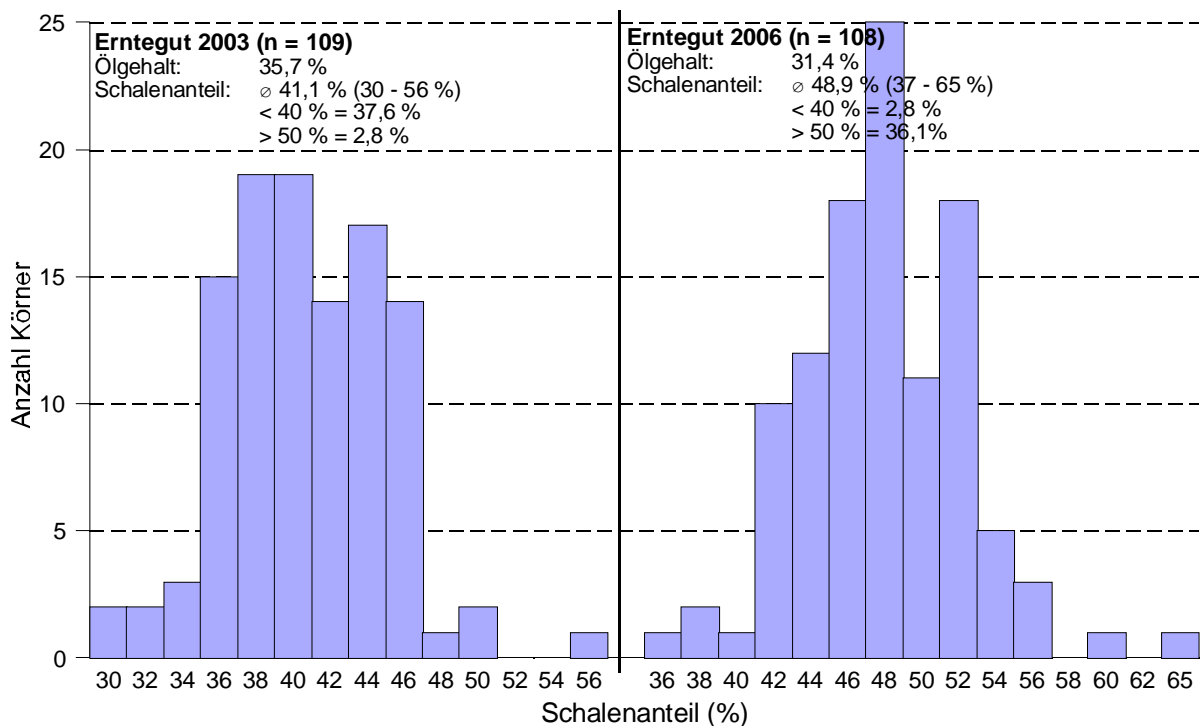


Abbildung 19: Verteilung des Schalenanteils des Stammes ‚15C‘ im Erntematerial 2003 und 2006

Ob sich die beobachtete Tendenz mit dem nächsten Anbau fortsetzen würde, wurde nicht untersucht und das Saatgut verworfen. Eine Erklärungsmöglichkeit für das beschriebene Verhalten der Stämme ist schwierig. Vielleicht reagieren dünnchalige Samen empfindlicher gegenüber mechanischen Belastungen beim Mähdrusch als dickschalige. Letztere sind bei freier Abblüte immer im Saatgut von Pflanzen mit insgesamt sehr niedrigen Schalenanteilen enthalten. Damit ergibt sich, dass die Auslese von EP aus einem freiabblühenden Bestand zur Etablierung hochöhaltiger Stämme nicht möglich ist. Nicht nur, dass man von vornherein einen Teil des möglichen Ölgehalts verschenkt, es ist auch mit Schwierigkeiten beim Nachbau zu rechnen.

3.3.2 Auslese dünnchaliger Einzelkörner und Anzucht der schalenlosen Samen in Mitscherlichgefäßen

Nachdem sich bei Vorversuchen gezeigt hatte, dass ein beträchtlicher Teil der Saflorkerne durchaus noch keimfähig und zur Anzucht von Pflanzen geeignet ist, wurden 2005 zunächst ca. 1.000 Einzelkörner aus dem Saatgutramsch von 12 Stämmen auf ihren Schalenanteil untersucht. Das Ergebnis ist in Abbildung 20 dargestellt.

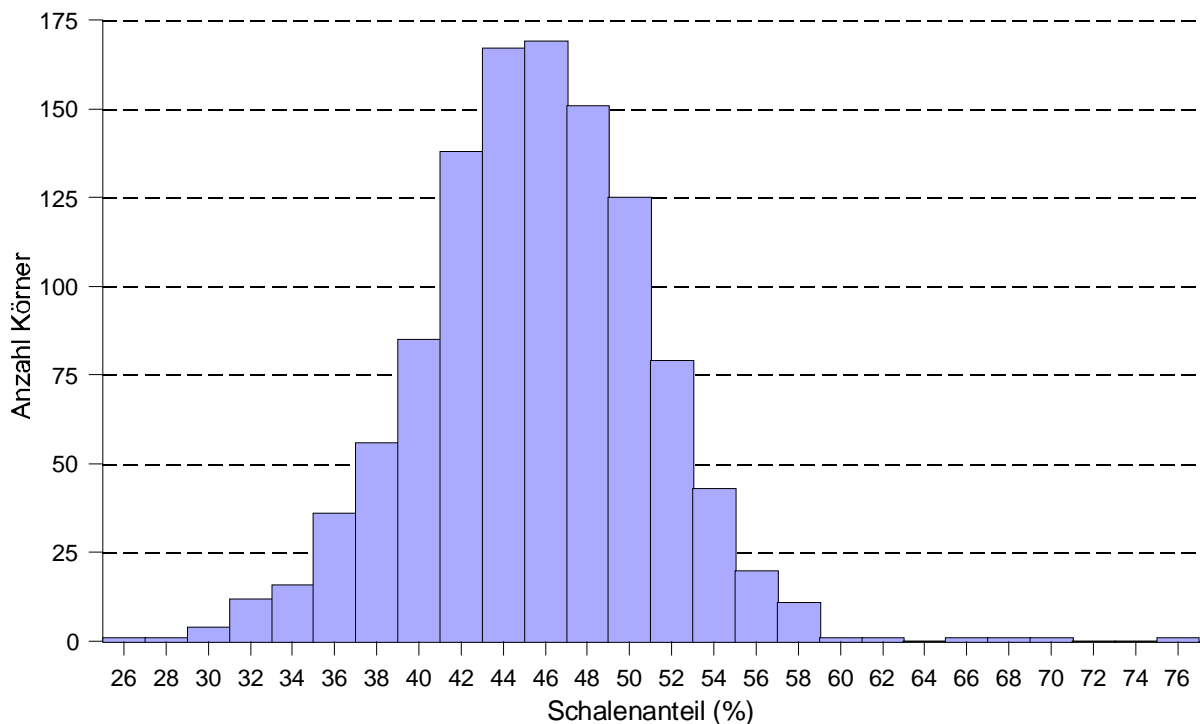


Abbildung 20: Schalenanteil von 969 Einzelkörnern des Saatgutrammsches des Jahres 2004

Es ist ersichtlich, dass die Anzahl der „sicheren“ dünnchaligen Samen (Schalenanteil < 38 %) mit 70 Körnern (= 7,6 %) relativ gering ist. Um nicht von vornherein mit einer zu geringen Zahl von Pflanzen arbeiten zu müssen, wurden die Körner der Schalenanteilklassen 38 % und 40 % für den Nachbau mit herangezogen.

Die 211 selektierten schalenlosen Früchte kamen im Gewächshaus in käuflicher Anzuchterde zur Aussaat. Aus ihnen entwickelten sich 67 Pflanzen (= 31,8 % der ausgesäten Körner), die später herkunftswise zu dritt in Mitscherlichgefäße umgepflanzt wurden. Die Aufstellung der Mitscherlichgefäße erfolgte im Freien und kurz vor der Blüte die Isolierung jedes Gefäßes mit einem Crispac-Beutel mit Super-Mikrolochung. Zur Reife wurde jede Pflanze einzeln geerntet und aufgearbeitet. Die Isolation wirkte sich sehr negativ auf die Anzahl und die Qualität der erzeugten Samen aus. Saflor bildet zwar unter Isolation sicher Samen aus, es sind aber immer nur 1 bis 2 Samen je Blütenköpfchen, die zudem nur eine geringe Keimfähigkeit (ca. 20 %) und einen erhöhten Schalenanteil aufweisen. Eine sichere Identifikation reinerbig dünnchaliger Individuen war deshalb nur bedingt möglich. Außerdem zeigte sich beim Fortgang der Arbeiten, dass die Selektionsgrenze von < 42 % Schalenanteil sicher viel zu hoch gewählt worden war und nach Möglichkeit Kerne mit einem Schalenanteil von < 38, besser vielleicht sogar 36 % für diesen Anbau hätten ausgewählt werden sollen. Beim Nachbau stellte sich heraus, dass lediglich zwei Pflanzen ausschließlich dünnchalige Samen aufwiesen.

3.3.3 Selektion von dünnchaligen Einzelkörnern

Ein Ausweg aus dieser misslichen Situation schien die einzelkornweise Anzucht schalenloser, zuvor als hochölhaltig identifizierter Samen in Mitscherlichgefäßen zu sein. Um die Nachteile einer Isolation zu vermeiden, aber dennoch eine gegenseitige Bestäubung der Pflanzen der einzelnen Gefäße zu vermeiden, sollten diese bis zur Blüte gemeinsam heranwachsen, dann aber räumlich streng voneinander isoliert abblühen, um danach wiederum gemeinsam abzureifen.

