



Einfluss des Produktionsverfahrens Winterraps und des Prozesses der Ölgewinnung auf die Rohstoffqualität und die Wirtschaftlichkeit von Rapsölkraftstoffen

T. Graf¹, R. Heydrich¹, A. Biertümpfel¹, R. Bauer¹
¹ Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft
Apoldaer Straße 4
07778 Dornburg

1 Einleitung

Im Unterschied zur industriellen Pflanzenölerzeugung in den zentralen Großölmühlen erfolgt die Ölsaatenverarbeitung in dezentralen Anlagen mit einem weitaus geringeren technisch-technologischen Aufwand. Dies betrifft sowohl die Verfahrensabschnitte Saatvorbehandlung und Ölgewinnung als auch die Ölraffination und Nachbehandlung der Koppelprodukte. Der Verfahrensablauf der Verarbeitung ist aus ökonomischen und ökologischen Gründen auf nur wenige Prozessstufen begrenzt. So beschränkt sich die Ölreinigung auf die Abtrennung der Trubstoffe, auf eine aufwändige Raffination des Rohöls wird normalerweise verzichtet. 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 Mindestanforderungen entspricht. Im Falle der dezentralen Verarbeitung von Rapssaat der 00-Qualität muss der Rohstoff zumindest die in den Kontraktbedingungen von Ölmühlen oder Warenterminbörsen vorgegebenen Qualitätsanforderungen auf der Basis Ölgehalt $\geq 40\%$ erfüllen. 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 besondere Bedeutung zu. Zusätzliche Qualitätsanforderungen beziehen sich hauptsächlich auf die Rapsorte, die Anbau- und Erntebedingungen sowie auf die Trocknung und Lagerung des Rapses.

2 Material und Methoden

Zur Erhebung der Qualität von Rapsölkraftstoff aus dezentralen Anlagen wurden im Rahmen eines Projektes der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. unter Leitung des Technologie- und Förderzentrums Straubing und der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) ausgewählte Ölmühlen beprobt und die verarbeitete Rapssaat, der gewonnene Presskuchen und der Rapsölkraftstoff auf relevante Kennwerte analysiert. Zur Prüfung des Einflusses von Standort und Sorte auf die Qualität und den Kornertrag wurden die aktuellen Landessortenversuche zu Winterraps der TLL herangezogen. Begleitend dazu erfolgte in den Jahren 2004 bis 2006 die Untersuchung der Wirkung des Erntezeitpunktes auf Ertrag und Qualität in Parzellenversuchen. Weiterhin wurden im Rahmen einer Diplomarbeit Untersuchungen zur Optimierung einer Praxisanlage hinsichtlich der Ausbeute und der Ölqualität durchgeführt.

3 Ergebnisse

Der **Ölgehalt** des Rapses ist für die Ölmühle von besonderer wirtschaftlicher Bedeutung. Da bei der Verarbeitung von rohfftreicher Saat bei sonst gleichen Abpressbedingungen eine höhere Ölausbeute erzielt werden kann, wird der Betreiber einer Ölmühle Sorten mit hohem Ölgehalt bevorzugen. Die Ölgehalte der aktuell verfügbaren Winterrapsorten unterscheiden sich um bis zu 2,9 % (Abb.1).

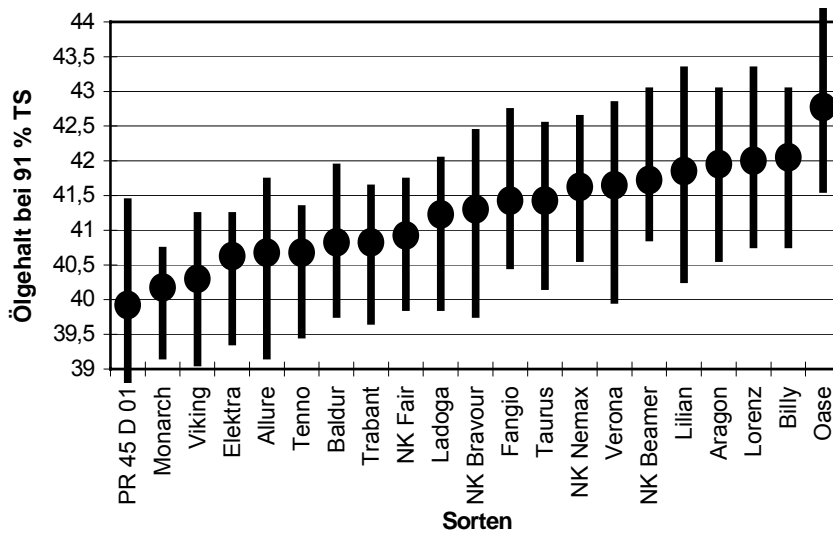


Abb. 1: Ölgehalte von ausgewählten Rapssorten der Landessortenversuche in Thüringen 2007

