



Berichte aus dem TFZ

Qualität von kaltgepresstem Rapsöl als Speiseöl und Festlegung eines Qualitätsstandards

Projektpartner

Bundesforschungsanstalt
für Ernährung und Lebensmittel
Institut für Lipidforschung



**Untersuchung von Einflussfaktoren auf die Qualität
von kaltgepresstem Rapsöl als Speiseöl und
Festlegung eines Qualitätsstandards**



Untersuchung von Einflussfaktoren auf die Qualität von kaltgepresstem Rapsöl als Speiseöl und Festlegung eines Qualitätsstandards

Andreas Attenberger
Dr. Bertrand Matthäus
Dr. Ludger Brühl
Dr. Edgar Remmele

Projektpartner
Bundesforschungsanstalt
für Ernährung und Lebensmittel
Institut für Lipidforschung



Berichte aus dem TFZ 5

Straubing, April 2005

Titel: Untersuchung von Einflussfaktoren auf die Qualität von kaltgepresstem Rapsöl als Speiseöl und Festlegung eines Qualitätsstandards

Projektleiter: Dr. Bertrand Matthäus (BFEL), Dr. Edgar Remmele (TFZ)

Autoren: Andreas Attenberger (TFZ), Dr. Bertrand Matthäus (BFEL)
Dr. Ludger Brühl (BFEL), Dr. Edgar Remmele (TFZ)

Bearbeiter: Andreas Attenberger (TFZ), Dr. Bertrand Matthäus (BFEL)
Dr. Ludger Brühl (BFEL), Roland Fleischmann (TFZ),
Michael Bartczak (BFEL), Anja Rocktäschel (TFZ), Kathrin Stotz (TFZ)

Projektbegleitender Ausschuss:

Vorsitzender:

Dr. K.-J. Groß (Verband Deutscher Oelmühlen e.V.)

Mitglieder:

K. J. Christiansen (Brökelmann + Co, Ölmühle GmbH + Co), U. Götzinger (KD Pharma GmbH), R. Gräf (RGG Rainer Gräf), G. Hell (St. Wendeler Ölsaaten GmbH & Co. KG), Dr. M. Raß (Teutoburger Ölmühle GmbH & Co. KG), Dr. M. Specht (Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen, UFOP), S. Sulzer (Centrale Marketing Gesellschaft der dt. Agrarwirtschaft mbH, CMA), L. Wiedemann (wiol GbR)

Dieses Vorhaben wurde aus Mitteln der industriellen Gemeinschaftsforschung (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie BMWi/AiF) über den Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI) gefördert. AiF-Projekt Nr.: 13430 N

Das Vorhaben wurde mit Unterstützung der CMA (Centrale Marketing Gesellschaft der deutschen Agrarwirtschaft mbH) und UFOP (Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V.) sowie des Verbands Deutscher Oelmühlen e.V. durchgeführt.

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

This research project was supported by the FEI (Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V., Bonn) the AiF and the Ministry of Economics and Technology. AiF-Project No.: 13430 N

The research project was realized with the aid of the CMA (Centrale Marketing Gesellschaft der deutschen Agrarwirtschaft mbH) and UFOP (Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V.) as well as the Verband Deutscher Oelmühlen e.V.

The responsibility for the content of this publication is assumed to the authors.

© 2005

Technologie- und Förderzentrum (TFZ)

im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe, Straubing

Alle Rechte vorbehalten.

Kein Teil dieses Werkes darf ohne schriftliche Einwilligung des Herausgebers in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt, verbreitet oder archiviert werden.

ISSN: 1614-1008

Hrsg.: Technologie- und Förderzentrum (TFZ)
im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe
Schulgasse 18, 94315 Straubing

E-Mail: poststelle@tfz.bayern.de

Internet: www.tfz.bayern.de

Redaktion: A. Attenberger

Verlag: Eigenverlag, Technologie- und Förderzentrum (TFZ)

Erscheinungsort: Straubing

Erscheinungsjahr: 2005

Gestaltung: A. Attenberger, H. Sporrer

Titelbild: Dr. Bertrand Matthäus, Herbert Sporrer

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-----------------------------------|--|-----------|
| Inhaltsverzeichnis | | 5 |
| Abbildungsverzeichnis..... | | 7 |
| Tabellenverzeichnis | | 11 |
| 1 | Ausgangssituation und Problemstellung | 13 |
| 2 | Stand des Wissens | 15 |
| 2.1 | Rapsöl als Speiseöl | 15 |
| 2.2 | Rechtliche Rahmenbedingungen | 16 |
| 2.2.1 | Regelungen für natives Olivenöl | 17 |
| 2.2.2 | Qualitätsparameter für rohes Canola Oil aus Kanada..... | 18 |
| 2.3 | Herstellung von „kaltgepresstem“ Rapsspeiseöl..... | 20 |
| 3 | Zielsetzung | 25 |
| 4 | Material und methodisches Vorgehen | 27 |
| 4.1 | Einfluss der Pressenparameter auf die Qualität von kaltgepresstem Rapsspeiseöl | 27 |
| 4.2 | Einfluss der Rapssaat auf die Qualität von kaltgepresstem Rapsspeiseöl..... | 29 |
| 4.3 | Einfluss der Öleinigung auf die Qualität von kaltgepresstem Rapsspeiseöl | 31 |
| 4.4 | Beschreibung der Ölgewinnung, Öleinigung und Saatlagerung | 32 |
| 4.4.1 | Versuchsanlage zur Ölgewinnung | 32 |
| 4.4.2 | Standardisierte Laborreinigung der Öle..... | 33 |
| 4.4.3 | Öleinigungsverfahren zur Fest-Flüssig-Trennung..... | 34 |
| 4.4.4 | Einstellen unterschiedlicher Trubstoffgehalte | 34 |
| 4.4.5 | Saatlagerung, Trocknung und Einstellen der Lagerfeuchte..... | 35 |
| 4.4.6 | Ölgewinnung aus Saaten von Praxisbetrieben zum Vergleich mit dort produzierten Speiseölen..... | 36 |
| 4.4.7 | Schälung der Rapssaat | 36 |
| 4.4.8 | Einstellen unterschiedlicher Besatzfraktionen und -mengen..... | 36 |
| 4.4.9 | Einstellen unterschiedlicher Bruchkornanteile in der Saat | 36 |
| 4.4.10 | Ölgewinnung aus zum Teil gekeimter Saat | 36 |
| 4.5 | Beurteilung der gewonnenen Speiseöle..... | 37 |
| 4.5.1 | Chemisch-physikalische Analyse | 37 |
| 4.5.2 | Sensorische Analyse | 38 |
| 5 | Ergebnisse und Diskussion | 41 |
| 5.1 | Einfluss der Pressenparameter auf die Qualität von kaltgepresstem Rapsspeiseöl | 41 |
| 5.1.1 | Parameter der Ölgewinnung | 41 |
| 5.1.2 | Sensorische Bewertung der Öle..... | 48 |
| 5.1.3 | Chemisch-physikalische Kennwerte der Öle..... | 52 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 5.1.4 | Zusammenfassung | 63 |
| 5.2 | Einfluss der Saatvorbehandlung auf die Qualität von kaltgepresstem Rapsspeiseöl | 64 |
| 5.2.1 | Parameter der Ölgewinnung | 64 |
| 5.2.2 | Sensorische Bewertung der Öle | 66 |
| 5.2.2.1 | Einfluss der Lagerdauer und Lagerfeuchte | 66 |
| 5.2.2.2 | Einfluss der Schälung | 69 |
| 5.2.2.3 | Einfluss der Saattrocknung | 70 |
| 5.2.3 | Chemisch-physikalische Kennwerte der Öle | 71 |
| 5.2.3.1 | Einfluss der Lagerdauer und Lagerfeuchte | 71 |
| 5.2.3.2 | Einfluss der Schälung | 76 |
| 5.2.3.3 | Einfluss der Saattrocknung | 78 |
| 5.2.4 | Zusammenfassung | 80 |
| 5.3 | Einfluss der Öltreinigung auf die Qualität von kaltgepresstem Rapsspeiseöl | 81 |
| 5.3.1 | Parameter der Ölgewinnung | 81 |
| 5.3.2 | Sensorische Bewertung der Öle | 83 |
| 5.3.3 | Chemisch-physikalische Kennwerte der Öle | 87 |
| 5.3.4 | Zusammenfassung | 90 |
| 5.4 | Einfluss von Fremdbestandteilen in der Saat | 91 |
| 5.4.1 | Einfluss von Besatz auf die Qualität von kaltgepresstem Rapsspeiseöl | 92 |
| 5.4.2 | Einfluss von Klettenlabkraut und Sklerotien auf die Qualität von kaltgepresstem Rapsspeiseöl | 94 |
| 5.4.3 | Einfluss von Bruchkorn auf die Qualität von kaltgepresstem Rapsspeiseöl | 94 |
| 5.4.4 | Einfluss von Auswuchs auf die Qualität von kaltgepresstem Rapsspeiseöl | 97 |
| 5.4.5 | Zusammenfassung | 98 |
| 5.5 | Auswirkungen von flüchtigen Verbindungen auf die sensorischen Attribute | 99 |
| 5.5.1 | Flüchtige Verbindungen für das Attribut <i>röstig</i> bei Ölen aus erhitzter Saat | 99 |
| 5.5.2 | Flüchtige Verbindungen bei Ölen aus gekeimter Saat | 100 |
| 5.5.3 | Flüchtige Verbindungen für das Attribut <i>stichig</i> bei Ölen aus Saaten mit unterschiedlichen Bruchkornanteilen | 102 |
| 5.5.4 | Flüchtige Verbindungen bei Ölen aus intakter Saat mit unterschiedlichen Besatzanteilen | 104 |
| 5.5.5 | Flüchtige Verbindungen bei Ölen aus Saaten nach feuchter Lagerung | 105 |
| 6 | Qualitätsstandard „kaltgepresstes Rapsspeiseöl“ | 109 |
| 7 | Wirtschaftliche Verwertbarkeit und Nutzen der Ergebnisse für kleine und mittlere Unternehmen | 113 |
| | Zusammenfassung | 115 |
| | Quellenverzeichnis | 117 |

