

# Anforderungen an die Rapssaat im Hinblick auf Qualitätsoptimierung

Wolfgang Schumann und Torsten Graf

## 1. Einleitung

Im Gegensatz zur industriellen Pflanzenölerzeugung in den großen Ölmühlen erfolgt die Ölsaatenverarbeitung in dezentralen Anlagen mit einem weitaus geringeren technischen Aufwand. Dies betrifft sowohl die Verfahrensabschnitte Saatvorbehandlung und Ölgewinnung, als auch die Ölraffination und Nachbehandlung der Koppelprodukte. Der Verfahrensablauf ist aus ökonomischen und ökologischen Gründen auf wenige Prozessstufen begrenzt. Beispielsweise beschränkt sich die Ölreinigung auf die Abtrennung der Trubstoffe während auf eine aufwändige Raffination des Rohöls üblicherweise verzichtet wird. Der Ölmüller muss den Prozess so steuern, dass trotz der vergleichsweise einfachen technischen Ausstattung eine für den jeweiligen Anwendungsbereich optimale Produktqualität erreicht wird.

Dies setzt voraus, dass die Qualität des eingesetzten Rohstoffs gewissen **Mindestanforderungen** genügt. Im Falle der dezentralen Verarbeitung von Rapssaat muss der Rohstoff zumindest die in den Kontraktbedingungen von Ölmühlen oder Warenterminbörsen (Tab.1) vorgegebenen Qualitätsforderungen erfüllen.

**Tab. 1: Kontraktsspezifikationen für Raps an der Warenterminbörse Hannover (Auszug)**

Gehandelte Einheit	50 Tonnen Europäische Rapssaat, Typ 00, von guter handelsüblicher Qualität auf der Basis Ölgehalt 40 %, Besatz 2 %, Feuchtigkeit max. 9 %	
Lieferbare Ware	Europäische Rapssaat, Typ 00 Die Ware muss folgende Eigenschaften haben:	
	Feuchtigkeit:	max. 9 %
	Besatz:	max. 4 %
	Freie Fettsäure:	max. 2 %
	Erukasäure:	max. 2 %
	Glucosinolate:	max. 25 Mikromol

Nach den Handelsbedingungen einer großen norddeutschen Ölmühle soll Rapssaat von "guter handelsüblicher Qualität" gesund, trocken und rein sein. Danach ist die Ware

- gesund, wenn sie frei von Schimmel, Käferbefall, Geruch, unreifer, verbrannter oder sonst beschädigter Saat ist und wenn der ffa-Gehalt im Öl 2 % nicht übersteigt;
- trocken, wenn sie entweder naturtrocken oder mit einem gesundheitlich unbedenklichen Verfahren auf max. 9 % getrocknet worden ist;
- rein, wenn der Besatz an Stroh, Spreu, und anderen fremden Bestandteilen nach der Aspiration 2 % nicht übersteigt.

Weitergehende Anforderungen an die Qualität der Rapssaat berücksichtigen die Tatsache, dass bei dezentraler Verarbeitung die primär erzeugten Produkte `rohes Rapsöl` und `Raps-Presskuchen` ohne weitere Nachbehandlung direkt den verschiedenen Verwertungsrichtungen zugeführt werden. Rohstoffbedingte Qualitätsmängel können dann in der Regel nicht mehr ausgeglichen werden. Damit kommt der Qualität der eingesetzten Ölsaaten eine hervorragende Bedeutung zu. Zusätzliche Qualitätsforderungen beziehen sich hauptsächlich auf die Rapsorte, die Anbau- und Erntebedingungen sowie auf die Trocknung und Lagerung des Rapses.

## **2. Anforderungen an die Rapsorte**

Im Hinblick auf die Qualitätsoptimierung der Verarbeitungsprodukte richten sich die Ansprüche an die Sorte in erster Linie auf den Glucosinolat(GSL)-Gehalt und damit auf die Verwertung des Presskuchens in der Tierernährung. Gefordert sind Chargen mit einem möglichst geringen GSL-Gehalt, da dieser maßgeblich den möglichen Mischungsanteil des Kuchens in den Futtermischungen bestimmen kann (s. Beitrag F. Schöne).

Darüber hinaus werden bestimmte Qualitätseigenschaften des Rapsöls durch das Fettsäuremuster der Rapssaat beeinflusst. Beispielsweise besitzen monoensäurereiche Rapsöle eine bessere Haltbarkeit und thermische Stabilität. Mit der in naher Zukunft zu erwartenden Bereitstellung von ölsäurereichen Winterrapssorten ist mit der Erschließung neuer Nutzungsmöglichkeiten im Food- und Non Food-Bereich zu rechnen.

Der Ölgehalt des Rapses ist ein Qualitätsmerkmal, welches für die Ölmühle von besonderer wirtschaftlicher Bedeutung ist. Da bei Verarbeitung von rohfettreichem Raps bei sonst gleichen Abpressbedingungen eine höhere Ölausbeute erzielt werden kann, wird der Betreiber der Ölmühle Rapsorten mit hohen Ölgehalten bevorzugen. Die im aktuellen Winterrapssortiment vorhandenen Sortenunterschiede von bis zu 4 % bieten hierzu ausreichende Möglichkeiten. In Raps-Handelspartien lag das durchschnittliche Niveau der Ölgehalte in den vergangenen Jahren bei etwa 42 bis 43 % (i. 91 % TS).

### **2.1 Glucosinolatgehalte in Rapssaat und Rapskuchen**

Moderne 00-Rapssorten zeichnen sich durch niedrige GSL-Gehalte von zumeist  $< 18 \mu\text{mol/g}$  aus. In der Raps-Handelsware sollen die GSL-Gehalte  $25 \mu\text{mol/g}$  nicht überschreiten. Der tatsächliche GSL-Gehalt einer Erntepartie hängt von der angebauten Rapsorte und zusätzlich von bestimmten Anbaubedingungen, wie z.B. dem Durchwuchs von glucosinolatreichem Altraps, der Schwefelversorgung des Standortes u.a.m. ab (SCHUMANN und SCHULZ, 2000).