Im Hinblick auf die Qualitätsoptimierung der Verarbeitungsprodukte richten sich die Ansprüche an die Sorte auch auf den **Glucosinolat(GSL)-Gehalt**. Gefordert sind Verarbeitungssorten mit einem möglichst geringen GSL-Gehalt, da dieser maßgeblich den möglichen Mischungsanteil des Rapspresskuchens in den Futtermitteln nach der Ölsaatenverarbeitung bestimmt. Moderne 00-Rapssorten zeichnen sich heute durch niedrige GSL-Gehalte von zumeist < 18 µmol/g aus. Jedoch sind im verfügbaren Sortenspektrum immer noch Rapssorten mit deutlich höheren GLS-Gehalten zu finden. Der tatsächliche GSL-Gehalt einer Erntepartie hängt aber auch vom Besatz, wie z. B. dem Durchwuchs von glucosinolatreichem Altraps oder Unkräutern ab, die die GSL-Gehalte im Erntegut um bis zu 30 µmol/g ansteigen lassen können.

Raps sollte bei der **Mähdruschernte** voll ausgereift sein. Die Mähdruschreife ist erreicht, wenn der obere Teil des Stängels gelb und trocken ist, die Körner dunkelbraun bis tief-schwarz glänzend aussehen und in den Schoten rascheln. Die Kornfeuchte liegt dann deutlich unter 16 %. Unter normalen Witterungsbedingungen wird der Raps bei Kornfeuchten bis 12 % gedroschen. Auf Grund der gestaffelten Reifezeiten sollte jede Sorte zum Zeitpunkt ihrer optimalen Druschfähigkeit geerntet werden. Untersuchungen belegen, dass die Qualität, der Ertrag und die Lagerfähigkeit des Rapses mit der Standzeit zunehmen. Die Auswertung von Ernteterminversuchen 2004 bis 2006 zu Winterraps bestätigt, dass der Kornertrag, beginnend bei einer frühen Ernte zu BBCH 83 bis hin zur Vollreife (BBCH 89) signifikant ansteigt (Abb. 2). Das Druschverhalten verbesserte sich mit zunehmender Abreife deutlich, der TS-Gehalt erhöhte und der Besatz verringerte sich. Tendenziell stieg auch das Tausendkorngewicht (TKG) an.

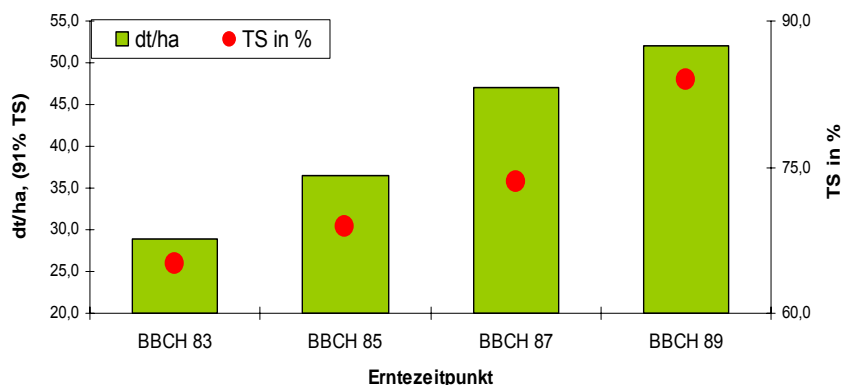


Abb. 2: Einfluss des Erntetermins auf Kornertrag und Trockensubstanzgehalt bei Winterraps, Mittel der Versuchsjahre 2004 bis 2006

Der Ölgehalt änderte sich während des Reifeprozesses kaum, aber durch die steigenden Kornerträge steigerte sich der Ölertrag pro Hektar bedeutend. Auch optisch gab es deutliche Unterschiede in der Ausfärbung der Körner. Bei der Ernte zu BBCH 83 war der Anteil

grau-brauner Körner am höchsten, mit zunehmender Reife stieg auch die Anzahl schwarz gefärbter Körner. Die Ernte zum optimalen Zeitpunkt wirkt sich somit positiv auf die Wirtschaftlichkeit, aber auch auf die Qualität der Saat aus. So ist belegt, dass die Weiterverarbeitung von nicht optimal ausgereifter Saat, bedingt durch den hohen Gehalt an freien Fettsäuren, P, Mg, Ca sowie durch eine hohe Neutralisationszahl, die Biokraftstoffqualität signifikant negativ beeinflusst (Abb. 3).