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|---------------|--|----|
| Abbildung 1: | Sensorische Qualität kaltgepresster Rapsspeiseöle, Marktübersicht 2003 und 2004 | 13 |
| Abbildung 2: | Bildungswege der Abbauprodukte durch enzymatische Hydrolyse der Glucosinolate | 22 |
| Abbildung 3: | Untersuchte Einflussfaktoren bei der Ölpressung | 28 |
| Abbildung 4: | Versuchsvarianten zur Prüfung des Einflusses der Saattrocknung, Schälung, Lagerdauer und Lagerfeuchte auf die Qualität der gewonnenen Öle..... | 30 |
| Abbildung 5: | Versuchsvarianten zur Prüfung des Einflusses des Reinigungsverfahrens und der Höhe der Gesamtverschmutzung auf die Qualität der gewonnenen Öle..... | 31 |
| Abbildung 6: | Pressdüsenquerschnitt mit Bohrung für Thermoelement..... | 32 |
| Abbildung 7: | Gesamtverschmutzung nach DIN EN 12662 der einzelnen Versuchsvarianten..... | 35 |
| Abbildung 8: | Bewertungsschema für kaltgepresstes, natives Rapsspeiseöl | 39 |
| Abbildung 9: | Abpressgrade und Restfettgehalte der Varianten (PKT = Presskopftemperatur) | 43 |
| Abbildung 10: | Gegenüberstellung des errechneten Abpressgrads und der Ölaustrittstemperatur am Lochseiherr (Unterscheidung nach Pressdüsendurchmesser) | 44 |
| Abbildung 11: | Gegenüberstellung des errechneten Abpressgrads sowie der Presskopf- und der Ölaustrittstemperatur am Lochseiherr ohne zusätzliche Temperierung (Unterscheidung nach Pressdüsendurchmesser) | 46 |
| Abbildung 12: | Ölaustrittstemperaturen in der Praxis | 47 |
| Abbildung 13: | Einfluss von Schneckendrehzahl und Pressdüsendurchmesser bei einer Presskopftemperatur von 60 °C auf die positiven sensorischen Attribute sautig und nussig | 49 |
| Abbildung 14: | Einfluss von Schneckendrehzahl und Durchmesser der Pressdüse bei einer Presskopftemperatur von 60 °C auf die sensorischen Attribute sautig und röstig | 50 |
| Abbildung 15: | Einfluss der Presskopftemperatur auf die sensorische Beurteilung der Öle | 51 |
| Abbildung 16: | Sensorische Beurteilung von Ölen aus Praxisbetrieben (am TFZ gereinigt) und Ölen aus gleicher Rapssaat, gepresst und gereinigt unter standardisierten Bedingungen am TFZ..... | 52 |
| Abbildung 17: | Einfluss von Schneckendrehzahl und Durchmesser der Pressdüse bei einer Presskopftemperatur von 60 °C auf den Chlorophyllgehalt | 53 |
| Abbildung 18: | Einfluss der Presskopftemperatur und des Durchmessers der Pressdüse auf den Chlorophyllgehalt im Öl | 54 |

| | | |
|---------------|---|----|
| Abbildung 19: | Einfluss von Schneckendrehzahl und Durchmesser der Pressdüse bei einer Presskopftemperatur von 60 °C auf den Gehalt an Phosphor im Öl | 55 |
| Abbildung 20: | Einfluss der Presskopftemperatur auf den Gehalt an Phosphor im Öl bei einer Schneckendrehzahl von 40 min ⁻¹ | 56 |
| Abbildung 21: | Einfluss der Schneckendrehzahl sowie des Durchmessers der Pressdüse auf den Gesamtgehalt der Tocopherole im Öl | 57 |
| Abbildung 22: | Einfluss der Presskopftemperatur auf den Gesamtgehalt der Tocopherole im Öl | 58 |
| Abbildung 23: | Einfluss von Schneckendrehzahl und Durchmesser der Pressdüse bei einer Presskopftemperatur von 60 °C auf die Peroxidzahl | 60 |
| Abbildung 24: | Einfluss von Schneckendrehzahl und Durchmesser der Pressdüse bei einer Presskopftemperatur von 60 °C auf die Oxidationsstabilität..... | 61 |
| Abbildung 25: | Wassergehalt der eingelagerten Saaten der Sorte Talent zu Beginn und gegen Ende der Lagerung | 64 |
| Abbildung 26: | Mittelwerte der Abpressgrade der Sorte Talent, normale Trocknung, ungeschält über den gesamten Lagerungszeitraum von neun Monaten | 65 |
| Abbildung 27: | Mittlere Abpressgrade nach 3 und 9 Monaten Lagerung, Sorte Talent, Unterscheidung nach Trocknungstemperatur und Schälung | 66 |
| Abbildung 28: | Einfluss der Lagerdauer bei 7 % Lagerfeuchte auf die sensorische Beurteilung von Rapsspeiseöl..... | 67 |
| Abbildung 29: | Einfluss der Lagerdauer bei 9 % Lagerfeuchte auf die sensorische Beurteilung von Rapsspeiseöl..... | 68 |
| Abbildung 30: | Einfluss der Lagerdauer bei 11 % Lagerfeuchte auf die sensorische Beurteilung der Öle..... | 69 |
| Abbildung 31: | Einfluss der Schälung auf die sensorische Beschaffenheit der Öle (Lagerdauer: 3 Monate, Lagerfeuchte: 7 %)..... | 70 |
| Abbildung 32: | Einfluss der Saattrocknungstemperatur auf die sensorische Beurteilung der Öle | 71 |
| Abbildung 33: | Einfluss von Lagerdauer und Wassergehalt auf den Phosphorgehalt der Öle..... | 72 |
| Abbildung 34: | Einfluss von Lagerdauer und Wassergehalt auf den Gehalt an freien Fettsäuren der Öle..... | 73 |
| Abbildung 35: | Einfluss von Lagerfeuchte und Lagerdauer auf die Peroxidzahl im Öl..... | 74 |
| Abbildung 36: | Einfluss von Lagerfeuchte und Lagerdauer auf den Rauchpunkt des Öles | 75 |
| Abbildung 37: | Einfluss einer Schälung auf den Gehalt an Tocopherolen im Öl nach einer Lagerdauer von 3 Monaten | 76 |
| Abbildung 38: | Einfluss des Schälprozesses auf die Peroxidzahl nach einer Lagerdauer von 3 Monaten | 77 |
| Abbildung 39: | Einfluss von Trocknungstemperatur und Lagerfeuchte auf den Chlorophyllgehalt (Lagerdauer 3 Monate) | 79 |

