

1 Einleitung und Problemstellung

Aufgrund konsequenter und erfolgreicher Qualitätszüchtung in den letzten 25 Jahren nimmt der Winterraps mit ca. 1,3 Mio ha (2003) eine dominierende Stellung im heimischen Ölpflanzenanbau ein. Im wesentlichen trägt dazu das hohe Ertragsvermögen bei, das insbesondere den Winterraps unter nord- und mitteleuropäischen Klimaverhältnissen auszeichnet.

Zur weiteren Stärkung der Konkurrenzfähigkeit des Rapses auf dem europäischen Ölmarkt ist es als ein vorrangiges Ziel der Züchtung anzusehen, das genetische Ertragspotential - bei gleichzeitiger Reduktion des pflanzenbaulichen Inputs - noch besser auszuschöpfen und durch Erhöhung des Ölgehaltes eine verbesserte Marktleistung zu erreichen. Die Ertragszüchtung erfährt daher ihre konsequente Fortsetzung durch die Entwicklung von ölertragreichen Hybridrapssorten.

Die Rückstände der Rapsölgewinnung nehmen in der Bundesrepublik Deutschland in der Rangfolge des Verbrauchs an Eiweißfuttermitteln nach den Sojaprodukten den zweiten Platz ein. So wurden schon 1996 über 1,5 Mio. Tonnen Rapsprodukte im Mischfutter oder als Einzelfuttermittel für die Ernährung der landwirtschaftlichen Nutztiere verbraucht (UFOP, 1998).

Gerade die aktuelle Diskussion um gentechnisch veränderte Sojabohnen (Herbizidresistenz), die politischen Auswirkungen der BSE-Krise und das nationale Verfütterungsverbotsgesetz (Dez. 2000) haben dazu geführt, daß heimisch erzeugbare, pflanzliche Proteinquellen vermehrt nachgefragt werden und aus diesem Grund auch Rapsschrot verstärkt zum Einsatz kommt.

Die Wettbewerbsfähigkeit von Raps wird einerseits direkt durch die quantitativen Eigenschaften - wie z.B. Ölgehalt und Ertragsleistung - und andererseits auch von der Qualität des Koppelproduktes „Schrot“ bestimmt. Die Verwertung des bei der Ölherstellung anfallenden Rapsmehles in der Viehfütterung würde somit die Marktleistung von 00-Körnerraps deutlich steigern.

Durch die Zulassung von glucosinolatarmen Winterrapssorten ist eine Grundvoraussetzung für die Verwertung der Preßrückstände in der Futtermittelindustrie geschaffen worden.

Mit ca. 36-40% Proteingehalt und aufgrund einer günstigen Aminosäure-Zusammensetzung wäre das Rapsschrot als wertvolles Ergänzungsfuttermittel in

getreidereichen Futtermitteln anzusehen, und würde seine Verwendung in der Tierernährung aufgrund des relativ hohen Rohfasergehaltes nicht ausschließlich auf Wiederkäuer beschränkt sein (SCHÖNE 1993, HENKEL 1994).

Um die Verwendungsmöglichkeiten des wertvollen Rapsproteins zu verbessern gilt es, den Gehalt an wertmindernden Schrotinhaltsstoffen, wie Rohfaser und einer Reihe antinutritiver Substanzen (u.a. Tannine, Phytate und Sinapine), zu vermindern (vgl. FRIEDT & LÜHS 1999a). In diesem Zusammenhang hat die Züchtung gelbsamiger Rapsformen mit verringertem Schalenanteil (reduzierter Rohfaser-Gehalt) weltweit Bedeutung erlangt, indem die Rohfaser als wertmindernder Inhaltsstoff reduziert und die innere Samenqualität dadurch deutlich verbessert wird. Es ist jedoch sicherzustellen, daß die dünnere Samenschale in diesem Material keine nachteiligen Effekte auf die Samenvitalität hat. Im Hinblick auf die Sortenzüchtung und Saatgutproduktion stellen sich für diese neue Qualität-zuchtrichtung die gleichen Anforderungen an die Saatgutbeschaffenheit (Keimfähigkeit, Triebkraft, Gesundheit, Besatz) wie für die 00-Standardqualität, die sich durch schwarze Samen und höheren Rohfaser-Gehalt auszeichnet.

Das Ziel dieser Arbeit bestand darin, ausgehend von verschiedenen genetischen Quellen für Gelbsamigkeit, neues Ausgangsmaterial für die Züchtung von qualitativ hochwertigen Körnerraps-Sorten zu erstellen. Die verfügbaren, genetisch divergenten Raps- und anderen *Brassica*-Herkünfte mit der Eigenschaft "Gelb- bzw. Hellsamigkeit" wurden im Hinblick auf Intensität der Merkmalsausprägung und Umweltstabilität charakterisiert. Neben der Untersuchung relevanter Inhaltsstoffe (insbesondere Glucosinolate, Ölgehalt, Fettsäure-Zusammensetzung) erfolgte eine Evaluierung weiterer wichtiger agronomischer Eigenschaften (z.B. Vernalisationsbedarf, Wuchstyp, Resistenz, Blütenbiologie, Samen-anatomie) in Feld, Gewächshaus und Labor. Eine schnelle Entwicklung von reinerbigen hellsamigen Rapslinien (DH-Linien) als Kandidaten für die Sortenentwicklung erfolgte auf der Basis der Mikrosporenkultur.