Im Jahr 2006 waren es 280 Pflanzen, die auf diese Art und Weise herangezogen wurden. Das Saatgut dafür lieferten 20 verschiedene Stämme. Je Stamm wurde von mindestens 100 Körnern der Schalenanteil bestimmt und so ca. 900 Saflorkerne mit einem Schalenanteil < 38 % zur Aussaat gewonnen. Im Allgemeinen ist damit zu rechnen, dass höchstens 40 % von ihnen zu Pflanzen heranwachsen. Die von der Schale befreiten Kerne der Samen mit geringem Schalenanteil wurden Anfang März im Gewächshaus ausgesät. Anfang April in Mitscherlichgefäße gepflanzt und anschließend im Freiland aufgestellt, entwickelten sich die Einzelpflanzen sehr gut. Die frühesten Typen begannen Anfang Juli, die spätesten Mitte Juli zu blühen. Die Samenreife erreichten die Pflanzen Anfang September. Fast alle Gefäße brachten gute bis sehr gute Kornerträge, wie man am Beispiel des Stammes 15C/3 ersehen kann (Tab. 9). Dieser Stamm ist wegen der überdurchschnittlichen Anzahl Körner, aus denen sich Pflanzen entwickelten und der Repräsentanz der Werte für die restlichen Gefäße ausgewählt worden.

Tabelle 9: Erträge der Einzelpflanzen des Stammes 15C/3 in Mitscherlichgefäßen, Dornburg 2006

Pflanze	Kornertrag (g)	Pflanze	Kornertrag (g)	Pflanze	Kornertrag (g)
15C/1	24,9	15C/10	22,0	15C/16-1	23,0
15C/3	16,7	15C/10-1	13,8	15C/19	17,3
15C/4-1	22,3	15C/11	26,2	15C/20	29,1
15C/4-2	20,6	15C/11-1	24,6	15C/21	19,1
15C/5	16,1	15C/12	19,8	15C/22	16,4
15C/5-1	21,6	15C/12-1	31,9	15C/24	19,0
15C/7	20,5	15C/13	24,8	15C/26	23,6
15C/8	22,2	15C/14	21,0	15C/28	22,0
15C/9-1	25,0	15C/16	18,8	15C/29	29,1
15C/9-2	15,0				
\bar{x}			21,7		

Die im Durchschnitt aller Gefäße geernteten ca. 22 g entsprechen einem Ertrag von 45 dt/ha. Das ist ein Wert, der sich unter optimalen Bedingungen auch im ökologischen Landbau realisieren lassen sollte. Tatsächlich ist das Ertragspotenzial des Saflors aber noch beträchtlich höher, wie 31,9 g (= 65 dt/ha) in einem Mitscherlichgefäße zeigt.

Als nicht so erfolgreich erwiesen sich die Bemühungen, eine Kreuzbestäubung der einzelnen Gefäße durch räumlich isoliertes Abblühen zu verhindern, wie Abbildung 21 zeigt, auf der die 49 Pflanzen, die zur exakten Ermittlung der Beziehung Schalenanteil : Ölgehalt genutzt wurden, geordnet nach aufsteigendem Ölgehalt auf der Abszisse, die Schalenanteile auf der Ordinate abgetragen worden sind. Gleichzeitig ist die Schwankungsbreite bei den Einzelkörnern jeder Pflanze eingetragen.

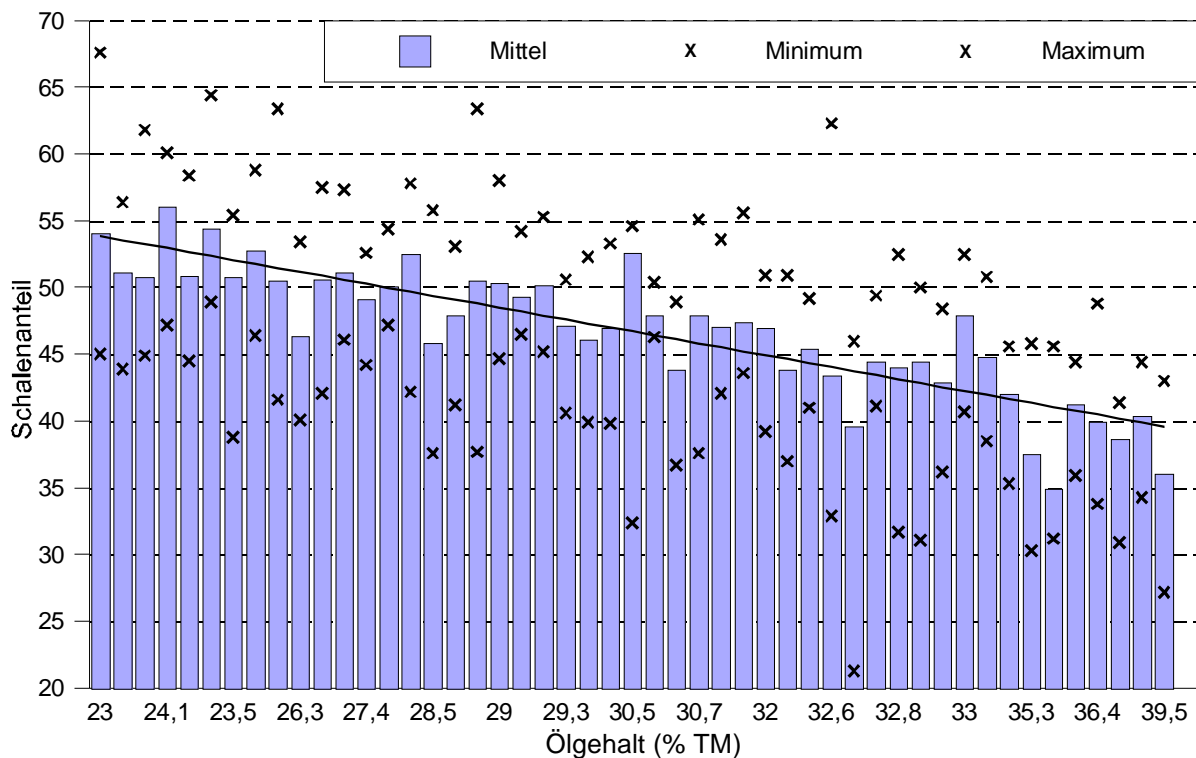


Abbildung 21: Ölgehalt und Schalenanteil sowie dessen Schwankungsbreite bei Safloreinzelpflanzen, Anbau in Mitscherlichgefäßen 2006

Es zeigt sich, dass alle der hier ausgewerteten Gefäße, wenn auch in unterschiedlich starkem Maße, kreuzbestäubt waren. Die ölrärmeren Pflanzen auf der linken Seite der Grafik sind aus dickschaligen, die ölrreichsten auf der rechten Seite aus dünnchaligen Körnern aufgewachsen. Die Schwankungsbreite zwischen dem Schalenanteil des dünn- und dickchaligsten Kornes eines Gefäßes ist meist $< 15\%$, wobei bei den ersteren die Obergrenze, bei den letzteren die Untergrenze bei jeweils etwa 45% liegt. Deutlich höher ist die Schwankungsbreite des Schalenanteils der Einzelkörner eines größeren Teils der Pflanzen mit mittlerem Ölgehalt. Bei ihnen dürfte es sich um heterozygote Typen gehandelt haben.

Insgesamt hat sich bei einer groben Einschätzung der gesamten 280 Pflanzen gezeigt, dass ca. 45% von ihnen aus dünnchaligen, 25% aus dickschaligen und die restlichen 30% aus intermediären (heterozygoten) Kernen aufwuchsen. Damit sind nicht einmal die Hälfte der untersuchten Samen bei der Selektion richtig eingeschätzt worden. Etwas überraschend ist der sehr hohe Anteil homozygot dickschaliger Individuen. Er lässt sich aber bei der großen Schwankungsbreite des Schalenanteils einzelner Körner auch bei dickschaligen Homozygoten offenbar nicht ausschließen.

Dennoch dürfte die Identifizierung von Samen mit niedrigem Schalenanteil und deren Anzucht in Mitscherlichgefäßen eine mögliche Methode sein, um von einem Saflorstamm, der in Bezug auf seinen Ölgehalt noch spaltet, ausschließlich dünnchaliges, ölrreiches Saatgut in beträchtlichem Ausmaß zu gewinnen. Voraussetzung ist dabei nur, eine absolut isolierte Abblüte zu garantieren, d. h. die Anzahl der Gefäße je Stamm auf maximal fünf zu beschränken. Das ist 2007 geschehen. Es wurden nur insgesamt 40 Einzelkörner aus acht verschiedenen Stämmen angebaut. Gleichzeitig wurde eine Selektionsgrenze $< 36\%$ Scha-

lenanteil festgelegt. Im Gegensatz zu den sehr günstigen Bedingungen mit trockenem und sonnigem Wetter sowie lebhaftem Insektenflug während der Blühperiode 2006 herrschte 2007 ständig wechselndes Wetter mit sonnigen und regnerischen Abschnitten sowie geringem Insektenflug, was letztendlich zu einer mangelhaften Befruchtung führte. Die Erträge lagen je Mitscherlichgefäß deshalb in 2007 nur zwischen 2,0 und 7,5 g. Eine Kreuzbestäubung scheint jedoch nicht vorgekommen zu sein.

Alles in allem dürfte trotz der nicht befriedigenden Ergebnisse des Jahres 2007 der Anbau von Einzelpflanzen in Mitscherlichgefäßen und deren räumlich isolierte Abblüte eine durchaus geeignete Methode zur Selektion homozygoter dünnschaliger Saflortypen sein. Gleichzeitig sind dadurch beträchtliche Saatgutmengen erzeugbar, die bereits im Folgejahr in einer orientierenden Feldprüfung zum Anbau kommen können. Wichtig ist, die Gefäße während der Blüte sicher räumlich voneinander zu trennen. Zur Verbesserung der Selektionschancen ist die oberste Selektionsgrenze der Einzelkörner bezüglich des Schalenanteils auf 35 % festzulegen und extrem kleine Samen, die einen hohen Kerngehalt haben können, sollten vor der Bestimmung aus dem Saatguttramsch entfernt werden.

3.3.4 Abblüte des Saflors unter Isolation

Eine Möglichkeit zur Verhinderung von Kreuzbestäubung besteht in der Isolation der Blütenköpfchen kurz vor der Blüte. Dazu sind in den drei Versuchsjahren 2005 bis 2007 je ca. 50 vorselektierte Einzelpflanzen auf dem Feld im Abstand von 30 x 30 cm nachgebaut und ca. 20 Blütenköpfchen von 20 Pflanzen je Einzelpflanzennachkommenschaft mit Crispac-Tüten mit Super-Mikrolochung isoliert worden. Es wurde darauf geachtet, dass immer noch mehrere Blütenköpfchen unisoliert blieben. Im Jahr 2005 wurden nur die isolierten Pflanzen, 2006 und 2007 die gesamte Parzelle jeder Nachkommenschaft einzelpflanzenweise geerntet. Der Drusch und die Aufbereitung des Erntegutes erfolgte ebenfalls einzelpflanzenweise.