Bei der Verarbeitung von Raps zu Rapskuchen verbleiben die GSLe auf Grund ihrer anionischen Struktur im Pressrückstand. Durch den Fettentzug kommt es zu einer Anreicherung, so dass der Presskuchen in der Regel höhere GSL-Gehalte aufweist als die verarbeitete Rapssaat. Der maximal im Rapskuchen zu erwartende GSL-Gehalt kann nach

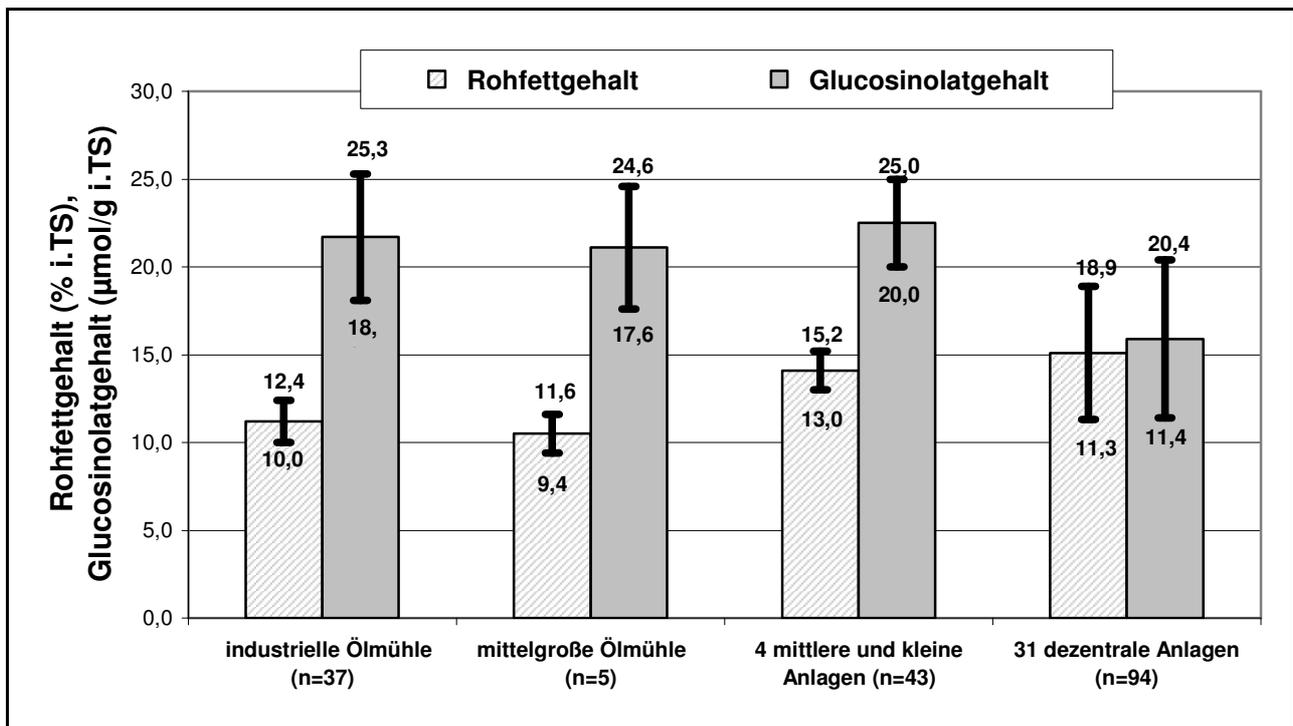
Gleichung [1] aus dem GSL-Gehalt der gepressten Saat sowie dem Grad des Fettentzuges errechnet werden (alle Rechnungen auf Basis TS):

$$\text{GSL}_{\text{RKmax}} = \text{GSL}_{\text{Saat}} \times \frac{100 - \text{RF}_{\text{RK}}}{100 - \text{RF}_{\text{Saat}}} \quad [1]$$

Hohe Samen-GSL-Gehalte und niedrige Restfettgehalte (hohe Abpressgrade) im Kuchen führen demnach zu hohen GSL-Gehalten im Pressgut. Der nach Gleichung [1] theoretisch zu erwartende GSL-Gehalt wird allerdings nur dann erreicht, wenn während der Verarbeitung in der Ölmühle weder ein thermischer noch ein hydrolytischer GSL-Abbau stattgefunden hat. Beide Abbaumechanismen führen zu niedrigeren GSL-Werten als  $\text{GSL}_{\text{RKmax}}$ .

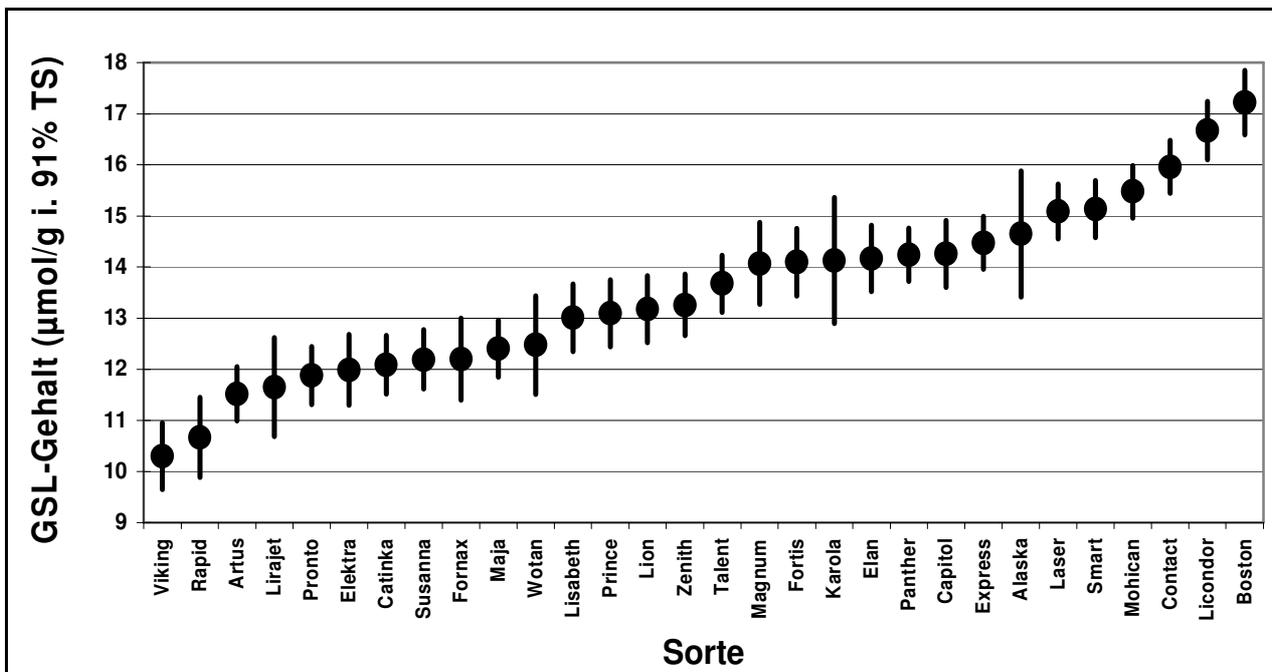
Ein partieller thermischer GSL-Abbau tritt erst bei Temperaturen oberhalb von 100 °C auf, z.B. bei Erwärmung des Presskuchens vor einer zweiten Pressung in größeren Ölmühlen. Die üblicherweise in dezentralen Pressanlagen erreichten Temperaturen von bis zu 80 °C verursachen demzufolge keinen thermischen GSL-Abbau. Ein hydrolytischer GSL-Abbau setzt das Vorhandensein von aktiver Myrosinase voraus. Dies ist bei der dezentralen Rapsverarbeitung der Fall, da hier auf eine Saatkonditionierung, bei der das GSL-spaltende Enzym deaktiviert würde, verzichtet wird. Die GSL-Hydrolyse verläuft allerdings nur bei Feuchtegehalten des Pressgutes  $\geq 10\%$  mit nennenswerter Geschwindigkeit ab. Wird dagegen trockener Raps mit Saatfeuchten von 7-8 % gepresst, findet kaum ein GSL-Abbau statt. Höhere Temperaturen in der Ölpresse können wegen des vergleichsweise hohen Temperaturoptimums der Myrosinase den hydrolytischen GSL-Abbau begünstigen (SCHUMANN, 2004).