| | | |
|---------------|---|-----|
| Abbildung 40: | Einfluss von Trocknungstemperatur und Lagerfeuchte auf den Gehalt an freien Fettsäuren (Lagerdauer 3 Monate) | 79 |
| Abbildung 41: | Gesamtverschmutzung des Öls nach DIN EN 12662 unter Verwendung einer Kammerfilterpresse in Abhängigkeit von Filtrationsdauer und verwendeter Rapssaat | 81 |
| Abbildung 42: | Gesamtverschmutzung des Öls nach DIN EN 12662 nach Sedimentation in Abhängigkeit von Filtrationsdauer, -art und verwendeter Rapssaat | 82 |
| Abbildung 43: | Einfluss der Batch-Sedimentation (Dauer 21 Tage) auf die sensorische Beurteilung der Rapsöle | 83 |
| Abbildung 44: | Einfluss der kontinuierlichen Sedimentation (Dauer 4 Tage) auf die sensorische Beurteilung der Öle | 84 |
| Abbildung 45: | Einfluss einer Reinigung mittels Kammerfilterpresse auf die sensorische Beurteilung der Öle..... | 85 |
| Abbildung 46: | Ausprägung der sensorischen Attribute sautig und ranzig von Ölen mit unterschiedlichen Gesamtverschmutzungen | 86 |
| Abbildung 47: | Gehalt an freien Fettsäuren in Ölen mit unterschiedlichen Trubstoffkonzentrationen (Gesamtverschmutzung) | 88 |
| Abbildung 48: | Einfluss der Ölreinigung auf den Gehalt an freien Fettsäuren..... | 89 |
| Abbildung 49: | Einfluss der Ölreinigung auf die Peroxidzahl..... | 89 |
| Abbildung 50: | Einfluss der Ölreinigung auf die Oxidationsstabilität..... | 90 |
| Abbildung 51: | Gegenüberstellung des Einflusses verschiedener Reinigungsverfahren auf die sensorische Beurteilung | 91 |
| Abbildung 52: | Sensorische Beurteilung der mit Besatz verunreinigten Rapssaat | 92 |
| Abbildung 53: | Sensorische Beurteilung der mit Besatz verunreinigten Rapssaat | 93 |
| Abbildung 54: | Einfluss unterschiedlicher Siebfraktionen auf die sensorische Beurteilung von Rapspeiseöl (5 % Besatzfraktion in der Rapssaat) | 94 |
| Abbildung 55: | Sensorische Beurteilung der Öle aus Rapssaat mit definierten Anteilen an Bruchsaat nach Lagerung bei 40 °C für 6 Tage | 95 |
| Abbildung 56: | Sensorische Beurteilung der Öle aus Rapssaat mit 5 % Bruchsaat nach 0, 1, 3 und 6 Tagen Lagerung bei 40 °C | 96 |
| Abbildung 57: | Bildung freier Fettsäuren in Abhängigkeit von Bruchkornanteil und Lagerungsdauer..... | 97 |
| Abbildung 58: | Anstieg des Gehaltes an freien Fettsäuren im Öl aus gekeimter Saat in Abhängigkeit der Keimdauer in Tagen..... | 98 |
| Abbildung 59: | Chromatogramme flüchtiger Verbindungen in Ölen aus thermisch geschädigter Saat | 99 |
| Abbildung 60: | Chromatogramme flüchtiger Verbindungen in Ölen aus teilweise gekeimter Saat (Keimungsdauer 0, 2 und 4 Tage)..... | 100 |
| Abbildung 61: | Chromatogramme flüchtiger Verbindungen in Ölen aus gekeimter Saat..... | 102 |

Abbildung 62: Chromatogramm flüchtiger Verbindungen in Ölen aus Saat mit Bruchkornanteilen (5, 15, 100 %) nach 12 Tagen Lagerung bei Raumtemperatur103

Abbildung 63: Chromatogramm flüchtiger Verbindungen in Ölen aus Saat mit unterschiedlichen Besatzfraktionen (0, 5, 10, 15, 25 %)105

Abbildung 64: Chromatogramm flüchtiger Verbindungen in Öl mit dem Geschmacksfehler „modrig“106

Abbildung 65: Gehalt an Isothiocyanaten und Säurenitrilen in Ölen aus Saat mit 15 % Wassergehalt in Abhängigkeit der Lagerdauer.....107

Tabellenverzeichnis

| | | |
|------------|---|-----|
| Tabelle 1: | Beschaffenheitsmerkmale von Speisefetten und Speiseölen nach den Leitsätzen für Speisefette und Speiseöle [9]..... | 17 |
| Tabelle 2: | Kenngrößen zur Beurteilung der Öle aus den Verarbeitungsstufen | 37 |
| Tabelle 3: | Prozessparameter bei der Ölgewinnung (Mittelwerte und Standardabweichung) | 42 |
| Tabelle 4: | Sensorische Charakterisierung aromawirksamer Komponenten aus Rapsöl, gepresst aus gekeimter Saat nach vier Tagen Keimung | 101 |
| Tabelle 5: | Einfluss unterschiedlicher Bruchkornanteile in der Rapssaat nach 6 Tagen Lagerung bei 40 °C bzw. 12 Tagen Lagerung bei Raumtemperatur auf verschiedene flüchtige Aromakomponenten im Rapsöl | 104 |
| Tabelle 6: | Vergleich der Flächen von signifikanten Peaks im Chromatogramm (Abbildung 63) zueinander, in frisch gepresstem Rapsöl (A) und welchem mit 25 % Besatz (E) | 105 |
| Tabelle 7: | Prüfverfahren für die Methoden des Qualitätsstandards..... | 111 |

1 Ausgangssituation und Problemstellung

Raps ist die wichtigste Ölpflanze in Deutschland. Im Jahr 2004 umfasste ihr Anbau knapp 1,28 Mio. ha. Rapsöl macht 65 % des in Deutschland insgesamt produzierten Speiseöls aus. Der jährliche Verbrauch von Rapsöl für Speisezwecke liegt bei ca. 700.000 t (Quelle: UFOP Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V., CMA Centrale Marketing-Gesellschaft der deutschen Agrarwirtschaft mbH). Die Rolle von Rapsöl in der Ernährung wird zunehmend gestärkt, da verschiedene Untersuchungen die hervorragenden ernährungsphysiologischen Eigenschaften dieses Öles nachgewiesen haben [37][43].