Saflor ist ein weitgehender Fremdbefruchter mit nur geringer Selbstbefruchtungsneigung. Wenn durch Isolation auf Selbstbefruchtung orientiert wird, ist von vornherein nur ein geringer Kornansatz zu erwarten, was tatsächlich immer der Fall war. Mehr als 100 Körner/20 Blütenköpfchen kamen selten vor, meist waren es nur 30 bis 50. Diese besitzen im Allgemeinen nur eine geringe Keimfähigkeit von 20 bis 40 %, obgleich unter Isolation gewonnene Samen 1,5- bis 3-mal so schwer sind wie die nach freier Abblüte erhaltenen Samen (Tab. 10). Im Extremfall können einzelne Körner mehr als 90 mg wiegen (Tab. 11).

Tabelle 10: Vergleich der durchschnittlichen Kornmasse (mg) von isoliert und nicht isoliert erzeugten Saflorsamen (\emptyset -Werte von > 20 Körnern einer Pflanze)

Herkunft	ES	7-9-4	10C-14	13-23	6-8	15B-9
Isoliert	41,4	42,7	49,4	50,2	43,5	53,5
von – bis	33,6 – 57,5	31,8 – 50,0	39,1 – 56,5	38,2 – 65,9	38,3 – 51,9	48,5 – 57,9
Nicht isoliert	33,7	27,7	24,8	29,3	27,1	33,2
von – bis	15,8 – 47,0	20,0 – 36,1	20,0 – 27,9	19,7 – 35,6	18,8 – 33,0	16,6 – 43,3

Tabelle 11: Kornmasse und Schalenanteil von Samen zweier Saflorpflanzen nach Isolation der Blütenköpfchen

Pflanze 1		Pflanze 2	
Korngewicht (mg)	Schalenanteil (%)	Korngewicht (mg)	Schalenanteil (%)
83,1	69,6	73,6	44,0
62,1	71,6	97,8	48,9
58,7	67,5	39,5	43,8
63,9	69,8	34,0	47,1
		74,0	44,3
		38,3	52,6
		85,5	44,8
		40,0	45,0
		42,9	45,2

Die Gewichtszunahme resultierte vor allem aus einem höheren Schalenanteil, der 10 bis 15 % höher lag als normal. Das dürfte auch bei der 2. Pflanze der Falle sein, die aus einem dünnschaligen Samenkorn aufgewachsen sein sollte.

Der geringe Samenansatz nach Isolation macht eine direkte Ölgehaltsbestimmung schwierig. Hinzu kommt, dass Saflor eine Neigung zur Parthenokarpie besitzt (K. v. KURSELL, Zuchtarbeiten an der neuen Ölpflanze Saflor, Pflanzenbau 15 (12), S. 467, Leipzig 1939). Die parthenokarp entstandenen Früchte sind meist hohl bzw. besitzen nur einen mangelhaft ausgebildeten Kern. Eine direkte Ölgehaltsbestimmung in unter Isolation erzeugten Saflorsamen ist deshalb auch wenig aussagekräftig. Auch eine Bestimmung des Schalenanteils an den im Erntegut zu ca. 20 % vorhandenen gut ausgebildeten Körnern führt meist nicht zum Erfolg. Um dennoch Aussagen über den genetischen Status hinsichtlich der Schalendicke treffen zu können, sollte nur ein Teil der Blütenköpfe einer Pflanze isoliert werden und die restlichen sollten frei abblühen. An den Samen der nicht isolierten Köpfchen wird dann der Schalenanteil bestimmt. Wenn bei ca. 15 bis 20 Körnern keines einen solchen von ≥ 50 % aufweist, kann geschlossen werden, dass es sich mit hoher Wahrscheinlichkeit um eine Pflanze handelt, die aus einem dünnschaligen, ölreichen Samen aufgewachsen ist. Wird Fremdbefruchtung durch Isolation verhindert, sollten die Nachkommen natürlich wieder dünnschalig sein. Diese Erwartung konnte vollauf bestätigt werden. Der Nachbau mehrerer Samen von Saflorpflanzen, die 2005 das genannte Kriterium erfüllten, 2006 in Mitscherlichgefäßen einzelkornweise ausgesät, ergab ausschließlich Pflanzen mit dünnschaligen Samen (Abb. 22 und 23, Tab. 12 und 13).

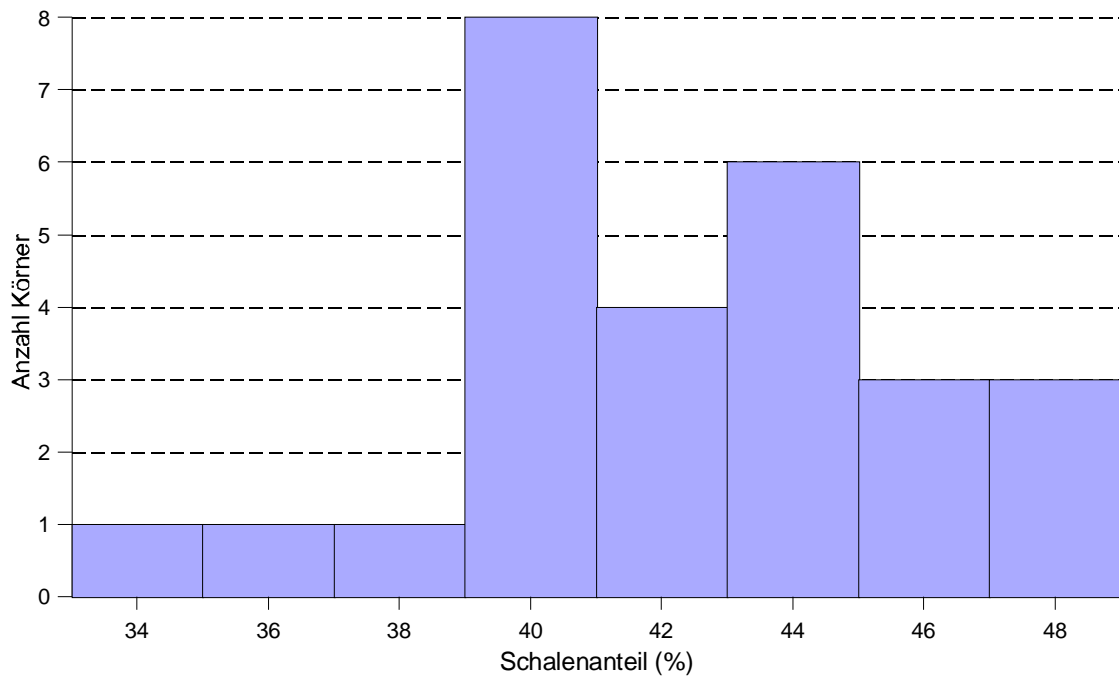


Abbildung 22: Verteilung des Schalenanteils der Pflanze 14C-14-5 (2005), bestimmt an den Samen nicht isolierter Blütenköpfchen

Tabelle 12: Mittelwert und Schwankungsbreite des Schalenanteils sowie Ölgehalt einzelner Pflanzen 2006, die aus den unter Isolation erzeugten Samen der Pflanze 14C-14-5 (2005) aufgewachsen sind

Nachbau 2006	Schalenanteil (%)		Ölgehalt (% TM)
	\bar{x}	Schwankungsbreite	
14C-14-5i/2	36,8	27,2 – 43,0	39,5
14C-14-5i/3	41,2	32,9 – 49,6	36,2
14C-14-5i/6	40,3	34,3 – 44,4	37,1
14C-14-5i/8	41,0	34,1 – 45,8	n. b.
14C-14-5i/9	42,8	35,0 – 47,4	n. b.

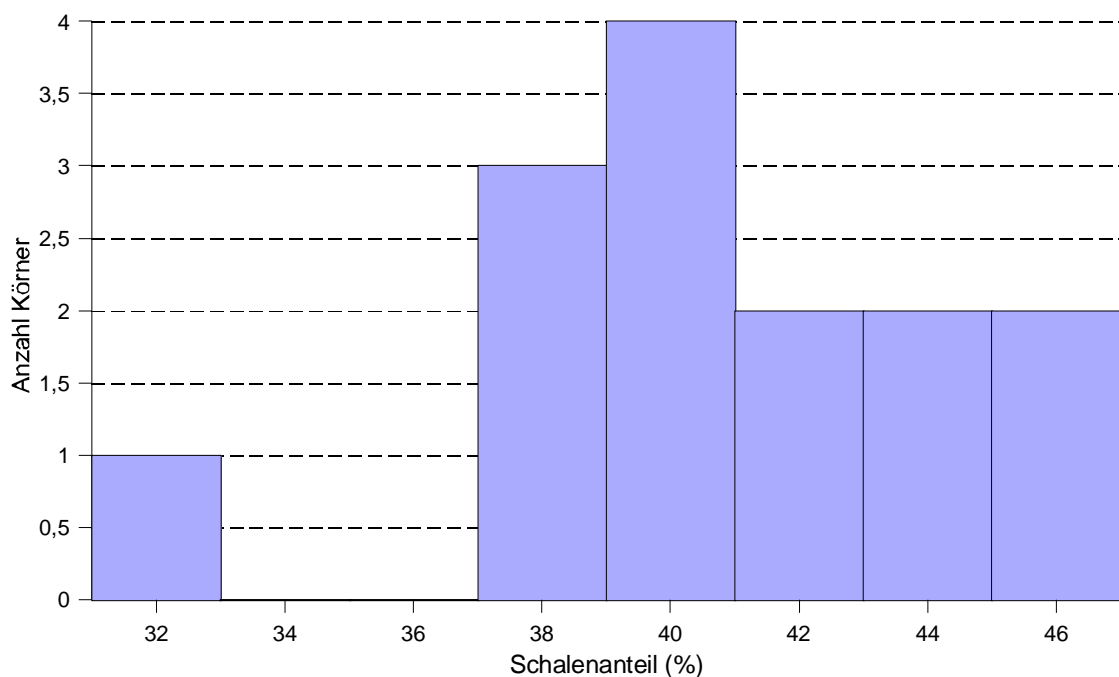


Abbildung 23: Verteilung des Schalenanteils der Pflanze 15B-9I-1 (2005), bestimmt an den Samen nicht isolierter Blütenköpfchen

Tabelle 13: Mittelwert und Schwankungsbreite des Schalenanteils sowie Ölgehalt zweier Pflanzen 2006, die aus den unter Isolation erzeugten Samen der Pflanze 15B-9I-1 (2005) aufgewachsen sind

Nachbau 2006	Schalenanteil (%)		Ölgehalt (% TM)
	\bar{x}	Schwankungsbreite	
15B-9I-1i/1	41,2	34,5 – 46,7	n. b.
15B-9I-1i/8	42,0	35,3 – 45,6	34,7

Kein Samenkorn der untersuchten Pflanzen weist einen Schalenanteil von $\geq 50\%$ auf, d. h. keiner ist homozygot dickschalig. Allerdings weisen Schalenanteile von $> 45\%$ auf eine Bestäubung der Pflanzen durch dickschalige Individuen hin. Selbst bei der Pflanze 14C/2, die mit einem Ölgehalt von $39,5\%$ TM einen ansprechenden Wert hinsichtlich dieses Merkmals aufweist, kann eine Fremdbestäubung nicht ausgeschlossen werden. Die räumliche Isolation der Gefäße während der Blüte war, wie bereits 3.3.2 erörtert, nicht ausreichend.