Aktuelle Untersuchungen an Rapskuchen verschiedener Herkunft haben gezeigt, dass der GSL-Gehalt dieser Produkte häufig im Bereich von etwa 20 bis 25  $\mu\text{mol/g}$  liegt (Abb. 1). Die große Schwankungsbreite der GSL-Gehalte, die in dem untersuchten Material von 7 bis 29  $\mu\text{mol/g}$  reichte, lässt sich nicht allein durch das unterschiedliche GSL-Niveau des Ausgangsmaterials erklären, sondern zeugt von partiellem GSL-Abbau bei einem Teil der untersuchten Kuchenpartien. Nach der HPLC-Analyse der Einzel-GSLe kann an Hand des Verhältnisses der thermisch instabileren Indol-GSLe zum Gesamt-GSL-Gehalt zwischen thermischem und hydrolytischem GSL-Abbau unterschieden werden. Im vorliegenden Fall wurde nachgewiesen, dass es in der industriellen und der mittelgroßen Ölmühle zu einem geringfügigen thermischen GSL-Abbau gekommen war. Die Presskuchen dieser Ölmühlen wiesen auch die niedrigsten Ölgehalte auf. Deutlich andere Verhältnisse lagen bei 94 Rapskuchen vor, die aus 31 zumeist kleineren Ölmühlen stammten und die ausschließlich aus Rapssaaten der Ernte 2002 gepresst worden waren. Dieses Material fiel durch vergleichsweise höhere Restfettgehalte sowie geringere GSL-Gehalte auf. Hier hatte teilweise ein erheblicher GSL-Abbau stattgefunden, der im Durchschnitt aller Kuchenproben etwa 30 % erreichte und der überwiegend durch hydrolytische Zersetzung der GSLe hervorgerufen worden war. Ein verstärkter hydrolytischer GSL-Abbau während des Pressvorganges tritt immer dann ein, wenn nicht ausreichend getrockneter Raps verarbeitet wird und im Pressgut die Feuchte über 10 % ansteigt. Dies war in der Kampagne 2002/2003 offenbar in einer Reihe von Ölmühlen der Fall.



**Abb. 1: Rohfett- und Glucosinolatgehalte (MW ± s) von Rapskuchen aus einer industriellen Ölmühle sowie aus kleineren und mittleren Ölsaatenverarbeitungsanlagen (Angaben in % bzw. µmol/g i. TS)**

Der Betreiber der Ölmühle kann durch geeignete Sortenwahl in gewissem Umfang Einfluss auf den GSL-Gehalt des Presskuchens nehmen. Sofern sich die Ölmühle in der Hand eines Landwirtschaftsbetriebes befindet, sollte der Landwirt diese Möglichkeit unter Berücksichtigung der regionalen Sortenempfehlungen gezielt wahrnehmen. Hierzu bietet das 00-Winterrapssortiment gegenwärtig einen Spielraum von mindestens 7 µmol/g (Abb. 2). Die in der Abbildung dargestellte Sortenrangfolge zeigt, dass Winterrapssorten mit hoher Ertragsleistung durchaus auch mit niedrigen GSL-Gehalten kombiniert sein können.