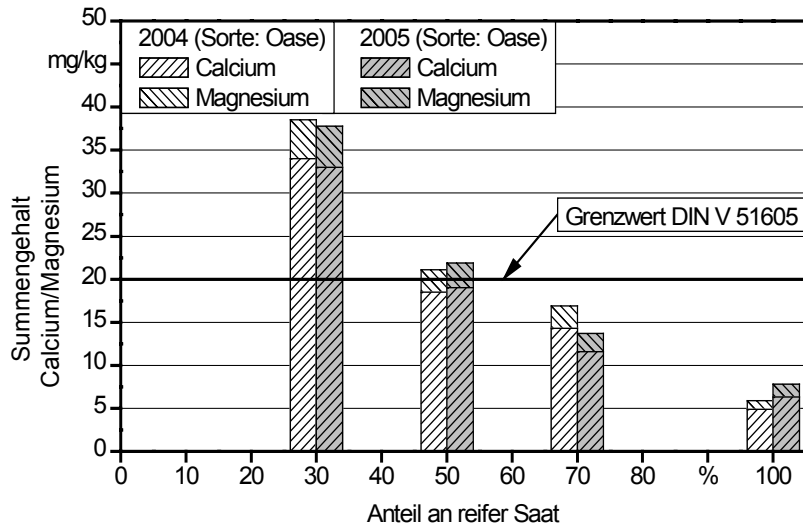


Abb. 3: Summengehalt aus Ca und Mg (DIN EN 14107) der Ölproben aus verschiedenen Anteilen an reifer Saat (REMMELE 2007)

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 dezentralen Verarbeitung von Rapssaat stellen erhöhte FFA-Werte ein ernstes Problem dar. Für Rapsölkraftstoff wird in der DIN der Grenzwert für die freien Fettsäuren durch die Säure- oder Neutralisationszahl (SZ) definiert. Im Falle von Rapsöl besteht zwischen FFA und SZ näherungsweise folgender Zusammenhang: $FFA = 0,5 \times SZ$. Der obere Grenzwert des RK-Standards für die SZ von 2 mg KOH/g 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 %. Gut ausgereifter Rapsamen weist durchschnittlich FFA-Gehalte von etwa 0,3 % auf. Auch der strengere Grenzwert für Rapsölkraftstoff von $SZ_{max} = 2$ mg KOH/g (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 durch ungünstige Erntebedingungen aufweist. Hier können die Werte schnell auf über 10 % ansteigen. Für die Erzeugung von qualitativ hochwertigem Rapsölkraftstoff darf der FFA-Gehalt der eingesetzten Rapssaat jedoch 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 Säurezahl von 2 mg KOH/g sicher einzuhalten. Vorgeschädigter Raps mit erhöhten FFA-Gehalten sollte in dezentralen Anlagen grundsätzlich nicht verarbeitet werden. Basierend auf den Erkenntnissen zu den Anforderungen an die Rohstoffqualität bei der dezentralen Ölsaatenverarbeitung wurden weiterführende Untersuchungen zur **Optimierung einer Praxisanlage** durchgeführt (Tab. 1).

Tabelle 1: Weiterführende Arbeiten zur Optimierung einer Praxisanlage (Saatdurchsatzleistung wurde an Drehzahl angepasst, auf die Rapssaatqualität konnte kein Einfluss genommen werden)

Untersuchungsgegenstand	Seiherstabpresse (AP 14/30, Maschinenfabrik Reinartz GmbH & Co. KG)
Nennleistung	500 kg/h
Versuchsreihenanzahl	20
Rapssaat	Wassergehalt, Besatz, Ölgehalt
Öl	P-, Ca-, Mg- und Feststoffgehalt
Presskuchen	Restölgehalt
Variation Schneckendrehzahl	8 U/min bis 14,5 U/min.
Variation Saattemperatur	27 °C bis 37 °C

Im Ergebnis der Betrachtung der einzelnen Seiherabschnitte der Ölpresse AP 14/30 lässt sich ein stark abnehmendes Ölflussverhalten vom Seiherfeld III zum Seiherfeld VIII bei gleichzeitigem Temperaturanstieg in dem Seiherkorb selbst feststellen (Abb. 4 und 5), wobei Temperaturen von teilweise > 90°C im Seiherfeld VI erreicht wurden.