Der Nachbau der unter Isolation erzeugten Samen der Pflanze 15B-9-1i/1 auf dem Feld ergab bei einer untersuchten Pflanze die in Abbildung 24 dargestellte Verteilung des Schalenanteils an nicht isolierten Samen.

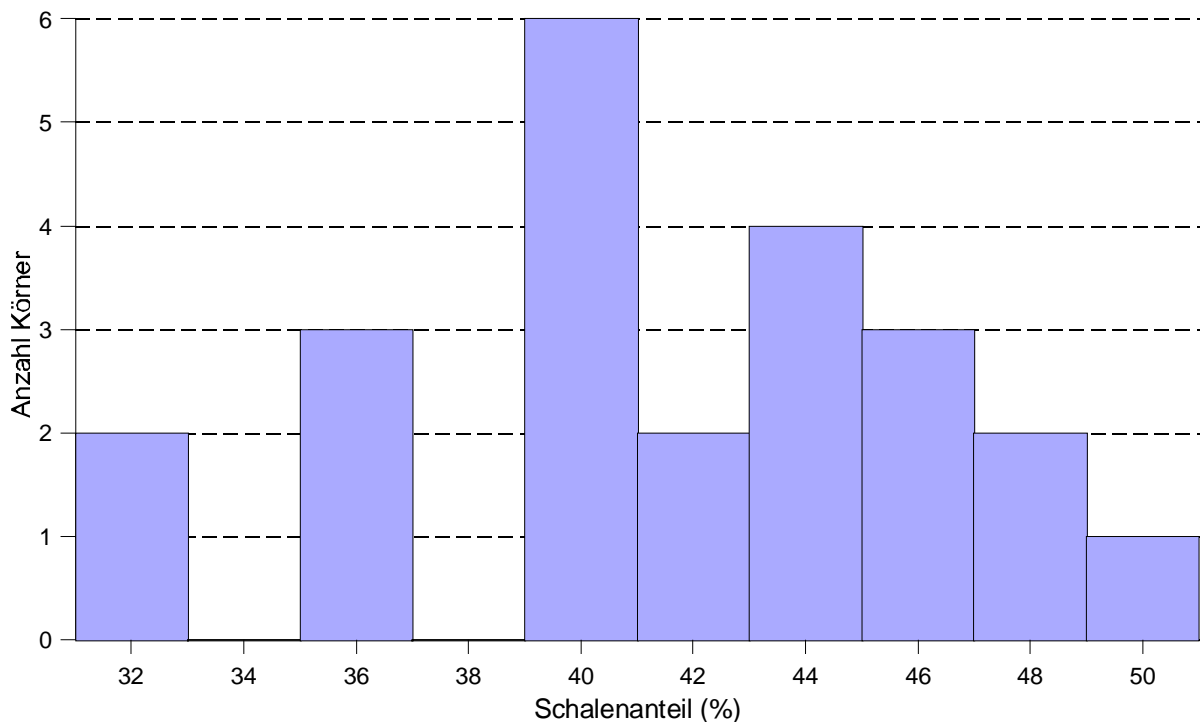


Abbildung 24: Schalenanteil einer Pflanze des Nachbaus von 15B-9-1i/1 auf dem Feld, nichtisolierte Blütenköpfe 2007

Auch bei dem Stamm ‚ES 02‘, der bereits 2005 nach dem beschriebenen Schema als dünn-schalige Linie identifiziert wurde, konnte bei einer Pflanze 2007 die in Abbildung 25 dargestellte Verteilung an nicht isolierten Samen beobachtet werden.

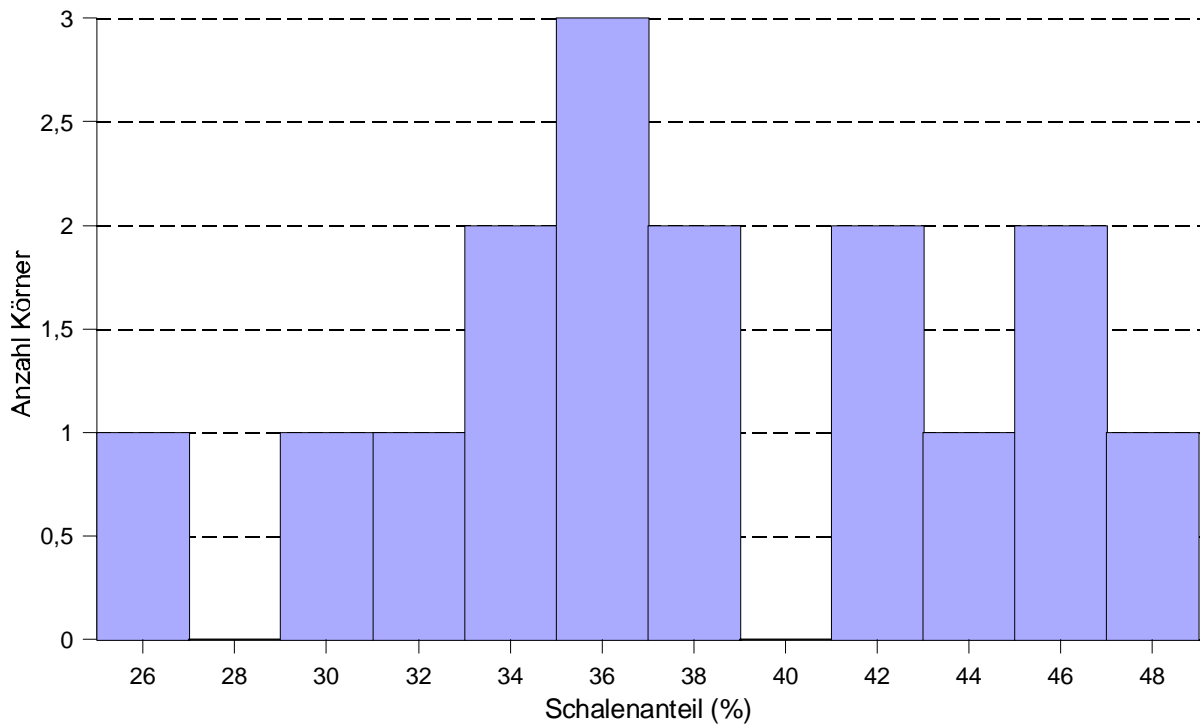


Abbildung 25: Schalenanteil der Samen der Linie ‚ES 02‘, nicht isolierte Blütenköpfe 2007

Die Verteilung der Schalenanteile der isolierten Samen derselben Pflanze ist Abbildung 26 zu entnehmen.

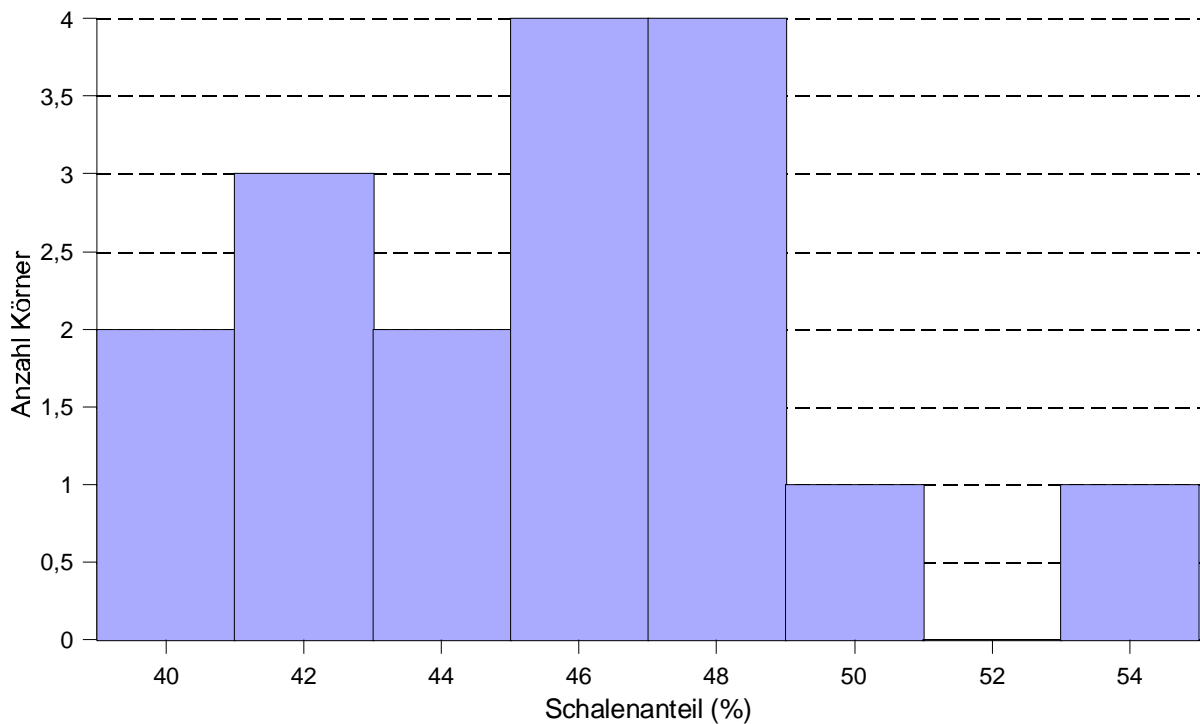


Abbildung 26: Schalenanteil der Samen der Linie ‚ES 02‘, isolierte Blütenköpfe 2007

Insgesamt folgt aus den Ergebnissen, dass trotz eingeschränkter und teilweise abnormer Kornausbildung unter Isolation durch diese Maßnahme beim Saflor schnell homozygote

dünnschalige Individuen aus einer im Hinblick auf die Schalendicke spaltenden Population erhalten werden können. Die Sicherheit der Identifizierung ist sehr viel höher als bei den beiden zuvor beschriebenen Methoden und der Aufwand ist relativ gering. Für die Charakterisierung des genetischen Status hinsichtlich ihrer Schalendicke reichen bereits 10 Samen aus, wie sich beim Vergleich des Mittelwertes der ersten 10 Körner und des aus 30 und mehr Samen verschiedener Pflanzen gebildeten Wertes gezeigt hat.