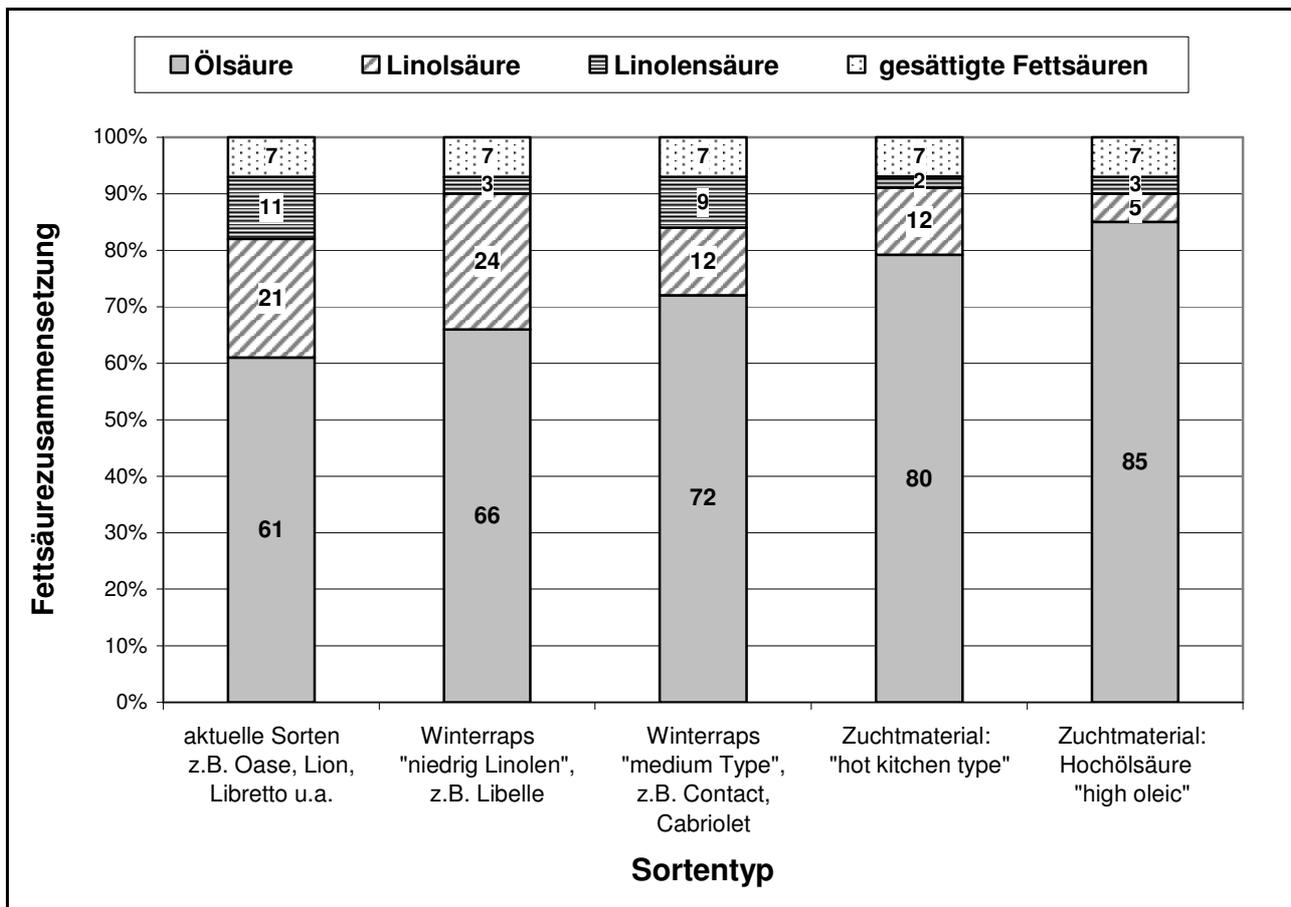
**Abb. 2: Glucosinolatgehalte von ausgewählten Rapssorten in 87 Landessortenversuchen Winterraps der Jahre 2000 bis 2002 (adjustierte Mittelwerte und 90 %-Vertrauensintervall); (SCHUMANN, 2004)**

## 2.2 Fettsäuremuster von Winterraps

Aktuelle Winterrapssorten vom 0- bzw. 00-Typ besitzen mit ca. 60 % Ölsäure, etwa 20 % Linolsäure und 10 % Linolensäure sowie 6 bis 8 % gesättigten Fettsäuren ein ernährungsphysiologisch optimales Fettsäuremuster. Rapsöl gehört damit im Ernährungsbereich zu den wertvollsten Pflanzenölen.

Gegenwärtige Züchtungsvorhaben zur gezielten Veränderung der Ölqualität konzentrieren sich u.a. auf die Entwicklung von Raps mit einem sehr hohen Gehalt an Monoensäuren bei gleichzeitig niedrigen Gehalten an Polyensäuren. Hochölsäurehaltige (HO)-Rapsöle besitzen eine wesentlich verbesserte Haltbarkeit und thermische Stabilität, was sowohl für die Verwertung im Non Food-Bereich als auch für den Nahrungssektor von erheblicher Bedeutung sein kann. Beispielsweise erwies sich ein HO-Rapsöl des Typs Natreon™ der kanadischen Sommerrapssorte NEX 160 mit > 20 h als außerordentlich oxidationsstabil (REMMELE und STOTZ, 2003). Im Food-Bereich könnten HighOleic-Rapsöle vermehrt in der „heißen Küche“ als Frittier-, Brat- oder Backfette eingesetzt werden.

Bisher sind linolensäurearme (< 3 % C18:3) oder HO-Rapsformen mit über 80 % Ölsäure sowohl auf Basis induzierter Mutationen als auch gentechnisch erzeugt worden. Für den europäischen Anbau gibt es allerdings noch keine zugelassenen HO-Rapssorten. Der gegenwärtig im verfügbaren Winterrapssortiment erreichte Zuchtfortschritt geht aus Abbildung 3 hervor.



**Abb. 3: Fettsäurevarianten in Winterrapsorten und Rapszuchtmaterial (nach ALPMANN, 2004)**

Sorten wie z.B. Contact und Cabriolet verfügen bereits heute über ca. 10 % höhere Ölsäuregehalte. Weitere Verbesserungen hinsichtlich des Verhältnisses von Ölsäure zu Linol- und Linolensäure sind in Zuchtmaterial bereits vorhanden und könnten in naher Zukunft für den Anbau zur Verfügung stehen (FRIEDT und LÜHS, 1999). Derartige HO-Rapse bieten sich auf Grund der guten Oxidationsstabilität der daraus erzeugten Öle besonders zur Verarbeitung in dezentralen Anlagen an.

### 3. Anforderungen an die Anbautechnik

In der Praxis werden die sortentypischen Qualitätseigenschaften des Rapses mehr oder weniger stark von Umweltfaktoren wie Standort, Temperatur, Wasserversorgung usw. überlagert. Darüber hinaus kann das Anbauverfahren in gewissen Grenzen Einfluss auf die Qualität des Erntegutes nehmen (SCHULZ und SCHUMANN, 1999).

#### Düngung

Die Wert gebenden Inhaltsstoffe des Rapses werden vor allem von der Stickstoff- und Schwefeldüngung beeinflusst. So führt die Erhöhung der Stickstoffdüngung auf Grund der negativen Korrelation zwischen Rohprotein- und Rohfettgehalt zu einer leichten Reduzierung der Ölgehalte in den Samen. Eine ansteigende Schwefeldüngung kann die GSL-Gehalte um etwa 1 bis 3  $\mu\text{mol/g}$  erhöhen. Eine suboptimale Schwefelversorgung reduziert

zwar die GSL-Gehalte, führt aber auch zu sinkenden Erträgen, sodass bei der Bemessung des Schwefelbedarfes die Priorität auf die Verhinderung von Ertragsverlusten gesetzt werden muss. Schwefelmangel bewirkt beim Raps außerdem eine Abnahme des Rohfettgehaltes und gleichzeitig des Ölsäuregehaltes im Samenöl (MEUTHEN, 1993). Damit bestätigt sich die häufig gemachte Beobachtung, dass sich Veränderungen im Ölgehalt direkt auf die Bildung der Hauptfettsäure auswirken. Zur Ausbildung optimaler Ölsäuregehalte ist daher auf eine ausreichende Schwefelversorgung zu achten.