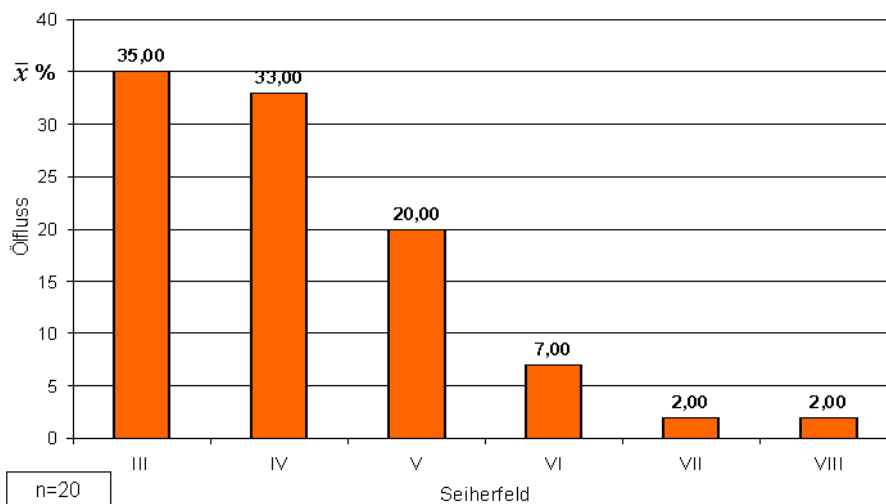


Abb. 4:
Ölflussverhalten
in den Versuchsreihen
(BAUER 2007)

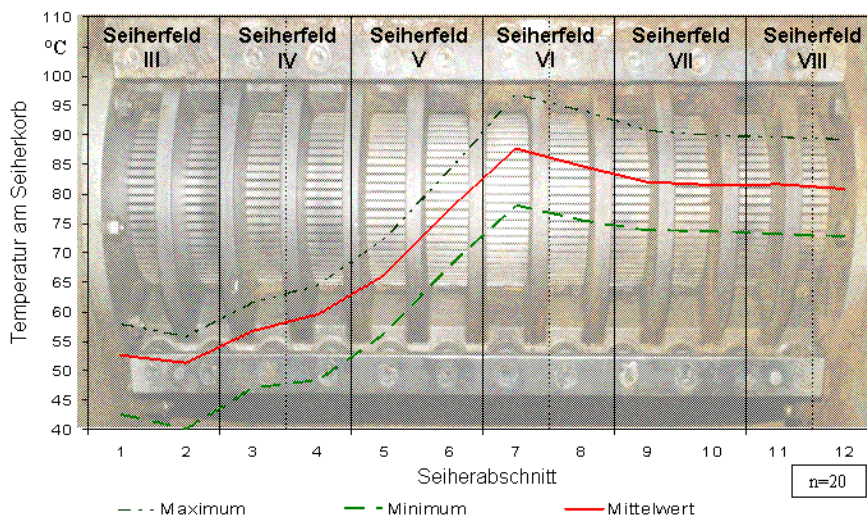
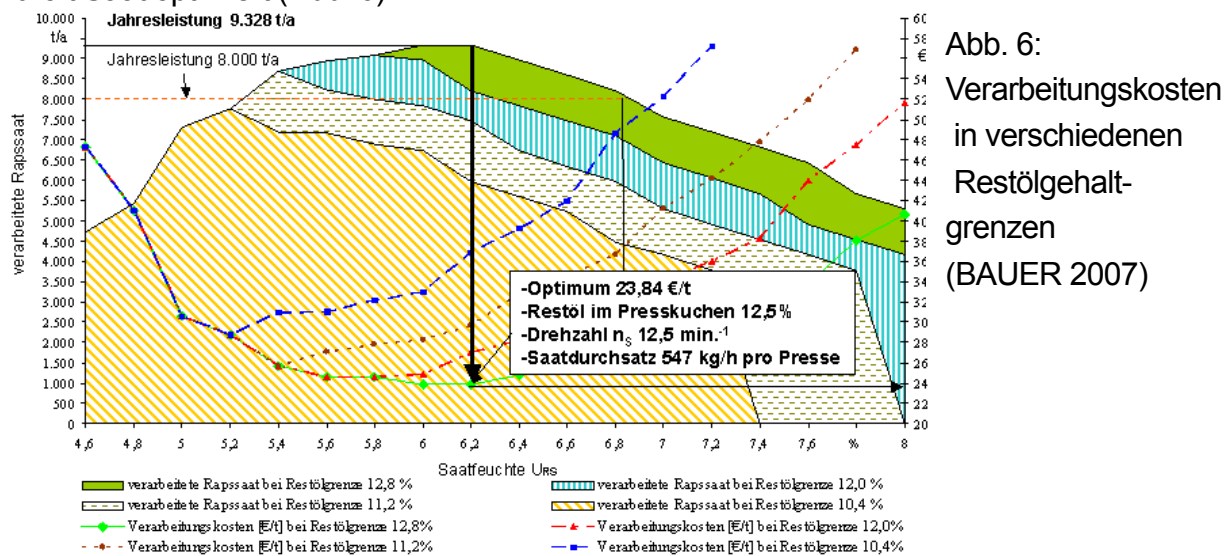