2 Literaturüberblick

2.1 Verbreitung und Bedeutung der Gelbsamigkeit

Die qualitative Verbesserung der Rapsernteprodukte im Hinblick auf die eng miteinander verbundenen Merkmale Proteingehalt, Protein-Zusammensetzung und Protein-Flächenertrag gewinnen immer mehr an Bedeutung.

Der Rapssamen enthält einen relativ hohen Anteil an Rohprotein von ca. 20-30% (% TS). Damit wäre das Rapsschrot als wertvolles Ergänzungsfuttermittel in getreidereichen Futtermischungen und Mischfuttermitteln anzusehen, würde seine Verwendung in der Tierernährung aufgrund des relativ hohen Rohfasergehaltes (12-15 %) nicht ausschließlich auf Wiederkäuer beschränkt sein (SCHÖNE 1993, HENKEL 1994).

Es konnte wiederholt gezeigt werden, daß Gelb- bzw. Hellsamigkeit aufgrund einer dünneren Samenschale einen reduzierten Rohfasergehalt bei gleichzeitig erhöhtem Anteil an wertbestimmenden Sameninhaltsstoffen wie Öl und Protein bedingt (STRINGAM *et al.* 1974, SHIRZADEGAN & RÖBBELEN 1985, BECHYNE 1987, DOWNEY & BELL 1990, THIES 1994). Mit steigenden Ölgehalten im Samen wurde an schwedischem Zuchtmaterial eine Abnahme des Rohproteingehaltes in Rapsschrot (ca. 35-40 %) nachgewiesen, wobei eine signifikante negative Korrelation ($r=-0,59$) bestand (BENGTSSON 1985). Diese negative Korrelation zwischen Rohprotein (RP) und Rohfett (RF) kann je nach untersuchtem Material stark variieren: ARNHOLDT & SCHUSTER (1981) berichteten Werte für Winterraps zwischen $r=-0,72$ und $r=-0,85$ und bei Sommerraps zwischen $r=-0,62$ und $r=-0,95$; bei Göttinger erucasäurefreiem Winterraps-Zuchtmaterial wurden Werte zwischen $r=-0,58$ und $r=-0,81$ bzw. bei dreijährigen Anbauversuchen in Hohenlieth (Norddeutsche Pflanzenzucht) einen von $r=-0,79$ festgestellt (RÖBBELEN 1978, RÖBBELEN & RAKOW 1979). Obwohl Öl- und Proteingehalt als Hauptkomponenten im Rapssamen in negativer Beziehung stehen, lassen sich beide wertbestimmenden Bestandteile dennoch in Grenzen gleichzeitig züchterisch steigern, wenn man auf die Summe ihrer Prozentwerte ausliest (vgl. u.a. GRAMI & STEFANSSON 1977a, 1977b, GRAMI *et al.* 1977, KOROMA 1977, RÖBBELEN 1978, RÖBBELEN und RAKOW 1979). Indes wird die züchterische Selektion dadurch erschwert, daß sowohl der Öl- als

auch der Proteingehalt polygenisch vererbt und stark durch Umwelteinflüsse modifiziert sind, so daß die Heritabilitätswerte für jedes Einzelmerkmal sowie die Summe RF+RP etwa 20-30% ($h^2=0,2-0,3$) betragen (GRAMI *et al.* 1977, ARNHOLDT & SCHUSTER 1981).