### **Unkrautbekämpfung**

Die Qualität des Rapses kann durch den Durchwuchs von unerwünschten Pflanzen negativ beeinflusst werden. So kann Durchwuchs von glucosinolatreichem Altraps die GSL-Gehalte im Erntegut um bis zu 30 µmol/g anheben. Auch kreuzblütige Unkrautarten wie Ackersenf, einige Raukearten, Barbarakraut u.a. können zu Durchwuchsproblemen führen, da deren Samen-GSL-Gehalte oft deutlich über 200 µmol/g liegen. Aus einigen osteuropäischen Ländern importierte Rapssaaten enthielten in den vergangenen Jahren häufig hohe Anteile an Ackersenf.

Abgesehen von der Qualitätsbeeinträchtigung des Rapskuchens durch beigemengte Kreuzferensamen ist jedweder Unkrautbesatz im Raps unerwünscht. Unkrautsamen sind im Allgemeinen hochgradig mit Mikroorganismen kontaminiert und stellen damit potenzielle Verderbherde dar, an denen Schimmelbildung und mikrobieller Abbau von organischer Masse beginnen. Zur Unkrautbekämpfung sollten daher alle Möglichkeiten innerhalb der Fruchtfolge genutzt und wenn nötig der Einsatz von Herbiziden vorgesehen werden.

### **Wachstumsregler, Fungizide**

Ertrags- und Qualitätseinbußen sind beim Raps häufig durch starken Krankheitsbefall, Stängelbrüche, starkes Lager und frühzeitige Abreife bedingt. Eine optimale Kornqualität wird nur dann erreicht, wenn die Assimilate der Pflanze während einer möglichst langen Kornfüllungsphase ungehindert in das Korn eingelagert werden können. Nur dann sind die Voraussetzungen für die Ausbildung maximaler Ölgehalte gegeben. Maßnahmen der Bestandesführung müssen deshalb hauptsächlich auf die Verhinderung von frühzeitigem Lager und Stängelbrüchen gerichtet sein. Besonders bei lageranfälligen Sorten ist der Einsatz von Wachstumsreglern erforderlich. Fungizide können eine vorzeitige Abreife durch pilzliche Erreger verhindern bzw. reduzieren.

### **Ernte**

Raps soll bei der Mähdruschernte voll ausgereift sein. Für die Festlegung des optimalen Erntezeitpunktes stellt die Feuchte der Rapskörner die entscheidende Größe dar. Die Mähdruschreife des Rapses ist erreicht, wenn der obere Teil des Stängels gelb und trocken ist, die Körner dunkelbraun bis tiefschwarz glänzend aussehen und in den Schoten rascheln. Die Kornfeuchte liegt dann deutlich unter 16 %. Unter normalen Witterungsbedingungen wird der Raps bei Kornfeuchten von 11 bis 12 % gedroschen. Auf Grund der gestaffelten Reifezeiten von Rapsorten sollte jede Sorte zum Zeitpunkt ihrer optimalen Druschfähigkeit geerntet werden. Häufig wurde festgestellt, dass die Qualität und Lagerfä-

higkeit des Rapses mit der Standzeit eher zunimmt (FEIFFER und FEIFFER, 1998). Dagegen sinken bei zu frühen Ernteterminen Ertrag, Ölgehalt und Haltbarkeit im Lager.

Beim Mähdrusch ist im Hinblick auf eine hohe Qualität des Erntegutes das Zerschlagen bzw. Beschädigen der Rapskörner weitgehend zu vermeiden. Hohe Anteile an Bruchkorn verringern die Lagerfähigkeit des Rapses erheblich. Da bei reifem trockenem Raps die Schoten bereits bei geringen Schüttelbewegungen aufplatzen, sollten die Dresch- und Trennaggregate des Mähdreschers so schonend wie möglich eingestellt werden (geringe Trommel- und Rotordrehzahlen, erhöhte Korbspaltweiten); (RADEMACHER, 1998).

#### **4. Das Problem freie Fettsäuren im Raps**

Der Gehalt an freien unveresterten Fettsäuren ist ein wichtiges Kennzeichen für verminderte Saat- bzw. Ölqualität und ein Maß für das Stadium des eingetretenen Verderbs. Kaltgepresste Rapsöle sollen – unabhängig vom Verwendungszweck - möglichst vollständig aus Neutralfetten (Triglyceriden) bestehen. Freie Fettsäuren (FFA) sind unerwünscht. Sie beeinträchtigen die Verzehrfähigkeit von Speiseölen und können im Rapsölkraftstoff zu Korrosion, Verschleiß und Rückstandsbildung im Motor führen. Bei der industriellen Verarbeitung von Rapssaat werden die freien Fettsäuren durch Raffination der Rohöle entfernt. Dies führt allerdings zu Ausbeuteverlusten an Öl und rechtfertigt deshalb Preisabschläge für Partien mit höheren FFA-Gehalten. Die Kontraktbedingungen des Rapshandels sehen deshalb entsprechende Vergütungsregeln bei FFA-Gehalten > 2 % vor.

Bei der dezentralen Verarbeitung von Rapssaaten stellen erhöhte FFA-Werte ein ernstes Problem dar, da hier der Raffinationsschritt fehlt und im Falle einer Grenzwertüberschreitung im Öl keine Abhilfe mehr möglich ist. Für Rapsspeiseöl ist ein maximaler FFA-Gehalt von 2 % zulässig. Für Rapsölkraftstoff wird im RK-Standard der Grenzwert für die freien Fettsäuren durch die Neutralisationszahl (NZ) definiert. Im Falle von Rapsöl besteht zwischen FFA und NZ näherungsweise folgender Zusammenhang:  $FFA = 0,5 \times NZ$ . Der obere Grenzwert des RK-Standards für die NZ von 2 entspricht also einem maximal zulässigen FFA-Gehalt von ca. 1 %.

In gesundem Raps bzw. in daraus gewonnenem Öl liegt der Gehalt an freien Fettsäuren in der Regel deutlich unter 1 %. Nach APPELQVIST (1972) weisen gut ausgereifte Rapssamen durchschnittliche FFA-Gehalte von etwa 0,3 % auf. Neuere Untersuchungen aus Schleswig-Holstein bestätigten diese Größenordnung für ein Sortiment aktueller 00-Rapssorten und führten zu dem Schluss, dass erhöhte FFA-Gehalte bei Winterraps nur äußerst selten vorkommen (SAUERMAN, 2001) und der vom Rapshandel vorgegebene obere Grenzwert von 2 % FFA (s. Tab. 1) üblicherweise sicher unterschritten wird.