Abb. 5: Temperaturverlauf am Seiherkorb
(BAUER 2007)

Bei Betrachtung der Phosphor-, Calcium- und Magnesiumkonzentrationen im Rohöl je Seiherfeld ist eine Abnahme der Ca-Gehalte bei steigenden P-Gehalten zu beobachten. Die Mg-Gehalte bleiben in den einzelnen Prüfabschnitten weitgehend auf niedrigem Niveau konstant. Hinsichtlich des Anteils an Teststoffen (Gesamtverschmutzung) im Rohöl ist festzustellen, dass im Seiherfeld VI, wo auch die thermisch und mechanisch höchste Belastung im Seiherkorb zu verzeichnen ist, die Hauptmenge an Feststoffen anfällt. Für die Steuerung der Anlagenkonfiguration lässt sich aus den vorliegenden Untersuchungen folgende Ableitung treffen: Eine optimale Rohstoffqualität der zu verarbeitenden Saat, d. h.

mit einem Wassergehalt in der Spanne von 5,8 bis max. 6,2 % bei niedrigstem Besatz sichert eine hohe Durchsatzleistung von stabil 550 kg Saat/h und einen Restfettgehalt von 12,5 % im Presskuchen. Die Verarbeitungskosten werden dabei auf einen Wert von 23,84 Euro/t Saat optimiert (Abb. 6).



4 Zusammenfassung

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 Rapsaat 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 sind nur dann sicher einzuhalten, wenn gesunder, gut ausgereifter Raps verarbeitet wird. Auswirkungen auf die unmittelbare Kraftstoffqualität des Rapsöls hat der Reifegrad der Rapsaat. Sowohl die Säurezahl, die Oxidationsstabilität als auch die Gehalte an Phosphor, Kalzium und Magnesium werden mit zunehmender Ausreifung der Saat positiv beeinflusst. Für eine erfolgreiche Rapsölkraftstoffproduktion in dezentralen Anlagen ist demnach der richtige Erntezeitpunkt der Saat eine der wesentlichsten Voraussetzungen. Geeignete Maßnahmen der Reinigung und Trocknung gewährleisten, dass der Raps bis zur Verarbeitung gesund erhalten wird. Für einen optimalen Betrieb der Ölpressanlage sind Rapsaatfeuchten im Rohstoff von 5,8 bis 6,2 % anzustreben. Dies sichert eine hohe Durchsatzleistung bei gleichzeitig niedrigen Restölgehalten im Presskuchen ab und beeinflusst entscheidend die Verarbeitungskosten. Im Hinblick auf eine optimale Verwertung des Presskuchens in der Tierfütterung sind niedrige Glucosinolatgehalte erwünscht. Durch eine geeignete Sortenwahl kann der Betreiber der Ölmühle den GSL-Gehalt des Rapskuchens beeinflussen. Diese Möglichkeit sollte unter Beachtung der Sortenempfehlungen unbedingt genutzt werden. Die umfassenden Literaturangaben können bei den Autoren abgefordert werden.