Eine Reihe von Untersuchungen zur Vererbung der Samenfarbe und zu den Qualitätsunterschieden heller und dunkler Samen an *Brassica*-Arten liegen vor: *Brassica rapa* (syn. *campestris*) (JÖNSSON & BENGTSSON 1970, STRINGAM *et al.* 1974, JONSSON 1975, 1977, THEANDER *et al.* 1977, STRINGAM 1980, SCHWETKA 1982, HUTCHESON 1984, DAUN & DECLERQ 1988, RAHMANN 2001), *Brassica juncea* (VERA *et al.* 1979, WOODS 1980, ASLAM & BECHYNE 1983, ANAND *et al.* 1985, DHILLON *et al.* 1986), *Brassica carinata* (YOUSUF 1982, GETINET 1986, GETINET *et al.* 1987) und *Brassica napus* (SHIRZADEGAN 1986, LIU & GAO 1987, HENDERSON & PAULS 1992, VAN DEYNZE & PAULS 1994, RAHMAN 2001). Alle Vererbungsstudien zeigten, daß braune oder schwarze Samenfarbe dominant über gelb ist und die Pigmentbildung der *Brassica*-Arten nur durch wenige Majorgene bestimmt wird (RASHID *et al.* 1994). DOWNEY *et al.* (1975) und LIU (1985) beschreiben den höheren Öl- und Proteingehalt und den niedrigeren Rohfaseranteil von gelbsamigen *B. rapa*, *B. carinata* und *B. juncea* im Vergleich zu braunsamigen Typen: So besitzen die Samen der gelbsamigen *B. rapa*-Sorten ‚Candle‘ und ‚Tobin‘ einen um absolut 2,5% höheren Ölgehalt und einen um 1,0 % höheren Proteingehalt als dunkle Samen der selben Rübsenform (DAUN & DE CLERQ 1988). Bei Raps (*B. napus* L.) wurde gezeigt, daß gelbsamige Genotypen einen um absolut 2,6 % höheren Öl- und einen um 5,0 % höheren Proteingehalt im Vergleich zu schwarzsamigen Genotypen aufweisen (SHIRZADEGAN & RÖBBELEN 1985, LIU *et al.* 1991).

Ein wichtiges Zuchtziel bei Raps ist es, den Rohfasergehalt des Schrotes zu verringern, um so z.B. mit Sojaschrot in der Tierernährung konkurrieren zu können. Der relativ hohe Gehalt an Rohfaser im Rapsschrot (12-15%) beeinträchtigt die Verdaulichkeit (LEE *et al.* 1984), was die Verwendung als Tierfutter weitgehend auf Wiederkäuer beschränkt und somit wiederum den Futterwert vor allem für Monogaster einschränkt. Untersuchungen von SLOMINSKI & CAMPBELL 1991 haben gezeigt, daß Schrot aus gelbsamigem Raps im Unterschied zu Schrot aus vergleichbarem braun- oder schwarzsamigen

Raps eine höhere Verdaulichkeit in einer Schweinemastration aufweist Gelbsamige *B. rapa*-Genotypen besitzen einen um 5 % geringeren Rohfaseranteil (HUTCHESON 1984), gelbsamige *B. napus*-Genotypen einen um 3% geringeren Rohfaser- und einen um 4% geringeren Schalenanteil als vergleichbare schwarzsamige Genotypen (STRINGAM *et al.* 1974, SHIRZADEGAN & RÖBBELEN 1985).

Im Zusammenhang mit der Züchtung von gelbsamigem Raps wird immer wieder von ‚gelber Samenschale‘ gesprochen (WOODS 1980); diese Formulierung ist jedoch nicht ganz korrekt. TANG *et al.* (1997) fanden heraus, daß gelbsamige *Brassica napus*, *B. campestris* und *B. juncea*-Samen eine transparente Samenschale besitzen und die gelbe oder goldene Farbe vom durchscheinenden Embryo herrührt. Der Embryo ist auch bei braunen und schwarzen Samen gelb, diese besitzen jedoch eine dickere Samenschale, in welche braune oder schwarze Farbpigmente eingelagert sind. Diese werden im Palisaden- und Parenchymgewebe angelagert und sind folglich für die Farbausprägung der Rapssamen verantwortlich (VAUGHAN 1970). Der Hauptbestandteil dieser Pigmente sind Polyphenole, genauer Leucocyanidin-Polymere (LEUNG *et al.* 1979). Diese sind nach THEANDER *et al.* (1977) in dunkelsamigen *B. rapa*-Genotypen stärker eingelagert als in gelbsamigen Genotypen. Studien der Samenschale haben des weiteren ergeben, daß eine gelbe Samenschale mit einem reduzierten Palisadengewebe und kleineren Zellen einhergeht, was zu einer Verschiebung der Proportionen von Samenschale zum ganzen Samen bzw. Embryo führt. Aber auch der Embryo selbst ist in gelben Samen größer und schwerer als in vergleichbaren dunklen Samen (STRINGAM *et al.* 1974). Somit hängt der Einfluß der Samenfarbe auf Rohfasergehalt, Schalenanteil, Tausendkorngewicht sowie Öl- und Eiweißgehalt der Rapssamen mit der Beschaffenheit und Dicke der Samenschale zusammen (STRINGAM *et al.* 1974). Da die Synthese von Pigmenten und Lignin auf dem gleichen Syntheseweg basiert, ist auch in ihrer Bildung ein Zusammenhang zu erwarten (THEANDER *et al.* 1977) und hierdurch der reduzierte Rohfasergehalt ggf. zu erklären.

Obwohl *Brassica napus* L. weltweit eine der bedeutendsten Ölfrüchte und die am meisten angebaute *Brassicaceae*-Spezies ist (LIU 1992), wurden in Europa bisher keine gelbsamigen Sorten zugelassen (MENG *et al.* 1998). Obwohl zahlreiche