Die zu Isolationszwecken ohne Wiederholung angebauten Einzelpflanzennachkommenschaften waren 2005 die 68 Pflanzen mit einem Schalenanteil ≤ 41 %. Von ihnen wurden 2006 insgesamt 47 EP weitergeführt, wobei aus einigen Parzellen keine, aus anderen zwei oder drei Pflanzen, z. B. eine nicht stachlige Pflanzen aus einer ansonsten stachligen Nummer, kamen.

Diese 2006 angebauten 47 Einzelpflanzen aus verschiedenen Stämmen unterschieden sich in morphologischen Merkmalen und in der Zeitigkeit teilweise beträchtlich. Einige stimmten hierin aber auch vollkommen überein. Ihre getrennte Fortführung ist damit nicht gerechtfertigt. Das trifft auch auf extrem späte bzw. besonders langstrohige Typen zu (lfd. Nr. 4, 6, 9, 33 – 35, 43 – 45). Der weitaus größte Teil aller angebauten Einzelpflanzennachkommenschaften erwies sich als homogen. Inhomogenität war durch unterschiedliche Wuchshöhe oder dem gleichzeitigen Vorhandensein von stachligen und nicht stachligen Pflanzen innerhalb einer Einzelpflanzennachkommenschaft bedingt. Etwa 25 % aller Prüfglieder könnten eventuell homozygote, dünnschalige und damit ölfreiche Typen sein (alle i-Nr., dazu lfd. Nr. 14, 19 und 38). Als solche sind sie nach Bestimmung des Schalenanteils ihrer Samen ausgesät worden. Ihre unter der Isolationsfolie herangewachsenen Körner sollten ausnahmslos wieder dünnschalig sein, was sich weitgehend bestätigt hat. Keine Pflanze der Anlage wies Botrytis- oder Verticilliumbefall auf. Die morphologischen Merkmale der nachgebauten 47 Einzelpflanzen sowie ihre Zeitigkeit sind in Tabelle 14 aufgeführt.

Tabelle 14: Morphologische Merkmale, Homogenität und Zeitigkeit der 47 zu Isolationszwecken angebauten Einzelpflanzen, Dornburg 2006

Lfd. Nr.	EPN aus Stamm	Stachelbildung	Zeitigkeit	Homogenität	Bemerkungen
1	Bt 02	Stachlig + nicht stachlig	-	inhomogen	nicht stachlige Pflanzen sehr zeitig, kürzer als stachlige und mit weniger, aber großen Blütenköpfchen
2	Lie 03	stachlig	zeitig	homogen	-
3	Lie 04	stachlig	zeitig	homogen	größere Wuchshöhe als 2
4	1-4-3	stachlig	spät	homogen	sehr langstrohig
5	Haase 05	stachlig	spät	homogen	mittlere Wuchshöhe
6	HdGW	stachlig	mittelspät	homogen	mittelhoch
7	ES 03	stachlig	spät	homogen	langwüchsig
8	ES 04	nicht stachlig	zeitig	homogen	kurzstrohig
9	UA	stachlig	sehr spät	homogen	sehr langstrohig
10	loC	stachlig	früh	homogen	-
11	13C	nicht stachlig	spät	homogen	-
12	15A	Stachlig + nicht stachlig	spät	inhomogen	-
13	15B	stachlig	mittelfrüh	homogen	kein Verticilliumbefall
14	15B	nicht stachlig	mittelfrüh	homogen	kein Verticilliumbefall
15	15B-9l-1i	stachlig	mittelfrüh	homogen	kein Verticilliumbefall
16	15B-18 4i	stachlig	mittelfrüh	inhomogen	spaltet in der Wuchshöhe
17	15C	Stachlig + nicht stachlig	mittelfrüh	inhomogen	spaltet in der Wuchshöhe, kein Verticilliumbefall
18	SG03	stachlig	mittelfrüh	homogen	kurzstrohig
19	128-3/05	stachlig	früh	homogen	-
20	1-1-1i	stachlig	mittelspät	homogen	mittelhoch
21	1-20i 3i	stachlig	mittelspät	homogen	mittelhoch
22	1-35 3i	stachlig	sehr zeitig	homogen	-
23	2-1-12 6i	stachlig + nicht stachlig	mittelspät	inhomogen	-
24	2-1-12 8i	stachlig	mittelspät	homogen	-
25	2-99-1	stachlig	mittelspät	homogen	-
26	3-99	stachlig + nicht stachlig	mittelspät	inhomogen	mittelhoch
27	3-99/1/2	stachlig + nicht stachlig	-	inhomogen	stachlige Typen wie 26
28	3-3i 6i	stachlig	mittelspät	homogen	-
29	3ni	stachlig	mittelfrüh	homogen	wüchsig
30	3ni/3/2	stachlig	mittelfrüh	homogen	wüchsig
31	3ni/3/10	stachlig	mittelfrüh	homogen	wüchsig
32	3-04-2	nicht stachlig	mittelspät	homogen	-
33	4D37-1i	nicht stachlig	sehr spät	homogen	langstrohig
34	4-19	stachlig	spät	homogen	gute Merkmalsausprägung
35	4-19/6/2/7	stachlig	spät	homogen	gute Merkmalsausprägung
36	5-99	stachlig	mittelspät	homogen	langstrohig
37	5-99/3/10	stachlig	mittelspät	homogen	langstrohig
38	5-6	stachlig	früh	homogen	relativ kurzstrohig
39	6-04-4i	nicht stachlig	früh	homogen	-
40	6-04-8i	nicht stachlig	früh	homogen	-
41	6-9-2	stachlig + nicht stachlig	-	inhomogen	-
42	6-99	stachlig	-	homogen	-
43	7-9-4	stachlig	sehr spät	inhomogen	unterschiedliche Wuchshöhe
44	7-9-4-1	stachlig	sehr spät	homogen	-
45	7-04-1	stachlig	sehr spät	homogen	-
46	7-99-12	stachlig	mittelspät	homogen	morphologisch ähnlich wie 43 bis 45
47	8-99-9	stachlig + nicht stachlig	mittelfrüh	inhomogen	mittellang, positiv

Im Prinzip dieselben Herkünfte wie 2006 sind 2007 angebaut worden (50 EP), wobei tatsächlich besonders späte und identische Typen ausgesondert und durch neue Typen ersetzt wurden. Es wurde angestrebt, nur Pflanzen mit hohem Ölgehalt fortzuführen. Im Ge-

gensatz zu 2006, als keinerlei Botrytisbefall festzustellen war, trat dieser 2007 außerordentlich heftig auf. Dabei zeigte sich, dass nur ein Teil der Stämme über eine gute Toleranz verfügt und hinsichtlich dieses Merkmals nicht mehr spaltet. Bei zwei Dritteln aller Stämme sind 2005 offenbar hoch anfällige Typen herausgespalten, die 2006 zu ertragreichen Pflanzen heranwuchsen und deren Saatgut dann 2007 für die Ertragsprüfungen und den EP-Nachbau zum Einsatz kam. Schwere Krankheitssymptome während der Blühperiode zeigten sich nur bei 3 EPN, einschließlich der als Standard angebauten Sorte ‚Sepasa‘. In abreifenden Beständen ist ein Spätbefall durch die Köpfchenfäule dann schwer zu erkennen (C. FRICK et al., Distelöl aus Schweizer Saflor? Agrarforschung 12 (4), 146-151 (2005)). Dass jedoch ein Befall auftrat, dokumentierte sich sehr deutlich bei der Feststellung der Einzelpflanzenenerträge der einzelnen Parzellen, die bei den anfälligen Typen sehr niedrig ausfielen, während offensichtlich tolerante gute Erträge erreichten (Tab. 15).

Tabelle 15: Einzelpflanzenenerträge zweier Saflorlinien 2007

Linie 1 – ‚15A‘				Linie 2 – ‚ES 02‘			
Pflanze	EP-Ertrag (g)	Pflanze	EP-Ertrag (g)	Pflanze	EP-Ertrag (g)	Pflanze	EP-Ertrag (g)
1	0,5	14	1,1	1	12,1	14	20,1
2	0,3	15	2,3	2	8,5	15	30,5
3	0,8	16	0,8	3	5,0	16	13,4
4	1,9	17	0,5	4	43,8	17	16,5
5	0,3	18	0,6	5	1,2	18	33,0
6	1,5	19	0,7	6	2,7	19	3,8
7	2,9	20	1,7	7	15,3	20	1,5
8	1,7	21	0,5	8	14,1		
9	1,2	22	2,8	9	3,1		
10	0,1	23	7,0	10	15,0		
11	0,5	24	0,9	11	18,7		
12	0,7	25	1,7	12	1,0		
13	0,4			13	17,0		
\bar{x}		1,3		\bar{x}		13,8	

Die Keimfähigkeit der Proben beträgt 0 % bei der Linie ‚15A‘ und 64 % bei Linie 2 ‚ES 02‘. Die doch relativ geringe Keimfähigkeit der 2. Linie weist darauf hin, dass auch sie nicht gänzlich von einem Botrytisspätbefall, der zu hohlen bzw. schlecht ausgebildeten Körnern führt, verschont geblieben ist. Dennoch liegen die EP-Erträge nur geringfügig unter den Werten des botrytisfreien Jahres 2006. Insgesamt ist der starke Befall 2007 für die Selektion als sehr positiv einzuschätzen.