Kaltgepresstes Rapsspeiseöl wird vor allem in kleinen und mittleren dezentralen Anlagen produziert, in denen der Produktionsablauf auf das Wesentliche beschränkt ist [46][47]. Deshalb spielt die Qualität der Rohstoffe, eine optimierte Pflanzenölgewinnung sowie eine umfassende Reinigung der Öle eine wichtige Rolle [27]. Die Qualität kann nicht mehr korrigiert werden, da eine Raffination nicht stattfindet.

Die auf dem Markt anzutreffenden kaltgepressten Rapsspeiseöle unterscheiden sich deutlich in ihrer Qualität (unveröffentlichte Untersuchungen der Bundesanstalt für Getreide-, Kartoffel- und Fettforschung (BAGKF) 2001) [12]. Neben ausgezeichneten Ölen gibt es auch solche mit deutlich abweichenden sensorischen Merkmalen.

Abbildung 1 zeigt eine Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse der sensorischen Bewertung von kaltgepressten Rapsspeiseölen einer Markterhebung aus den Jahren 2003 und 2004.

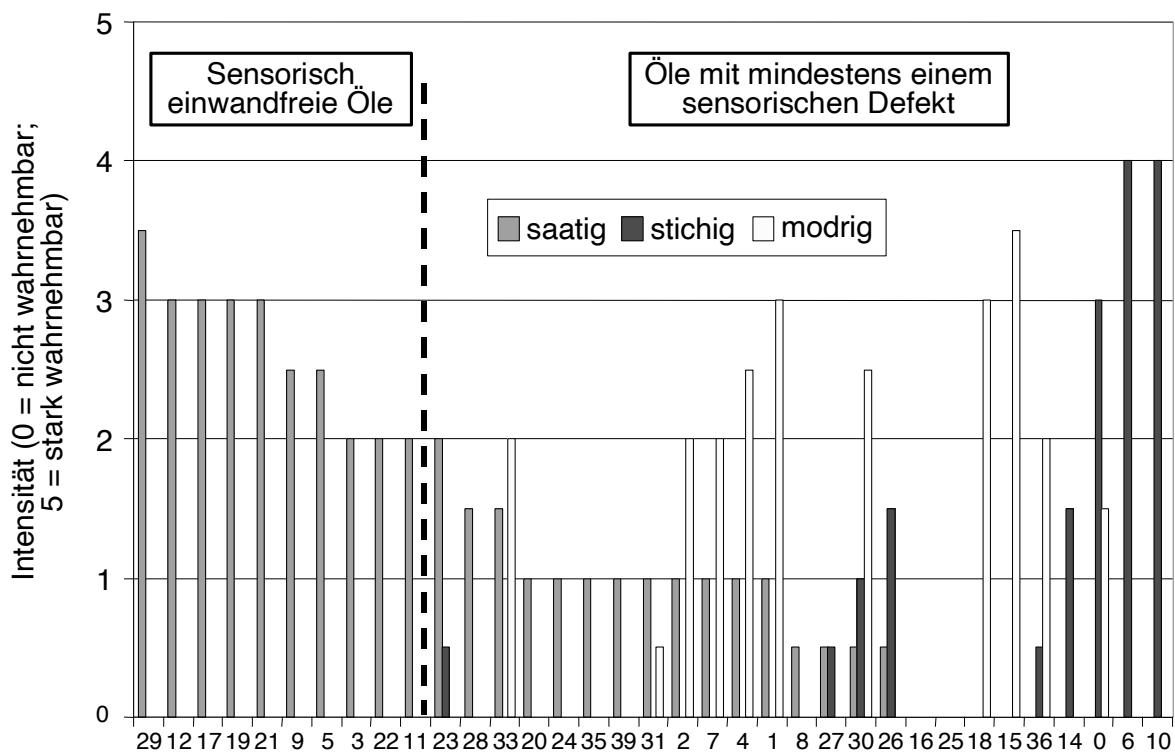


Abbildung 1: Sensorische Qualität kaltgepresster Rapsspeiseöle, Marktübersicht 2003 und 2004

Lediglich ein Viertel der untersuchten Öle war sensorisch einwandfrei, wohingegen drei Viertel der Öle mindestens einen mehr oder weniger stark ausgeprägten Fehler aufwiesen. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass jede Ölmühle ihre eigenen Qualitätskriterien im Rahmen der gesetzlichen Mindestanforderungen selbst aufstellt. Dem Verbraucher ist es somit unmöglich zu beurteilen, ob das gekaufte Rapsöl mit größtmöglicher Sorgfalt aus hochwertigen Rohstoffen hergestellt wurde.

Eine „gläserne“ Produktion, die im Rahmen des vorbeugenden Verbraucherschutzes erwünscht ist, trägt zu einem erfolgreicherem Absatz und einer weiteren Steigerung des Marktanteils bei, da hierdurch ein attraktives Produkt von hoher Wertschöpfung geschaffen wird. Das Beispiel „Olivöl, nativ extra“ zeigt, dass durch die konsequente Weiterentwicklung die Produktqualität auf ein hohes Niveau gebracht werden konnte, was wiederum vom Verbraucher honoriert wird. Eine größere Transparenz auf dem Gebiet der kaltgepressten Rapsspeiseöle könnte durch die Einführung eines Qualitätsstandards geschaffen werden.

Die Ergebnisse bisheriger Untersuchungen erlauben nur teilweise eine Definition der kritischen Punkte des Ölgewinnungsprozesses hinsichtlich der Qualität der gewonnenen Öle. Hingegen sind die Zusammenhänge zwischen den technologischen Einflussfaktoren innerhalb der Prozesskette der Pflanzenölgewinnung und den Untersuchungsparametern für kaltgepresste Öle in vielen Bereichen noch nicht betrachtet worden. Als einer der wichtigsten Aspekte für kaltgepresste Speiseöle fehlt in allen bisherigen Arbeiten der Einfluss des Herstellungsverfahrens auf die sensorische Qualität der Öle. Dieser Aspekt ist aber deshalb besonders wichtig, da Aussehen und Geschmack die Kaufentscheidung nachhaltig beeinflussen. [12]

2 Stand des Wissens

2.1 Rapsöl als Speiseöl

Die hervorragenden ernährungsphysiologischen Eigenschaften von Rapsöl, ergeben sich hauptsächlich aus seiner Fettsäurezusammensetzung [37] [43]. Auch der Ernährungsbericht 2000 [15] stuft Rapsöl aufgrund seiner Zusammensetzung der Fettsäuren noch günstiger als Olivenöl ein, mit der Empfehlung, Rapsöl in der Speis Zubereitung bevorzugt einzusetzen. Vor allem wird der Gehalt an n-3 und n-6 Fettsäuren hervorgehoben und insbesondere der Wert der n-3 Fettsäuren zur präventiven Wirkung, vor den wichtigsten Volkskrankheiten, wie zum Beispiel Herz-Kreislauf-Erkrankungen oder entzündliche rheumatische Erkrankungen genannt.

Allerdings hat Rapsspeiseöl, das heutzutage aus erukasäure- und glucosinolatarmen 00-Rapssorten produziert und in großen Mengen unter dem anonymen Sammelbegriff Speiseöl konsumiert wird, ein Imageproblem. Es wird teilweise immer noch - zu Unrecht - mit dem früher produzierten erukasäurehaltigen Rapsöl in Verbindung gebracht, das in der menschlichen Ernährung unerwünscht ist und nur noch für die industrielle Nutzung erzeugt werden darf.