Auch der strengere Grenzwert für Rapsölkraftstoff von  $NZ_{max} = 2$  (ca. 1 % FFA) kann beim Einsatz von reifer, gesunder Saat in der Regel eingehalten werden. Anders sieht es aus, wenn der geerntete Raps bereits erhöhte FFA-Gehalte aufweist. Dies kann z.B. der Fall sein, wenn

- der Raps zu früh geerntet wurde und größere Anteile an unreifen, noch grünen Körnern enthält. Derartige Partien ergeben außerdem auf Grund der höheren Chlorophyllgehal-

te häufig grün bis braun gefärbte Öle. Der Anteil dieser Körner sollte deshalb 2 % nicht übersteigen <sup>1)</sup>.

- das Erntegut durch zu scharfen Drusch hohe Anteile an Bruchkorn enthält. Zerschlagene bzw. beschädigte Körner bieten potenzielle Angriffspunkte für Mikroorganismen.
- während der Abreife eine anhaltend feucht-kühle Witterung herrscht und die überreifen Bestände nicht geerntet werden können. Besonders in Beständen mit starkem Lager kann es dann zu einer hohen Wasseraufnahme der Körner und im ungünstigsten Fall zur Keimung der Körner in den Schoten kommen. Dieser als Auswuchs bezeichnete Vorgang kann zum enzymatischen Fettabbau und der Bildung von FFA führen.

In allen diesen Fällen kann der FFA-Gehalt des Rapses schnell auf Werte bis über 10 % ansteigen. Während Erntezeitpunkt und Mähdreschereinstellung durch den Landwirt beeinflusst werden können, sind extreme Witterungsbedingungen, wie sie z.B. zur Ernte 2002 in weiten Teilen Deutschlands anzutreffen waren und vielerorts zu Auswuchs im Raps geführt haben, nicht beherrschbar.

Für die Erzeugung von qualitativ hochwertigem Rapsölkraftstoff darf der FFA-Gehalt der eingesetzten Rapssaat höchstens 1 % betragen. In der Praxis sollte der Anfangswert für die freien Fettsäuren aber deutlich darunter (< 0,5 % FFA) liegen, da es während der Lagerung des Rapses zu einem weiteren Anstieg des FFA-Gehaltes kommen kann. Nur dann besteht die Chance, den Grenzwert für die Neutralisationszahl von 2 sicher einzuhalten. Vorgeschädigter Raps mit erhöhten FFA-Gehalten sollte in dezentralen Anlagen grundsätzlich nicht verarbeitet werden. Diese Partien sind getrennt zu erfassen sowie sofort zu trocknen. Sie sollten über den Handel der Verarbeitung in großen Ölmühlen zugeführt werden.

---

<sup>1)</sup> In Kanada wird dem Parameter Chlorophyllgehalt im Rahmen der Qualitätsüberwachung von Canola-Saaten besondere Beachtung geschenkt. Die Kontraktsspezifikationen für Canola-Öle sehen maximale Chlorophyllgehalte von 25 bis 30 mg/kg (entsprechend 22 bis 24 mg/kg in der Saat) vor.

## **5. Anforderungen an die Reinigung, Trocknung und Lagerung des Rapses**

Nach der Ernte muss der Raps gesund erhalten werden, d.h. er muss so gelagert werden, dass Qualitäts- und Masseverluste weitgehend vermieden werden. Während der Lagerung laufen im Rapskorn verschiedene Stoffwechselprozesse ab, die unter Wärmeentwicklung zum Abbau von organischer Masse führen. Dabei werden vornehmlich die Lipide zu Kohlendioxid und Wasser veratmet bzw. zu Zwischenprodukten (z.B. freien Fettsäuren) zerlegt. Mit zunehmender Lagerdauer steigt der FFA-Gehalt in der Regel kontinuierlich an.

Das Ausmaß dieses überwiegend durch mikrobiellen Abbau von organischer Substanz verursachten Verderbs hängt von den Faktoren Feuchtigkeit, Temperatur und Zeit sowie der Höhe des Besatzes im Erntegut ab. Vor der Einlagerung muss deshalb die frisch geerntete Rapssaat einer geeigneten Vorbehandlung unterzogen werden. Hierzu gehört die Entfernung des Besatzes, die Rücktrocknung auf Lagerfeuchte sowie eventuell eine Kühlung.

Die nachfolgend beschriebenen Anforderungen an die Reinigung, Trocknung und Lagerung von Rapspartien sind auf die Minimierung von Qualitätsverlusten im Zeitraum von der Ernte bis zur Verarbeitung gerichtet. Sie sollten insbesondere von Betreibern dezentraler Ölmühlen berücksichtigt werden, da die Verarbeitung von Raps mit erhöhten FFA-Gehalten zu schwerwiegenden Qualitätseinbußen der erzeugten Öle führen kann.