Starker Botrytisbefall, der in einer 1999 und 2000 auf zwei Thüringer Standorten durchgeführten Prüfung mit vier süditalienischen und drei kalifornischen Stämmen bei diesen Prüfgliedern einen kompletten Ertragsausfall verursachte, während sich die mitgeprüfte Sorte ‚Sabina‘, der Stamm ‚Bendeleben‘ und eine Herkunft der Fa. Appel als weitgehend krankheitstolerant erwiesen und durchschnittliche Erträge brachten, konnte in den letzten vier Versuchsjahren in Dornburg nicht beobachtet werden. Dadurch war es nicht möglich, die tatsächliche Botrytistoleranz des Zuchtmaterials einzuschätzen, denn eine künstliche Infektion ist bei dieser Krankheit nahezu unmöglich. Die Annahme, dass sich bei feldmäßigen Anbau von EPN, die hinsichtlich dieses Merkmals noch spalten, die anfälligen Typen selbst eliminieren, hat sich 2007 als Irrtum erwiesen als nicht nur die spanische Sorte ‚Se-

pasa' keinerlei Ertrag lieferte, sondern auch ein beträchtlicher Teil der EPN nur niedrige bis sehr niedrige Erträge aufwies und deshalb bedenkenlos verworfen werden konnte. Andererseits sind genügend EPN (ca. 20) vorhanden, deren Toleranz ausreichend ist und die sich gegebenenfalls sehr schnell zu Stämmen mit hohem Ölgehalt entwickeln lassen.

3.4 Stammprüfung Saflor

3.4.1 Versuchsstation Dornburg 2007 - Kornerträge

Ausgehend von der Feststellung, dass bei den geprüften Stämmen von Nachbau zu Nachbau die dickschaligen, ölrärmeren Typen zunehmen, ist auf eine weitere Verwendung des Erntegutes 2006 zu Prüfungszwecken 2007 verzichtet worden. Statt dessen wurden aus den Gefäßversuchen und dem Einzelpflanzennachbau 2006 Einzelpflanzen mit einem Schalenanteil < 42 % ausgewählt. Sieben der Stämme standen bereits 2006 in der Prüfung, die andere Hälfte waren neue, scheinbar ertragsstärkere Stämme, die aber aus demselben Genpool stammten. Je m² sollten 75 Korn ausgesät werden, nachdem sich 100 keimfähige Körner 2006 als zu hoch erwiesen hatten, um die angestrebte Pflanzenzahl von 50 Pflanzen/m² zu erreichen. Bei einer Keimfähigkeit des Saatguts von 75 bis 85 % bedeutet diese Aussaatstärke je nach Tausendkorngewicht eine Saatmenge von 40 bis 60 g/Parzelle, so dass jeweils das Erntegut von drei bis vier Pflanzen benötigt wurde.

Die Aussaat konnte bereits am 15. März erfolgen, Mitte April (12.04.2007) liefen die Pflanzen auf. Trotz eines wesentlich geringeren Feldaufgangs als erwartet, bedingt durch die Trockenheit nach der Aussaat, waren die Bestände ausgeglichen und entwickelten sich sehr üppig. Einzelne Pflanzen begannen schon am 5. Juli zu blühen, die Vollblüte war aber erst Mitte Juli erreicht. Durch eine kurz darauf folgende Schlechtwetterperiode musste bereits zu diesem Zeitpunkt eine schlechte Ernte befürchtet werden. Überhaupt war der Insektenflug, auf den die Saflorpflanze zur Befruchtung angewiesen ist, 2007 während des ganzen Monats Juli äußerst gering, wie auch bei den Einzelpflanzen der Mitscherlichgefäße beobachtet werden konnte. Ein stärkerer Botrytisbefall des Saflors während der Blüte und Abreife war nicht festzustellen. Nur das Prüfglied 7 wies in jeder Parzelle einige abgestorbene Blütenköpfchen (max. 20) auf. Dennoch sprachen Probeernten während der Abreife für einen, in diesem Ausmaß nicht erwarteten Botrytisbefall (vermorschte Blütenböden erlauben eine leichte Ablösung der Fruchtkörbchen). Der ganze Umfang der Schädigung zeigte sich dann bei der Ernte Anfang September. Selbst die weitgehend tolerante Sorte ‚Sabina‘ wies einen Minderertrag von 20 % gegenüber den vorangegangenen Erntejahren auf. Bei den Stämmen schwankten die Erträge zwischen 7,6 und 26,7 dt/ha, wobei sich die einzelnen Prüfglieder deutlich voneinander unterschieden. Die hohen Ertragsunterschiede zwischen den einzelnen Wiederholungen sind dadurch zu erklären, dass das Saatgut von einer, zwei oder sogar drei hochanfälligen Pflanzen stammte. Nur Prüfglied 3 hat sich als weitgehend tolerant erwiesen. Von fünf der übrigen Stämme (PG 8, 9, 11, 12, 14) liegen die Erträge einer Parzelle auf etwa der gleichen Höhe wie die der Sorte ‚Sabina‘. Es ist deshalb sicher anzunehmen, dass sie sich aus weitgehend botrytistoleranten Linien zusammensetzen und ihr Saatgut für weitere Züchtungsarbeiten geeignet ist (Tab. 16).

Tabelle 16: Pflanzenzahl, Feldaufgang, Kornertrag und TKG der Saflorstämme, VS Dornburg 2007

Prüfglied		Sorte/Stamm	Pfl./m ²	Feldaufgang (%)	Kornertrag (dt/ha, 91 % TS) (von – bis)		TKG (g) (von – bis)	
2007	2006				2007	2006	2007	2006
1	1	„Sabina“	33	44	25,1 (21,2 – 27,4)	31,1	31,3 (29,0 – 33,6)	32,4
2	4	Lieder 04	15	20	16,6 (15,0 – 17,6)	30,9	34,6 (30,4 – 38,2)	31,6
3	-	2-1-12-8i	36	48	23,4 (21,7 – 24,3)	-	30,2 (29,0 – 31,4)	-
4	2	3ni	38	51	14,9 (12,5 – 16,2)	29,3	37,0 (33,4 – 40,0)	29,4
5	-	3-3 I	30	40	15,5 (13,5 – 16,7)	-	37,5 (36,6 – 39,0)	-
6	-	6-8i	36	48	14,9 (12,3 – 18,9)	-	35,2 (34,2 – 36,2)	-
7	-	7-04/1	31	41	15,9 (13,9 – 18,2)	-	26,3 (23,4 – 28,6)	-
8	-	HdGW	42	56	22,1 (17,3 – 26,3)	-	28,3 (26,8 – 29,4)	-
9	10	ES	35	47	21,0 (19,4 – 23,4)	28,9	25,4 (24,0 – 27,0)	32,6
10	-	10c/99	28	37	11,6 (7,6 – 19,5)	-	24,0 (21,0 – 25,6)	-
11	5	13C703	38	51	17,5 (9,4 – 25,0)	25,1	29,8 (25,8 – 35,2)	30,9
12	6	15A/03	41	55	18,0 (15,0 – 21,4)	22,2	24,1 (22,4 – 26,4)	29,7
13	8	15B st.	30	40	17,8 (16,0 – 20,7)	25,8	31,6 (29,4 – 34,0)	35,8
14	-	15 B n. st.	28	37	18,3 (13,0 – 22,7)	-	29,9 (28,2 – 31,2)	-
15	7	15c/03	34	45	15,6 (13,1 – 16,9)	25,0	29,7 (24,8 – 33,4)	33,0
\bar{x}			33 (63)*	44 (63)*	17,9 (7,6 – 27,4)	27,7	30,3 (21,0 – 40,0)	30,7
GD t, 5 %					4,5	3,5	4,7	2,5

* 2006

3.4.2 VS Dornburg 2007 – Ölgehalte und Ölerträge

Durch den starken Botrytisbefall und die mangelhafte Befruchtung sind auch die Ölgehalte und -erträge 2007 gegenüber 2006 stark zurückgegangen (Tab. 17). Das ist darauf zurückzuführen, dass durch den Botrytisbefall der Blütenboden vermorscht und eine normale Ernährung der sich entwickelnden Samen nicht mehr möglich ist. Die Folge sind hohle oder schlecht ausgebildete Samen, die sich nur teilweise aus dem Erntegut herausreinigen lassen und damit den Ölgehalt senken. Außerdem kommt es bei kühlem, feuchtem Wetter und dem dadurch verursachten geringen Insektenflug zur Ausbildung parthenokarper Früchte, die natürlich kernlos sind (C. v. Kursell, Zuchtarbeiten an der neuen Ölpflanze Saflor, Pflanzenbau 15 (12), S. 463 – 482, Leipzig 1939). Worunter der Saflor 2007 im Einzelfall stärker gelitten hat, lässt sich nicht entscheiden. Das Resultat ist aber im Endeffekt dasselbe. So enthielt das gereinigte Erntegut von „Sabina“ immerhin noch 15 % Samen ohne Kerne. Wie sich diese negativen Faktoren in Bezug auf die Ertragssicherheit eventuell abmildern lassen, wird später diskutiert.