In den letzten Jahren hat die Verarbeitung von Ölsaaten in dezentralen Anlagen stark zugenommen, so dass auch das Angebot von kaltgepresstem Rapsspeiseöl immer größer wird. Im gesamten Bundesgebiet sind inzwischen mehr als 200 dezentrale Ölmühlen angesiedelt, wovon etwa 20 % auch Speiseöl produzieren. Die Verarbeitungskapazitäten liegen zwischen 0,5 und 25 t/d [46] [47]. Im Gegensatz zu den großen zentralen Anlagen haben dezentrale Anlagen geringere Transportwege und -kosten, wodurch das Wirtschaften in regionalen Stoffkreisläufen begünstigt [46] [47] und die Akzeptanz durch den Verbraucher gesteigert wird.

Nach Meinungsumfragen der CMA verwenden viele Verbraucher zwei Ölsorten. Ein raffiniertes Speiseöl, das auf Grund seines neutralen Geschmacks einen großen Einsatzbereich als Universalöl in der Küche hat. Daneben erfreut sich aber auch die Verwendung kaltgepresster Speiseöle zunehmender Beliebtheit für Salate und ähnliche Zubereitungen. Vor allem der typische, arteigene Geschmack, das spezifische Aroma und die intensive Färbung werden vom Verbraucher geschätzt. Diese sensorischen Eigenschaften sind es, die ein kaltgepresstes Öl vor einem geschmacklich neutralen Raffinat auszeichnen. Die äußere Beschaffenheit und der sensorische Eindruck stehen in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Genusswert des Lebensmittels und sind daher letztendlich für den Erfolg oder Misserfolg eines Produktes verantwortlich.

In dezentralen Ölgewinnungsanlagen ist die Prozessführung zur Herstellung von kaltgepresstem Rapsspeiseöl auf die Schritte Vorbehandlung der Saat, Ölgewinnung, Ölreinigung sowie Lagerung des Öles beschränkt. Dieser einfache Produktionsablauf führt dazu, dass für die Ölgewinnung lediglich eine mechanische Extraktion mit Schneckenpressen in Frage kommt [16] [42] [31]. Hierbei ist es besonders wichtig, auf eine hohe Qualität der Rohstoffe, eine optimierte Pflanzenölgewinnung, eine umfassende Reinigung der Rohöle, sowie auf eine sachgerechte Lagerung zu achten. Durch fehlerhafte Verarbeitung und Lagerung können drastische Qualitätseinbußen auftreten [27]. Diese lassen sich nicht mehr korrigieren, da eine anschließende Raffination nicht stattfindet. Inzwischen gibt es auch eine Reihe von sogenannten naturtrüben Ölen auf dem Markt, bei denen der Ölmüller lediglich einen Teil der Trubstoffe aus dem Öl entfernt.

2.2 Rechtliche Rahmenbedingungen

Die rechtlichen Voraussetzungen für das Herstellen und Inverkehrbringen von Speiseölen sind in den Vorschriften des Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetzes (LMBG) [11] und den darauf basierenden Verordnungen und Gesetzen geregelt. Als Besonderheit für Raps- und Rüböl ist der Erukasäuregehalt auf einen Anteil von höchstens 5 %, bezogen auf den Gesamtanteil an Fettsäuren begrenzt (Erukasäureverordnung [10]). In den Leitsätzen für Speisefette und -öle des Deutschen Lebensmittelbuches [9] werden je nach Herstellungsverfahren native, raffinierte und nicht raffinierte Speiseöle unterschieden und neben der sensorischen Beurteilung verschiedene Kennzahlen, wie Peroxidzahl, Säurezahl oder Anteil an flüchtigen Bestandteilen vorgegeben. Die Peroxidzahl wird für kaltgepresste Öle auf maximal 10 meq O₂/kg und der Gehalt an freien Fettsäuren für kaltgepresste Öle auf maximal 2 % begrenzt. Bei Überschreitungen dieser Grenzwerte ist das Öl nach § 17 LMBG zu beanstanden. Die Deutsche Lebensmittelbuchkommission setzt sich aus Vertretern der Wirtschaft, Forschung, Lebensmittelüberwachung und Verbraucherverbänden zusammen. Gemäß den Leitsätzen kann die Bezeichnung „*nativ*“ oder „*nicht raffiniert*“ bei pflanzlichen Speiseölen durch die Bezeichnung „*kaltgepresst*“ oder „*aus erster Pressung*“ ergänzt werden. Solche Speiseöle müssen mit besonderer Sorgfalt bei der Auswahl der Rohstoffe durch Pressen ohne Wärmezufuhr unter möglichst schonenden Bedingungen gewonnen werden. Technische Parameter wie Ölabinlaufzeit, Eingangstemperaturen und Pressdrücke wurden von der Deutschen Lebensmittelbuchkommission nicht in die Leitsätze aufgenommen. Der Geruch und Geschmack kaltgepresster Öle wird in den Leitsätzen nur pauschal mit den folgenden Attributen beschrieben: arteilig, zum Teil deutlicher artspezifischer Saatgeschmack, jedoch nicht bitter, ranig, ranzig oder fischig. Außerdem dürfen Verunreinigungen im Öl einen Anteil von 0,2 % nicht überschreiten. Neben den, in Tabelle 1 aufgeführten, in den Leitsätzen beschriebenen Beschaffenheitsmerkmalen von Ölen, enthält der Standard des Codex Alimentarius [14], als Grundlage für Handelsverträge weitergehende Beschreibungen für die Zusammensetzung und Kennzeichnung, Empfehlungen für Lebensmittelhygiene, Zusatzstoffe und Rückstände sowie Methodenangaben für Analysen und Probenahme.

Tabelle 1: Beschaffenheitsmerkmale von Speisefetten und Speiseölen nach den Leitsätzen für Speisefette und Speiseöle [9]

| Kenngröße | Methode | Einheit | native und nicht raffinierte Speisefette und -öle | raffinierte Speisefette und -öle |
|---------------------------------|--|-----------------------|---|----------------------------------|
| Säurezahl | DGF C-V 2* L 13.00-5** | mgKOH/g | < 4,0 | < 0,6 |
| Peroxidzahl | DGF C-VI 6a* L 13.00-6** | meq O ₂ /g | < 10,0 | < 5,0 |
| Flüchtige Bestandteile (105 °C) | DGF C-III 12* | % | pflanzliche Speisefette und -öle 0,2 | |
| Unlösliche Verunreinigungen | DGF C-III 11a* DGF C-III 11b* L 13.00-3** L 13.00-4** | % | pflanzliche Speisefette und -öle 0,05 | |

* DGF-Einheitsmethoden

** Amtliche Sammlung nach § 35 LMBG

2.2.1 Regelungen für natives Olivenöl

Anders hingegen stellt sich die rechtliche Situation für das schon auf dem Markt etablierte kaltgepresste Olivenöl, „*nativ extra*“ dar. Hier sind aufgrund der Erfahrungen aus der Praxis und Untersuchungen zu den Zusammenhängen zwischen Produktionsverfahren und Beschaffenheitsmerkmalen der Öle von der Europäischen Union umfangreiche spezielle gesetzliche Regelungen zur Qualitätssicherung aufgestellt worden. Da es sich bei Olivenöl um ein Fruchtöl handelt, lassen sich die dort getroffenen Feststellungen nicht unbedingt auf ein Saatöl, wie Rapsspeiseöl, übertragen. Die Regelungen enthalten neben den chemischen Analysemethoden auch die für Oliven- und Oliventresteröle vorgeschriebenen Höchst- und Mindestgehalte an erwünschten und unerwünschten Inhaltsstoffen (Identitäts- und Qualitätskriterien) [1]. Abgesehen von der chemischen Analyse wird auch der sensorischen Bewertung der nativen Olivenöle ein sehr hoher Stellenwert beigemessen, da dies ein hervorstechendes Merkmal kaltgepresster Öle ist. Die Verordnung ermöglicht vor allem die Abgrenzung und Sicherung der höchsten Qualitätsstufen „*natives Olivenöl extra*“ und „*natives Olivenöl*“ von den schlechteren Qualitäten und trägt dazu bei, Vermischungen und Verfälschungen zu erschweren und zu verhindern.