## 5.1 Reinigung

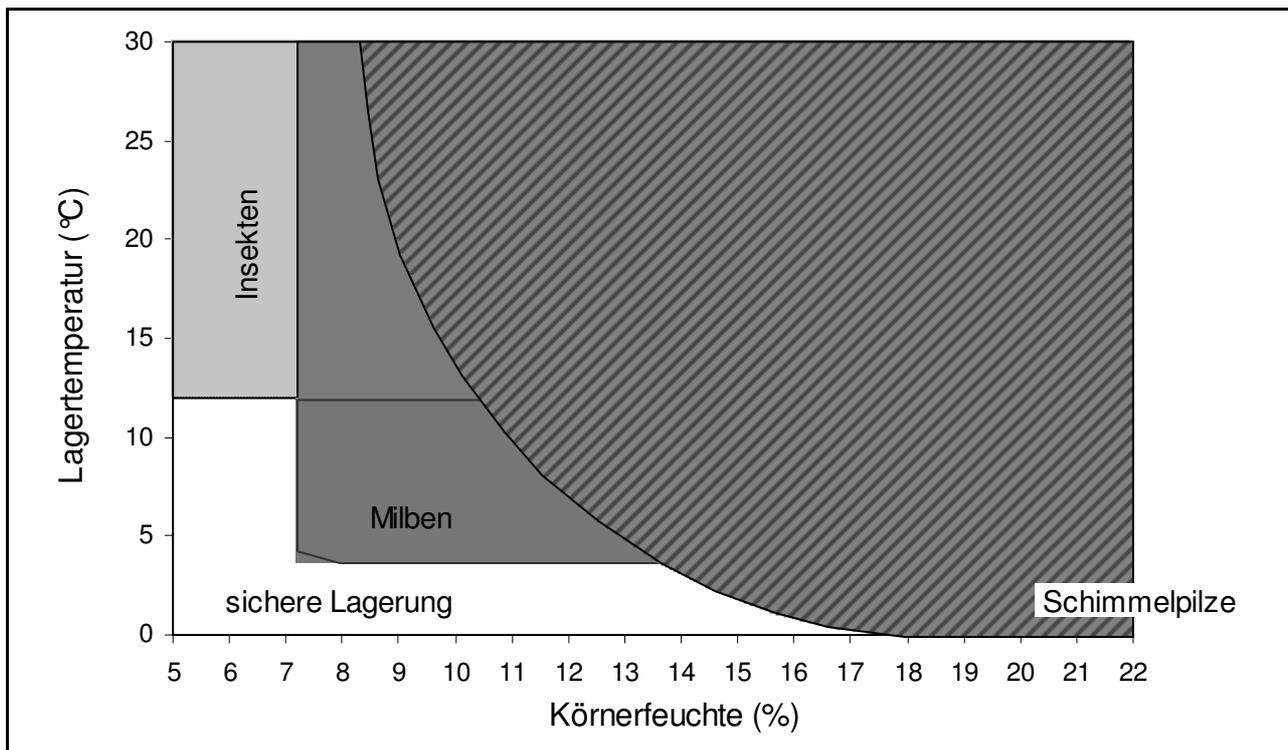
Der Besatz besteht aus Schoten- und Stängelstücken, Samen von Ackerunkräutern, zerbrochenen Rapskörnern und Staub. Er hat immer einen höheren Feuchtegehalt und niedrigeren Ölgehalt als der Raps. Kritischer ist aber, dass Mikroorganismen auf dem Besatz in 10- bis 100-fach höherer Konzentration siedeln als auf dem Rapskorn (HUMPISCH, 2002). Deshalb beginnt das Schimmelwachstum bevorzugt an Unkrautsamen, feuchten Schotenbruchstücken und an den Bruchflächen zerstörter Rapskörner. Zudem enthält der Besatz oft Milben, von denen der Raps ebenfalls häufig befallen wird.

Grundsätzlich führt die Lagerung von verunreinigten Rapspartien zu starken Masse- und Qualitätseinbußen. Bei Besatzhöhen von 6 bis 7 % kann der Masseverlust bis zu 1 % der Trockenmasse betragen (KOLLMANN, 1991). Bei der Langzeitlagerung von Raps, welcher durch hohe Anteile von Bruchkorn bereits vorgeschädigt war, wurde ein Anstieg des FFA-Gehaltes auf über 25 % beobachtet (Appelqvist und Lööf, 1972). Für eine sichere Lagerung muss der Besatz durch geeignete Sieb- und Windreinigung auf Werte unter 1 % gesenkt werden (HUMPISCH, 2002).

## 5.2 Trocknung

In frisch geerntetem Raps führen exotherme Umsetzungsprozesse schnell zur Selbsterwärmung der Partie. Nach JACOBSEN (1995) ist bei Einlagerung von Raps mit einer Saatfeuchte von 12,5 % bereits nach 14 Tagen mit einer Erwärmung auf 60 °C zu rechnen. Da Körnerschüttungen die Wärme generell schlecht leiten, können lokale Temperaturerhöhungen im Bereich einzelner Schimmelnester bereits nach wenigen Stunden auftreten (EIMER, 1998). In diesem Milieu finden bei gleichzeitig hoher Wasserverfügbarkeit besonders Schimmelpilze ideale Wachstumsbedingungen. Je mehr Wärme und Feuchtigkeit durch die Veratmung von Lipiden entsteht, desto günstiger werden die Wachstumsbedingungen und umso höhere Umsatzraten an organischer Substanz stellen sich ein.

Erst bei sinkenden Temperaturen und vor allem geringer Feuchte werden die Lebensbedingungen von Schimmelpilzen ungünstiger. Eine sichere Lagerung des Rapses ist daher nur möglich, wenn der Feuchtegehalt der Saat auf Lagerfestigkeitsfeuchte gesenkt wird und optimale Lagertemperaturen herrschen. Dies ist bei Raps erst bei Feuchten  $\leq 7\%$  und Temperaturen  $\leq 12\text{ °C}$  absolut sicher zu erreichen (Abb. 4).



**Abb. 4: Befall von Rapssaat mit Mikroorganismen und anderen Lebewesen in Abhängigkeit von der Saatfeuchte und der Lagertemperatur (nach Jacobsen, 1995)**

### 5.3 Lagerung

Nach der Trocknung ist die Rapssaat in einem Lager mit guter Belüftungsanlage aufzubewahren. Dabei ist es wichtig, dass sie so schnell wie möglich auf Lagertemperatur abgekühlt wird. Dazu muss die Anlage eine so große Luftmenge bereitstellen, dass auch die oberen Schichten des Lagers innerhalb von 24 Stunden abgekühlt werden. Dazu sind etwa 20 m<sup>3</sup> Luft je Tonne Raps je Stunde erforderlich (JACOBSEN, 1995).

Eine weitgehend verlustfreie Langzeitlagerung kann nur unter Beachtung der aus Abbildung 4 hervorgehenden Werte für die Lagerfeuchte und Lagertemperatur gelingen. Die Sollwerte müssen im Lager regelmäßig kontrolliert und durch eine gezielte Belüftung bzw. Kühlung dauerhaft aufrecht erhalten werden. Bei der Belüftung mit Frischluft ist die Neubeefeuchtung der Rapssaat zu vermeiden. Als Faustregel gilt, dass unbedenklich belüftet werden kann, wenn die Luft 7 Grad kälter als der Raps ist. Es sind die Grundregeln des Belüftens strikt zu befolgen (HUMPISCH, 2003).

Auch bei günstigen Lagerbedingungen ist im Langzeitlager ein Anstieg des FFA-Gehaltes nicht zu vermeiden. Dabei verläuft die Bildung der FFA umso intensiver, je höher die Saatfeuchte zu Beginn der Lagerzeit ist. Der geringste Anstieg des FFA-Gehaltes um 0,5 % (von 0,4 bis 0,9 %) ist bei einer Einlagerungsfeuchte von 6,5 % zu erwarten (KOLLMANN, 1991).