Tabelle 17: Ölgehalt und Ölertrag der Saflorstämme, VS Dornburg 2007

Prüfglied		Sorte/Stamm	Ölgehalt (% TM) (von – bis)		Ölertrag (dt/ha) (von – bis)	
2007	2006		2007	2006	2007	2006
1	1	„Sabina“	18,6 (17,1 – 20,3)	22,7	4,3 (3,6 – 5,1)	6,4
2	4	Lieder 04	16,7 (14,6 – 19,9)	30,9	2,5 (2,0 – 3,2)	8,6
3	-	2-1-12-8i	23,2 (20,0 – 26,0)	-	4,9 (4,4 – 5,3)	-
4	2	3ni	20,2 (19,3 – 21,1)	33,8	2,8 (2,3 – 3,1)	9,0
5	-	3-3 I	15,2 (12,4 – 20,3)	-	2,2 (1,7 – 3,1)	-
6	-	6-8i	18,6 (16,3 – 19,9)	-	2,5 (2,1 – 3,4)	-
7	-	7-04/1	18,7 (17,6 – 20,2)	-	2,7 (2,2 – 3,4)	-
8	-	HdGW	22,8 (22,3 – 24,2)	-	4,6 (3,6 – 5,9)	-
9	10	ES	22,8 (21,7 – 24,5)	31,4	4,4 (3,8 – 5,2)	8,2
10	-	10c/99	21,6 (20,0 – 23,3)	-	2,3 (1,4 – 3,8)	-
11	5	13C703	22,7 (19,0 – 25,4)	30,6	3,7 (1,6 – 5,8)	7,0
12	6	15A/03	20,0 (18,3 – 21,9)	29,4	3,3 (2,6 – 4,3)	5,9
13	8	15B st.	26,1 (25,7 – 26,9)	33,1	4,2 (3,8 – 5,1)	7,8
14	-	15 B n. st.	23,6 (22,3 – 26,0)	-	4,0 (2,6 – 5,4)	-
15	7	15c/03	22,2 (19,4 – 26,0)	31,4	3,2 (2,3 – 4,0)	7,2
x̄			20,9 (12,4 – 26,9)	30,5	3,4 (1,4 – 5,9)	7,7
GD t, 5 %			3,3	3,0	1,1	1,1

3.4.3 Versuchsfeld Mittelsommern 2007

Auch in Mittelsommern, wo dieselben Stämme wie in Dornburg unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus angebaut wurden, erfolgte die Aussaat 2007 termingerecht am 29. März. Sämtliche Prüfglieder wiesen nur sehr geringfügige Mängel in der Jugendentwicklung auf. Der Blühbeginn lag zwischen dem 13. und 25. Juli, das Blühende zwischen dem 8. und 15. August. Leider konnte die Ernte wegen andauernder Niederschläge in der zweiten Septemberhälfte erst am 4. Oktober erfolgen. Zu diesem Zeitpunkt hatten die Bestände durch Regen und starken Wind so stark gelitten, dass die Ergebnisse nicht auswertbar waren. Der Durchschnittsertrag belief sich auf 6,0 dt/ha mit sehr großen Schwankungen innerhalb der einzelnen Prüfglieder. So erreichte z. B. der Stamm 11 in einer Wiederholung 1,3 dt/ha, in einer anderen 13,0 dt/ha, obwohl beide Parzellen mit demselben Saatgut bestellt worden waren. Auch bei „Sabina“ lag das Minimum bei 5,6 dt/ha, das Maximum bei 15,8 dt/ha, ohne dass sich irgendwelche Tendenzen erkennen ließen. Interessant ist jedoch noch, dass in Mittelsommern die Feldaufgangsrate mit 56 Pfl./m² wesentlich höher lag als in Dornburg, wo nur 44 Pfl./m² aufliefen. Daran ist zu erkennen, dass bei einer Aussaat-

stärke von 75 keimfähigen Körnern/m² die angestrebte Pflanzenzahl von 50 Pfl./m² durchaus erreichbar ist. Weil Saflor jedoch sehr empfindlich auf Bodenmängel und ungenügende Bodenfeuchtigkeit während der Keimung reagiert, sollte aus Sicherheitsgründen eine Aussaatstärke von 100 keimfähigen Körnern/m² gewählt werden.

Trotz der mangelhaften Ergebnisse der Saflorprüfungen in Mittelsommern hat sich gezeigt, dass Saflor eine durchaus erfolgreiche Ölpflanze im ökologischen Landbau ist, wurden doch hier unter Praxisbedingungen 2003 von einem 2 ha-Feld 25 dt/ha mit einem Ölgehalt von 31 % und 2006 19 dt/ha von 3,2 ha Anbaufläche geerntet.

3.4.4 Zusammenfassende Betrachtungen zu den Saflorertragsprüfungen der Jahre 2003 bis 2007

In Tabelle 18 sind die Ergebnisse der Saflorertragsprüfungen summarisch aufgelistet und gleichzeitig die Erträge und Ölgehalt der Sorte ‚Sabina‘ in diesen Prüfungen gesondert aufgeführt.

Tabelle 18: Kornertrag und Ölgehalt von 14 Saflorstämmen im Vergleich zur Sorte ‚Sabina‘ VS Dornburg 2003 bis 2007

Jahr	Kornertrag (dt/ha, 91 % TS)		Ölgehalt (% TM)	
	× aller Prüfglieder	‚Sabina‘	× aller Prüfglieder	‚Sabina‘
2003	39,1	30,2	33,5	27,2
2004	28,2	31,0	31,7	26,7
2005	21,7	32,9	22,3	21,6
2006	27,7	31,1	30,5	22,7
2007	17,9	25,1	20,9	18,7

Gleichzeitig beinhaltet Abbildung 27 die Niederschläge und mittleren Tagestemperaturen während des Zeitraums Anfang Juli bis Anfang August.

Saflor ist grundsätzlich ein Fremdbefruchter und zwingend auf die Bestäubung durch Insekten angewiesen. Feuchte, kühle Witterung während der Blühperiode schränkt den Insektenflug stark ein. Die Blütezeit des Saflors reicht etwa vom 10. Juli, in warmen Jahren bereits vom 5. Juli bis 10. August. Sie währt bei schlechten Befruchtungsverhältnissen und dünnen Pflanzenbeständen besonders lange. Betrachtet man die Verteilung der Niederschläge und den Temperaturverlauf, dann zeigt sich, dass 2005 die ungünstigsten Voraussetzungen für hohe Erträge bestanden, 2006 die günstigsten. Das Jahr 2007 sollte im Prinzip nicht so schlecht sein, wie es sich am Ende dargestellt hat. Allerdings bestand ein hoher Botrytisdruck und die Niederschläge erfolgten in geringem zeitlichen Abstand, so dass die Bestände kaum abtrocknen konnten. Mit insgesamt 20 Regentagen war der Juli 2007 regelrecht verregnet. Kein Botrytisbefall war 2003 und 2004 durch das trockene und warme Wetter Ende Juli bis Anfang August erkennbar. Dadurch konnten hohe Erträge erzielt werden. Als recht stabil hat sich über alle Jahre die Sorte ‚Sabina‘ erwiesen. Sie sollte in eventuellen zukünftigen Züchtungsarbeiten unbedingt als Kreuzungspartner Berücksichtigung finden.

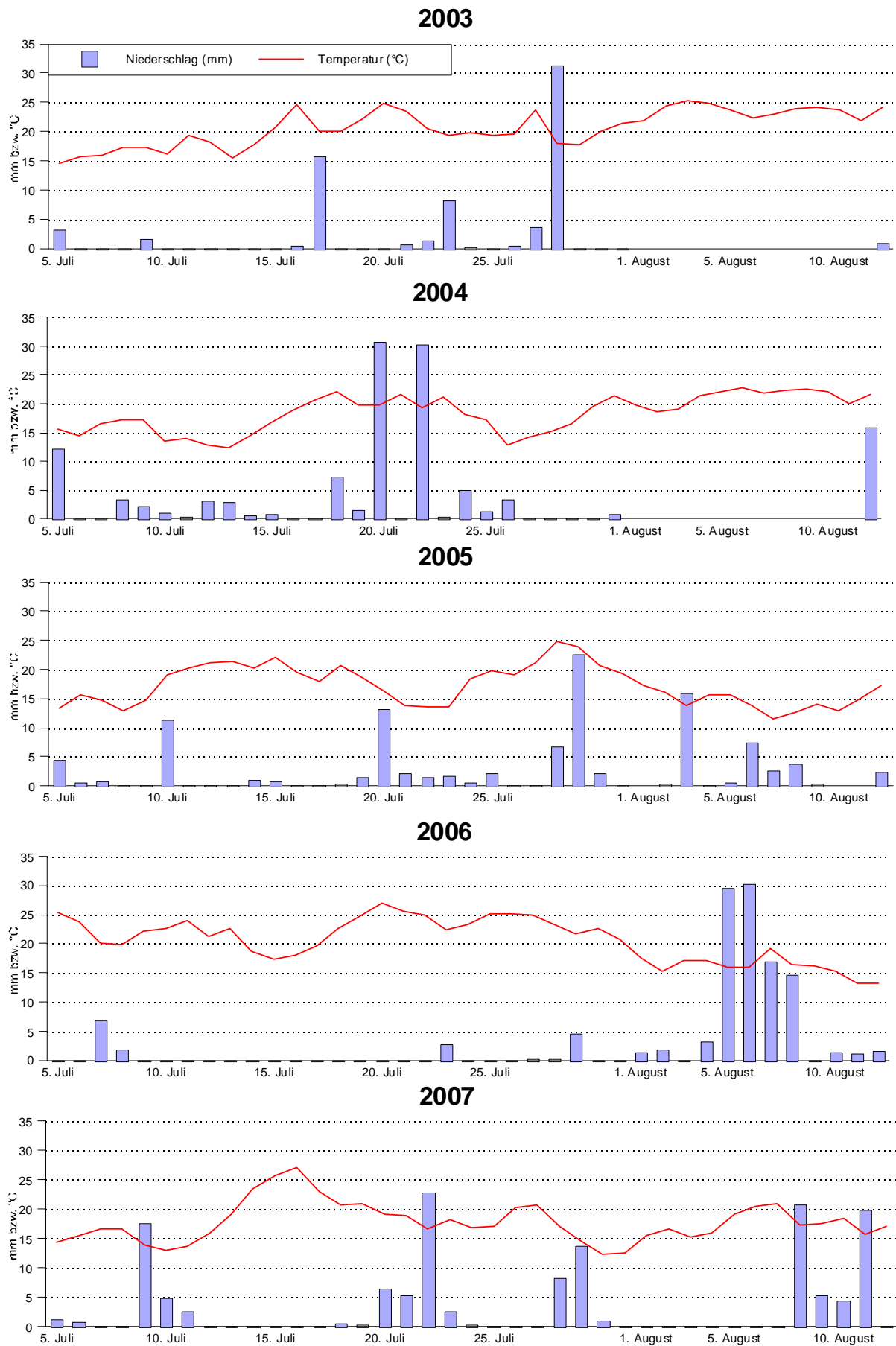


Abbildung 27: Niederschläge und mittlere Tagestemperaturen während der Blüte des Saflors, VS Dornburg 2003 bis 2007