Da Olivenöl *nativ extra* schon seit vielen Jahren im Europäischen Markt gehandelt wird, ist hier die rechtliche Regelung der Qualitäten schon weit vorangeschritten und auch in Europäisches Recht übernommen worden. Die Ursache für diese umfangreichen Regelungen sind die bisher gezahlten staatlichen Subventionen für die Hersteller und Vermarkter der höchsten Kategorie des „*nativen Olivenöl extra*“. Durch den finanziellen Anreiz kam es zu vielen Betrügereien und Verfälschungen, die durch entsprechend strenge Kennzahlen eingedämmt werden sollten. Allerdings hat es sich immer wieder gezeigt, dass auch schlechte Öle durch entsprechende Verschneidung mit anderen Ölen so verändert werden können, dass alle chemischen Parameter eingehalten werden. Aus den Erfahrungen, die seit Generationen aufgebaut wurden kann einiges auch für kaltge-

presstes Rapsspeiseöl übernommen werden. Allerdings muss man die Besonderheiten des Olivenöles berücksichtigen, so dass hier einige Aspekte nicht unmittelbar auf Rapsöl übertragbar sind.

In der VO (EWG) Nr. 2568/91 werden die folgenden Qualitätsaspekte berücksichtigt:

- Geschmack
- Qualität der Rohwaren
- Vermischung/Verfälschung
- Oxidations-Status
- Unzulässige Behandlungen

Alle diese Qualitätsaspekte sind auch für kaltgepresstes Rapsspeiseöl wichtig, bis auf die Vermischung. Sie ist bei Rapsspeiseöl nicht zu erwarten, da es zurzeit das günstigste Öl auf dem Markt ist. Besonders geeignet für die Bewertung der Herstellung ist die Untersuchung der Steradiene. Wird ein pflanzliches Speiseöl während der Raffination einer Bleichung mittels Bleicherde unterzogen oder kommt es beim Herstellungsprozess zu Temperaturen von über 150 °C, so werden die im Öl enthaltenen Sterole durch Wasserabspaltung teilweise in Steradiene überführt. Da β -Sitosterol in fast allen pflanzlichen Ölen als Hauptsterol vorkommt, kann das daraus gebildete Stigmasta-3,5-dien als Leitsubstanz für den Nachweis einer durchgeführten Bleichung dienen oder aber auf eine unsachgemäße Produktion der kaltgepressten Öle hinweisen. Zur Unterscheidung von kaltgepressten und raffinierten Olivenölen wurde der Grenzwert für den Gehalt an Steradienen in der VO 2568, Anhang 1 auf 0,15 mg/kg festgelegt.

2.2.2 Qualitätsparameter für rohes Canola Oil aus Kanada

Das Canadian General Standards Board, Committee on Canola Oil, hat einen nationalen Standard zur Qualität des kanadischen, erukasäurearmen Rapsöles verabschiedet. Es wird unter dem Namen Canola Oil vermarktet, das aber im Gegensatz zum deutschen kaltgepressten Rapsspeiseöl ausschließlich in raffinierter Form auf den Markt gebracht wird. Allerdings unterscheidet der Qualitäts-Standard neben den raffinierten Qualitäten drei Stufen für rohes (noch nicht raffiniertes) Canola Oil: rohes Öl, rohes, entschleimtes Öl und nach Super-Entschleimung (Super degumming) erhaltene rohe Öl.

Parameter für rohes Canola Oil:

- Freie Fettsäuren < 1 g/100 g
- Feuchtigkeit und < 0,5 g/100 g

Verunreinigungen

- Erucasäure < 2 g/100 g
- Phosphor < 50 mg/kg (im super-entschleimten Öl)
- Chlorophyll < 30 mg/kg
- Schwefel < 8 mg/kg

(Für die Saat: <30 µmol einer oder jeder Mischung von 3 Butenylglucosinolat, 4-Pentenylglucosinolat, 2-Hydroxy-3-Butenylglucosinolat, und 2-Hydroxy-4-Pentenylglucosinolat pro Gramm fettfreier Trockenmasse)

Zusätzlich zu den schon bei den Leitsätzen des Deutschen Lebensmittelbuches angesprochenen Parametern werden hier folgende zusätzliche Grenzwerte aufgestellt:

Der Phosphorgehalt wird stark von der Herstellung beeinflusst. Mit guter Rohware lassen sich bei sachgemäßem Pressen Phosphorgehalte weit unter 50 mg/kg einhalten. Nur bei hohen Temperaturen und Drücken werden höhere Phosphorwerte im Öl verursacht.

Der Gehalt an Chlorophyll sollte im Öl nicht zu hoch sein, da Chlorophyll zusammen mit Licht als Oxidationsbeschleuniger wirkt. Durch Keimung (Auswuchs) oder fehlende Reife bzw. Besatz (z.B.: Klettenlabkraut) geschädigte Saat führt zu erhöhten Gehalten an Chlorophyll. Auch zu starkes Pressen erhöht den Chlorophyllgehalt. Um eine ausreichende Haltbarkeit der Öle zu gewährleisten, sollte der Gehalt an Chlorophyll unter 30 mg/kg Öl liegen.

Durch die Limitierung des Schwefelanteils bzw. der Glucosinolate wird erreicht, dass nur der so genannte Doppel-Null Raps verarbeitet wird. Also Rapssaat mit weitgehend eliminiertes Erucasäure und Glucosinolaten.

2.3 Herstellung von „kaltgepresstem“ Rapsspeiseöl

Nach der Ernte wird die Rapssaat in der Regel nicht unmittelbar verarbeitet, sondern die Verarbeitung erfolgt kontinuierlich über das Jahr verteilt. Bis zur Verarbeitung wird die Rapssaat eingelagert, mit dem Ziel, die Qualität der Rapssaat durch den Lagerungsprozess und die Lagerdauer nur wenig zu beeinflussen. In der Praxis sind unterschiedlich lange Lagerzeiten der Ölsaaten unvermeidbar. [49] Eine wichtige Einflussgröße neben der Lagerdauer ist die Lagerfeuchte, mit der die Rapssaat eingelagert wird. Dabei ist zu beachten, dass die Saat bei der Lagerung nicht zu trocken ist, da sie dadurch spröde wird und vermehrt Bruchsaat entsteht. Bei einer zu hohen Feuchtigkeit ist zu berücksichtigen, dass die Wasseraktivität für die Qualität der Saat von zentraler Bedeutung ist. Die Wasseraktivität, die den Gehalt an frei verfügbarem Wasser beschreibt, ist zwar nicht mit dem Wassergehalt gleichzusetzen, wird aber durch diesen beeinflusst. Generell ist die Wasseraktivität, für chemische Reaktionen, das Wachstum von Mikroorganismen, aber auch für Folgereaktionen, durch die Enzyme katalysiert werden, von großer Bedeutung. [4]

Je nach Witterungsbedingungen vor und während der Ernte kann eine Trocknung der Saat vor der Lagerung auf einen Feuchtigkeitsgehalt zwischen 6 und 7 % erforderlich sein. Saatgut mit einem Wassergehalt über 9 % wird von den Lagerhäusern nicht zur Einlagerung angenommen. Die Trocknung erfolgt meist indirekt, wobei heiße Luft im Gegenstromverfahren durch die Saat geführt wird. Die Temperaturen sollten 40 °C nicht überschreiten - müssen größere Mengen an Saatgut in kurzer Zeit getrocknet werden, liegen sie in der Praxis zum Teil allerdings auch deutlich höher.