## 6. Schlussfolgerungen

Bei der dezentralen Verarbeitung von Rapssaat findet auf Grund der vergleichsweise einfachen technischen Ausstattung der Anlagen weder eine Raffination der rohen Öle noch eine Nachbehandlung des Presskuchens statt. Qualitätsmängel der eingesetzten Rapssaat können sich daher direkt qualitätsmindernd auf die erzeugten Produkte auswirken.

Die Mindestanforderungen an Raps-Handelsware sind in den Kontraktbedingungen von Ölmühlen und Warenterminbörsen definiert. Bei der dezentralen Verarbeitung beziehen sich weitergehende Qualitätsanforderungen vor allem auf die Wahl der Rapsorte, die Anbau- und Erntebedingungen sowie auf die Reinigung, Trocknung und Lagerung des Rapses.

Für die Erzielung optimaler Ölqualitäten sind möglichst geringe Gehalte an freien Fettsäuren erforderlich. Die maximal zulässigen FFA-Gehalte von 2 % in Rapsspeiseöl bzw. 1 % in Rapsölkraftstoff (entsprechend einer Neutralisationszahl von 2) sind nur dann sicher einzuhalten, wenn gesunder gut ausgereifter Raps verarbeitet wird. Dazu ist der Raps zum optimalen Reifezeitpunkt bei optimaler Saatfeuchte zu ernten und durch schonenden Mähdrusch ist die Beschädigung der Rapskörner weitgehend zu vermeiden. Durch geeignete Maßnahmen der Reinigung und Trocknung ist zu gewährleisten, dass der Raps bis zur Verarbeitung gesund erhalten wird. Dazu ist der durch den mikrobiellen Fettabbau verursachte Anstieg des FFA-Gehaltes während der Einlagerung zu minimieren. Hierzu stellen Lagerfeuchte, Lagertemperatur und Höhe des Besatzes ein geeignetes Instrumentarium dar.

Ein weites Verhältnis von Monoen- zu Polyensäuren im Rapsöl verbessert nachhaltig die Oxidationsstabilität der Öle. Die verbesserte Haltbarkeit und thermische Stabilität von HO-Rapsölen kann sowohl im Kraftstoffbereich als auch für den Nahrungssektor von Bedeutung sein. Derartige Rapsformen - entsprechende Sorten für den praktischen Anbau werden in einigen Jahren zur Verfügung stehen - bieten sich besonders zur Verarbeitung in dezentralen Anlagen an.

Im Hinblick auf eine optimale Verwertung des Presskuchens in der Tierfütterung sind niedrige Glucosinolatgehalte erwünscht. In Folge des Fettentzuges kommt es in der Ölmühle zu einer Anreicherung der GSL-Gehalte, so dass die Kuchen in der Regel höhere GSL-Gehalte aufweisen als die verarbeitete Saat. Durch eine geeignete Sortenwahl - gegenwärtig bietet das 00-Winterrapsortiment im GSL-Gehalt einen Spielraum von mindestens 7 µmol/g - kann der Betreiber der Ölmühle den GSL-Gehalt des Rapskuchens in gewissen Grenzen beeinflussen. Diese Möglichkeit sollte unter Beachtung der regionalen Sortenempfehlungen unbedingt genutzt werden.

## 7. Literatur

ALPMANN, L. (2004): persönliche Mitteilung

APPELQVIST, L.-A. (1972): Chemical Constituents of Rapeseed. In: L.-A. APPELQVIST and R. OHLSON (Eds.): Rapeseed. Cultivation, Composition, Processing and Utilization. Elsevier Publ. Co., Amsterdam, 123-173

APPELQVIST, L.-A. and B. LÖÖF (1972): Postharvest Handling and Storage of Rapeseed. In: L.-A. APPELQVIST and R. OHLSON (Eds.): Rapeseed. Cultivation, Composition, Processing and Utilization. Elsevier Publ. Co., Amsterdam, 60-100

EIMER, M. (1998): Konservierung und Lagerung von Raps. Raps, **16** (3), S. 118-121

FRIEDT, W. und W. LÜHS (1999): Perspektiven molekularer Pflanzenzüchtung – züchterische Optimierung von Ölpflanzen. Biologie in unserer Zeit, **29** (3), S. 142-150

JACOBSEN, E.E. (1995): Trocknen und Lagern von Rapssaat. Die Mühle + Mischfuttertechnik, **132** (49), s. 821-822

FEIFFER, A. und P. FEIFFER (1998): Feuchtemessung – entscheidende Größe im Rapsdrusch. Raps, **16** (2), S. 82-85

HUMPISCH, G. (2002): Gesunderhaltung von Raps. Raps, **20** (3), S. 154-156

HUMPISCH, G. (2003): Getreide lagern. Verlag AgriMedia GmbH

KOLLMANN, I. (1991): Lagerverluste und Qualitätsveränderungen bei Ölraps. Raps, **9** (2), S. 92-95

MEUTHEN, B. (1993): Zur Bedeutung der Schwefelversorgung für Ertragsleistung und Inhaltsstoffe von Raps (*Brassica napus* L.). Dissertation, Universität Gießen

RADEMACHER, T. (1998): Rapsdreschen – nicht schlagen sondern klopfen. Raps, **16** (4), S. 164-167

REMMELE, E. und K. STOTZ (2003). Qualitätssicherung bei der dezentralen Pflanzenölerzeugung für den Nicht-Nahrungsbereich – Projektphase 1: Erhebung der Ölqualität und Umfrage in der Praxis. Abschlussbericht Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., FKZ 22004900. Straubing: Technologie- und Förderzentrum, Eigenverlag

SAUERMAN, W. (2001): Freie Fettsäuren bei Winterraps. Raps, **19** (3), S. 160-163

SCHULZ, R.-R. und W. SCHUMANN (1999): Rapsqualität in Abhängigkeit von Umweltfaktoren und Anbautechnik. Raps, **17** (3), S. 128-130

SCHUMANN, W. und SCHULZ, R.-R. (2000): Entwicklung des Glucosinolatgehaltes in Raps-Handelspartien. Raps, **18** (4), S. 202-205

SCHUMANN, W. (2004): Untersuchungen zum Glucosinolatgehalt von in Deutschland erzeugten und verarbeiteten Rapssaaten und Rapsfuttermitteln. UFOP-Schriften, im Druck