4 Diskussion, Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Bereits 1940 berichtet C. von Kursell (Züchtung und wirtschaftliche Bedeutung des Saflors. Die Mühle, Leipzig C 1), dass er in dreijährigen Versuchen mit Saflor an mehreren Thüringer Orten im Durchschnitt Erträge von 25,9 dt/ha erzielen konnte, wobei die untere Grenze bei 9,5 dt/ha, die obere bei 44,2 dt/ha lag. Eine ähnlich hohe Schwankungsbreite (7,3 bis 49,4 dt/ha) wiesen die in der VS Dornburg und z. T. auch auf dem Versuchsfeld Mittelsömmern geprüften, neu entwickelten Stämme der TLL auf. Das weist Saflor als eine Pflanzenart mit zwar hohem Ertragspotenzial, aber sehr geringer Ertragssicherheit bei einem Anbau in Thüringen aus. Ursachen hierfür sind in erster Linie in den Befruchtungsverhältnissen des Saflors zu sehen. Er ist grundsätzlich Fremdbefruchter und auf die Bestäubung durch Insekten angewiesen. In Jahren, deren feuchte und kühle Witterung während der Blüte den Insektenflug stark einschränkt, ist die Befruchtungsrate und letztendlich der Ertrag niedrig. Dies zeigt sich z. B. beim Vergleich der Erträge der 14 identischen Stämme in Dornburg und Mittelsömmern 2006. Während in Dornburg ein Durchschnittsertrag von 28 dt/ha erzielt wurde, waren es in Mittelsömmern mit 15 dt/ha nur etwas mehr als die Hälfte. Die Ertragsunterschiede sind dadurch zu erklären, dass in Dornburg, trotz widriger Witterungsbedingungen im Frühjahr, die Aussaat relativ zeitig Anfang April erfolgte, während in Mittelsömmern die Prüfung Anfang Mai zur Aussaat kam. Dadurch erreichten die Pflanzen in Mittelsömmern das Stadium der Hauptblüte erst Anfang August.

Saflor ist zwar eine Pflanze mit ausgeprägtem Langtagcharakter, die unabhängig vom Aussattermin Anfang bis Mitte Juli zu blühen beginnt. So erreichten alle Stämme, ausgesät Anfang April, zwischen dem 12. und 19. Juli in Dornburg bzw. dem 14. und 20. Juli in Mittelsömmern etwa zum gleichen Zeitpunkt das Stadium ‚Blühbeginn‘. Es sind vor allem die Blütenköpfe des Haupttriebes, die auf den photoperiodischen Reiz reagieren und immer zu diesem Zeitpunkt aufblühen. Die Blütenköpfe der Seitentriebe folgen erst später. Die Bildung von Seitentrieben erfolgt jedoch umso später, je länger sich die Aussaat verzögert. Dadurch erstreckt sich die Blühdauer bei den Seitentrieben meist über einen längeren Zeitraum.

Während in Dornburg die Blüte am 31. Juli 2006 nahezu vollständig abgeschlossen war, zog sie sich in Mittelsömmern bis in die letzte Augustdekade hin. Die Hauptblüte begann hier erst Anfang August. Zu diesem Zeitpunkt hatten sich die Witterungsbedingungen für eine optimale Befruchtung, die im Juli, als der Saflor in Dornburg in der Hauptblüte stand, noch hervorragend waren, rapide verschlechtert, indem starke Niederschläge den Insektenflug gravierend einschränkten.

Ein Praxisschlag von 3,2 ha des Öko-Landwirts Dr. Marold in Mittelsömmern, bestellt mit dem Restsaatgut der Stämme von 2004, der sich unmittelbar neben der Prüffläche befand, aber zwei Wochen eher bestellt worden war, erzielte einen Ertrag 19 dt/ha, was einem Mehrertrag von 14 % gegenüber der Stammprüfung am gleichen Standort entspricht. Zudem wies das Erntegut eine bessere Qualität auf. Durch die zeitigere Aussaat erfolgte hier die Hauptblüte noch weitgehend bei schönem Wetter.

In Thüringen muss man, wie der zehnjährige Safloranbau in Dornburg bewiesen hat, in etwa jedem 3. Jahr mit deutlichen Ertragseinbußen rechnen. Größere Sicherheit in Hinblick

auf den Ertrag ist nur zu erwarten, wenn es gelingt, die Selbstbefruchtungsrate des Saflors über das bisherige bedeutungslose Maß hinaus zu erhöhen. Darauf weist bereits v. Kursell (1940) hin. Er erwähnt gleichzeitig, dass in dem damaligen Gießener und Bendelebener Material in einigen Provenienzen eine starke Fähigkeit zur Selbstbefruchtung vorhanden war. Auch in dem Dornburger Material 2007 scheint eine Nachkommenschaft mit dieser Eigenschaft zu existieren. Bei einer eventuellen praktischen Saflorzüchtung muss aus Gründen der Ertragssicherheit dieser Aspekt Berücksichtigung finden. Mögliche Inzuchtdepressionen können dabei durch Entwicklung von Mehrliniensorten vermieden werden.

Ein zweiter Grund für die große Schwankungsbreite der geprüften Stämme ist darin zu sehen, dass sie durch Kreuzung einer hoch botrytisanfälligen dünnschaligen Sorte mit einem wenig anfälligen dickschaligen Stamm entstanden sind. Auch in den hohen Generationen der Stämme spalten offenbar noch anfällige Typen heraus, die sich in manchen Jahren zu durchaus ertragsstarken Pflanzen entwickeln. Gelangt ihr Samen in das Prüfungsaatgut des nächsten Jahres, kommt es zu einem starken Ertragseinbruch, wenn die Bedingungen für eine Botrytiserkrankung günstig sind, wie sich 2007 gezeigt hat.

Die Standardsorte ‚Sabina‘, die über eine gute Botrytistoleranz verfügt, wies mit einer Streubreite von 23,0 bis 32,9 dt/ha über die Jahre 2003 bis 2007 und teilweise zwei Standorte wesentlich geringere Schwankungen auf als die geprüften Stämme. Das ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass sie offenbar eine Mehrliniensorte und weitgehend tolerant gegenüber einem Botrytisbefall bei allerdings nur mittlerem Ertragspotenzial ist (C. Frick et al. Distelöl aus Schweizer Saflor? AGRARForschung 12 (4), S. 146-151, 2005). Ihre Einkreuzung in dünnschalige Genotypen sollte durchaus bei einer weiteren Saflorzüchtung von Nutzen sein.

Ebenfalls nicht befriedigen kann bisher der Ölgehalt der Stämme. Immerhin war bei einem Stamm im Feldanbau 2003 ein Ölgehalt von 37,6 % in der TM, 2006 bei einer Pflanze im Mitscherlichgefäß im Freiland sogar von 39,5 % in der TM festzustellen. Im Mittel aller Stämme lag der Ölgehalt in günstigen Jahren nur bei 30 bis 34 % in der TM, in schlechten Jahren, wie z. B. 2007, bei knapp über 20 % in der TM, aber noch immer über den Werten der Sorte ‚Sabina‘. Der starke Abfall des Ölgehaltes in feuchten kühlen Jahren ist bedingt durch hohle oder schlecht ausgebildete Körner im Erntegut, verursacht durch Botrytisbefall oder Parthenokarpie infolge mangelhaften Insektenflugs. Der Ölgehalt einer Saflorprobe wird maßgeblich von deren Schalenanteil bestimmt. Das gilt auch für Einzelkörner, wie sich aus der Bestimmung des Schalenanteils an mehreren Tausend Körnern ergeben hat.

Für die schnelle Entwicklung ölreicher Stämme schien zunächst die Selektion dünnschaliger Einzelpflanzen aus einer spaltenden Population die schnellste und einfachste Methode zu sein. Das hat sich als nicht möglich herausgestellt. Selbst das Saatgut von Pflanzen mit einem generell sehr niedrigen Schalenanteil enthält noch einige dickschalige Körner, die aus der Bestäubung mit Nachbarpflanzen hervorgegangen sind. Dickschalige Individuen reichern sich merkwürdigerweise im Nachbau stark an und der Ölgehalt der Einzelpflanzennachkommenschaften nimmt von Nachbau zu Nachbau drastisch ab.

Möglichkeiten, Kreuzbestäubungen zu vermeiden, bestehen darin, einen Teil der Blütenköpfe vorselektierter Pflanzen kurz vor der Blüte zu isolieren und die Samen der nichtiso-

lierten Blüten zur Bestimmung der genetischen Konstitution hinsichtlich des Schalenanteils der Einzelpflanzen zu nutzen. Des Weiteren können dünnschalige Einzelkörner identifiziert und als schalenlose Kerne zu Einzelpflanzen in Gefäßen angezogen werden, die man dann räumlich isoliert voneinander abblühen lässt. Beide Methoden sind in größerem Umfang von 2005 bis 2007 praktiziert worden und beide Verfahren weisen Vor- und Nachteile auf. Bei der Isolation ist der Aufwand und der Flächenbedarf niedrig, die Anzahl der gewinnbaren keimfähigen Körner jedoch außerordentlich gering. Die Anzucht der Einzelpflanzen in Gefäßen ist wenig aufwändig und der Samenertrag beträchtlich. Dagegen muss die Entfernung der einzelnen Gefäße zur Zeit der Blüte relativ groß sein, um eine Kreuzbestäubung zu vermeiden.

Außerdem ist eine beträchtliche Vorarbeit bei der Identifizierung dünnschaliger Samen, deren Kerne nur zu einem Drittel zu Pflanzen aufwachsen, geleistet worden. Durch über 50 % Fehlklassifizierung wird die Bilanz der Methode zusätzlich belastet.

Die sicherste Methode reinerbige ölreiche Linien zu erhalten, scheint damit die Isolation von Blütenköpfchen mehrerer Pflanzen zurzeit der Blüte zu sein. Selbst bei nur 5 keimfähigen Körnern/Pflanze lässt sich bereits genügend Saatgut für eine Feldprüfung im nächsten Jahr erzeugen, so dass von hier keine Schwierigkeiten für den Safloranbau zu erwarten sind.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass Saflor eine Ölpflanze mit beträchtlichem Ertragspotenzial ist, die wegen ihrer Anspruchslosigkeit, Wüchsigkeit und Konkurrenzfähigkeit auch sehr gut für den Ökolandbau geeignet ist. Nachteilig ist bisher ihre Ertragsunsicherheit. Diese sollte sich aber durch züchterische Bearbeitung relativ schnell vermindern lassen bzw. könnte sich selbst aufheben, wenn, wie prognostiziert, die Sommer zukünftig trockener und wärmer werden.