Seit einigen Jahren wird auch kaltgepresstes Rapsspeiseöl aus geschälter Rapssaat vermarktet. Dabei wird die Saat vor der Pressung einem patentierten Schälprozess unterzogen, um die dunkle Schale, die bis zu 16 % des Gesamtgewichtes des Rapskorns ausmachen kann und neben Bitterstoffen wie Sinapin auch andere phenolische Verbindungen enthält, abzutrennen. Das Ziel dieses Prozesses ist es, durch den Schälprozess unerwünschte Inhaltsstoffe, die während der Pressung aus den Schalen in das Öl übergehen und zu einer Verschlechterung der Ölqualität führen können, vor dem Ölgewinnungsprozess abzutrennen. Außerdem ist es dadurch möglich, eine Presstemperatur unter 40 °C einzuhalten und somit saateigene Enzyme in ihrer Aktivität zu beschränken, was wiederum zu einer Reduzierung von unerwünschten Inhaltsstoffen führt. [38][39][40][41]

Als Ölpresen kommen für die Verarbeitung von Raps ausschließlich Schneckenpressen unterschiedlicher Hersteller zum Einsatz, die entweder als Seiherschneckenpressen oder als Schneckenpressen mit Lochzylinder ausgeführt sind. Diese können jeweils mit unterschiedlichen Einstellungen betrieben werden, die großen Einfluss auf verfahrenstechnische Zielgrößen haben. Zum Teil herrschen jedoch Betriebsbedingungen (z. B. Temperaturen), die nicht in jedem Fall über die Wahl der Pressparameter beeinflussbar sind [47].

An den Abpressvorgang schließt sich in dezentralen Anlagen die Reinigung der Rohöle von Samenbestandteilen an (Fest-Flüssig-Trennung). Der Anteil an Feststoffen im Trüböl, bewegt sich je nach Drehzahl der Pressschnecke, Durchmesser der Pressdüse, Saatemperatur und Saatfeuchte zwischen 1 und 13 Gew.-% [35].

Das Ziel der Ölreinigung ist die Trennung des zweiphasigen Stoffgemisches aus Öl (flüssige Phase) und Samenpartikeln (feste Phase). Dabei werden in dezentralen Anlagen vorrangig zwei Ver-

fahren angewendet, Sedimentation und Filtration. An diese Hauptreinigung, die das Ziel hat den größten Teil der Samenpartikel zu entfernen, schließt sich in der Regel noch eine Sicherheitsfiltration an, die ausschließlich als Filtration durchgeführt wird und die Aufgabe hat, eine definierte Reinheit des Produktes zu gewährleisten. [35]

Beim Sedimentationsverfahren erfolgt die Trennung durch unterschiedliche Dichte der flüssigen und der festen Phase. Die festen Bestandteile sinken dabei, angezogen durch Erdanziehungskraft langsam nach unten. Dieses Verfahren findet Anwendung in dezentralen Anlagen mit einer geringen Verarbeitungskapazität. Unterscheiden kann man zwischen dem Batch-Verfahren, bei dem der Behälter mit dem Trüböl befüllt wird und die Partikel über einen bestimmten Zeitraum sedimentieren, und dem kontinuierlichen Sedimentationsverfahren, bei dem die Zugabe der Suspension, die Entnahme der geklärten Flüssigkeit und die Entfernung der aufkonzentrierten Feststoffe zeitgleich über mehrstufige Absetzbecken geschieht. [35]

Unter Filtration versteht man die mechanische Trennung der festen und flüssigen Phasen. In dezentralen Anlagen wird dies zumeist mit Hilfe einer kuchenbildenden Filtration erreicht, bei der die Samenpartikel an einem porösen Filtermaterial festgehalten werden. Dadurch baut sich ein Filterkuchen auf, der seinerseits zur Filtration beiträgt. Hierzu kommen Kammerfilterpressen oder Vertikaldruckplattenfilter zum Einsatz. [6][12][36]

Der Einfluss einzelner Parameter des Ölgewinnungsprozesses auf die Beschaffenheitsmerkmale von Rapsöl ist in verschiedenen Arbeiten, wie zum Beispiel von WIDMANN (1994) [48], untersucht und dargestellt worden. Einen sehr umfassenden Überblick liefert NIEWIADOMSKI (1990) [27], der die Aspekte der Ernte, Saatreinigung, -trocknung und -lagerung bis hin zur Saatvorbehandlung und Pressung beschreibt. Als Zielgrößen für die Qualität dienen dabei vor allem die Peroxidzahl, freie Fettsäuren, aber auch der Chlorophyllgehalt. Andere Arbeiten beschäftigen sich mit dem Einfluss der Lagerung von Rapssaat [26] und dem Einfluss einer Hitze einwirkung während der Trocknung oder der Hitze vorbehandlung [7] [20] [28] [29] [30] [33] [34] [44] [53]. Als Qualitätsparameter wurden dabei vor allem Zielgrößen verwendet, welche die Öle hinsichtlich ihres Oxidationszustandes beschreiben oder als Indikatoren für eine Schädigung des Öles dienen. Die gewählten Zielgrößen waren Peroxidzahl, freie Fettsäuren, *trans*-Fettsäuren, Oxidationsstabilität, aber auch Tocopherol-, Chlorophyll- und Phosphorgehalt, die einen direkten Einfluss auf die Stabilität der gewonnenen Öle haben. Die Hitze einwirkung auf die Saat führt zu einer Inaktivierung von fettspaltenden Enzymen, wodurch die Oxidationsstabilität erhöht wird [44]. Gleichzeitig gehen aber auch verstärkt Phospholipide in das Öl über [33] [34] [53], die in Verbindung mit Tocopherolen wiederum die Oxidationsstabilität erhöhen. Negativ wirkt sich eine erhöhte Hitze einwirkung auf den Gehalt an *trans*-Fettsäuren [7] sowie den Gehalt an freien Fettsäuren aus [30]. Große Unterschiede in der Tocopherolbilanz in Abhängigkeit von einer Wärme vorbehandlung der Saat vor der Pressung konnten WILLNER et al. (1997) [52] zeigen.

Ein charakteristisches Merkmal für Rapssaat sind die enthaltenen Glucosinolate. Sie bestehen aus einer Glucoseeinheit, einer schwefelhaltigen Gruppierung, einer Sulfatgruppe und einem Agluconrest. Der Agluconrest kann eine Alkyl-, Alkenyl-, Aryl- oder Indolstruktur aufweisen. So findet sich im Raps unter anderem Gluconapin (But-3-enylglucosinolat) und Glucobrassicinapin (Pent-4-enylglucosinolat). Ein Zerkleinern des Rapssamens hebt die natürliche Trennung der Glucosinolate von dem abbauenden Enzym (Myrosinase) auf und führt zur Bildung von Isothiocyana-

ten, Oxazolidinthionen und Nitrilen. Abbildung 2 bietet eine Übersicht über die Bildungswege der Abbauprodukte der Glucosinolate, welche je nach Größe der Reste (R) leicht flüchtig sind und sich negativ auf den sensorischen Eindruck auswirken können. Sie weisen teilweise einen intensiv scharfen Geschmack und stichigen Geruch auf. In alten Rapssorten (vor etwa 25 Jahren) lag der Glucosinolatgehalt bei bis zu 3-Gew.%, wurde aber durch gezielte Züchtung stark reduziert. Der sogenannte 00-Raps enthält heute nur noch bis etwa 20 μmol Glucosinolate.

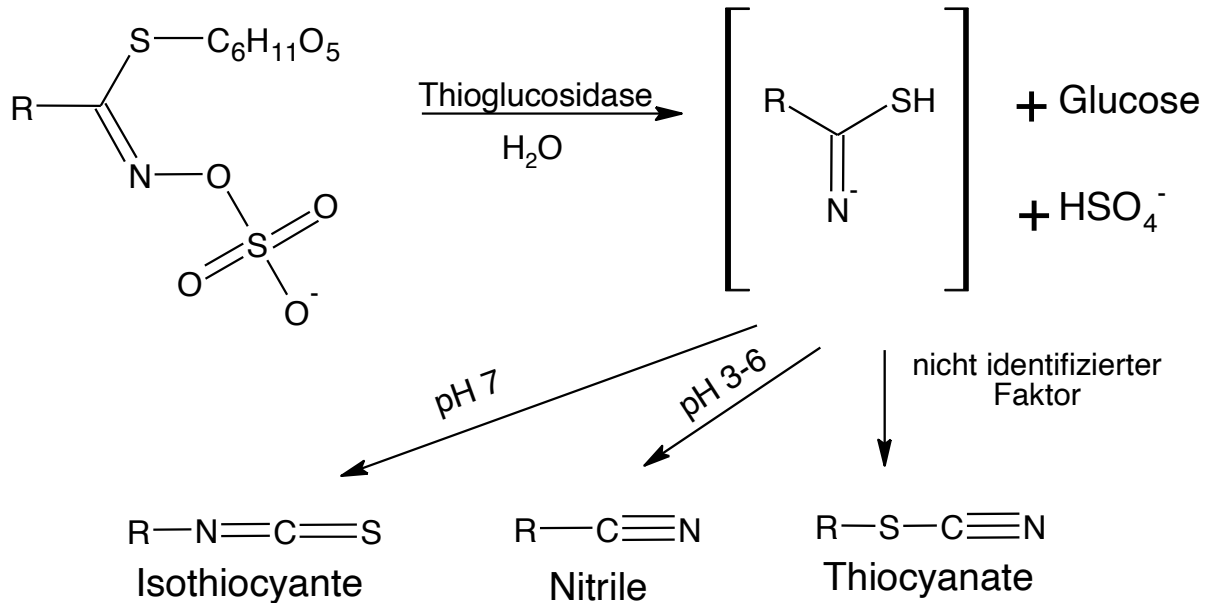


Abbildung 2: Bildungswege der Abbauprodukte durch enzymatische Hydrolyse der Glucosinolate

Den Einfluss verschiedener Parameter der Ölpressung sowie der Saatvorbehandlung auf Zielgrößen wie Abpressgrad, Feststoffgehalt und Phosphorgehalt haben JANSEN und STEFFEN (1990) [22] sowie WIDMANN (1992) (1994) (1999) [45] [46] [50] [47] und BERNESSON (1990) [5] beschrieben. Diese Arbeiten untersuchten auch die Ölreinigung durch Sedimentation hinsichtlich des Einflusses von Temperatur und Zeit. Der Abpressgrad bei unterschiedlichen Saatvorbehandlungen mit variierenden Wassergehalten wurde ebenso von BARGALE (2000) [3] untersucht.

Qualitätsparameter zur Beurteilung von kaltgepressten Speiseölen werden in der Arbeit von BRÜHL und FIEBIG (1995) [8] beschrieben. In Anlehnung an die Beurteilung von Olivenöl werden die Gehalte an Steradienen, *trans*-Fettsäuren, freien Fettsäuren sowie die UV-Absorption bei 232 und 270 nm herangezogen. Eine Unterscheidung zwischen kaltgepressten und raffinierten Ölen anhand dieser Parameter ist möglich. Qualitätskriterien für rohes Rapsöl stellten POKORNY et al. (1993) [32] auf. Dabei wurde die oxidative Stabilität als wichtigstes Merkmal herausgestellt und der Einfluss von Minorcomponenten untersucht.

GOMBOS und WOIDICH (1987) [19] untersuchten den Einfluss von Gewinnung und Verarbeitung auf die Inhalts- und Begleitstoffe von Pflanzenölen, wobei verschiedene Parameter kaltgepresster und raffinierter Speiseöle verglichen wurden. In den Arbeiten von KLEIN (1999) (2000) [23][24][25] wurden ebenfalls verschiedene Pflanzenöle des Handels hinsichtlich unterschiedlicher Qualitätsparameter untersucht und mit Literaturdaten bzw. den Leitsätzen des Deutschen Lebensmittelbuches verglichen. Als Parameter wurden neben Sterinverteilung, Stigmastadien und *trans*-Fettsäuren auch Säurezahl, Peroxidzahl und Fettsäurezusammensetzung herangezogen. Einen Überblick über verschiedene Methoden und Parameter zur Beurteilung von Speiseölen erhält man aus den Arbeiten von GERTZ (1990) (1993) [18][17], APARICIO und APARICIO-RUÍZ (2000) [2] sowie CERT (2000) [13], in denen verschiedene Bestandteile, wie konjugierte Fettsäuren, Polyphenole, Wachse, Triglyceride, Sterine, Tocopherole und flüchtige Verbindungen zur Beurteilung der Speiseöle verwendet werden.

Weitere Qualitätskriterien für die Verwendung von Rapsöl als Kraftstoff werden von REMMELE et al. (2000) [35] beschrieben.

3 Zielsetzung

In technologischen Untersuchungen sollen Parameter der Ölsaatenvorbehandlung und der Saatqualität, des Ölgewinnungsprozesses sowie der Ölreinigung hinsichtlich ihres Einflusses auf die Beschaffenheitsmerkmale von kaltgepresstem Rapsspeiseöl untersucht werden. Insbesondere Zusammenhänge zwischen den einzelnen Prozessschritten und des sensorischen Eindrucks der Öle sollen hierbei erarbeitet werden. Die im Vorhaben erzielten Ergebnisse werden schließlich zur Definition von Qualitätskriterien herangezogen.

Aus den Ergebnissen sollen Aussagen zur Optimierung der Verfahrenstechnik im gegebenen Rahmen der vorhandenen Technologie bzw. zur eventuellen Notwendigkeit einer technologischen Weiterentwicklung abgeleitet werden. Weiterführend soll auf den vorhandenen rechtlichen Vorgaben aufbauend, ein Qualitätsstandard vorgeschlagen werden, der ein qualitativ hochwertiges kaltgepresstes Rapsspeiseöl definiert.

Die systematische Untersuchung der Einflussfaktoren gliedert sich in drei Arbeitsschwerpunkte: Der erste Arbeitsschwerpunkt ist die Ermittlung des Einflusses der Systemparameter der Ölpresse, wie Presskopftemperatur, Schneckendrehzahl oder Pressdüsendurchmesser, auf die Qualität des gewonnenen Speiseöls. Der zweite Arbeitsschwerpunkt betrachtet den Einfluss von Fremdbestandteilen in der Rapssaat sowie die Lagerung und Vorbehandlung der Rapssaat auf die Qualität des gewonnenen Rapsspeiseöls. Als wichtige Einflussgrößen werden die Lagerungsdauer und Lagerfeuchte der Saat variiert sowie die vor der Einlagerung erfolgte Trocknung der Saat und die Auswirkung eines Schälprozesses der Saat, auf die Ölqualität betrachtet. Im dritten und letzten Arbeitsschwerpunkt werden ausgewählte Einflussfaktoren seitens der Ölreinigung untersucht. So sollen zum einen die möglichen Auswirkungen des Gehalts an Verunreinigungen im Rapsspeiseöl auf die sensorische Qualität, aber auch verschiedene Arten der Ölreinigung beleuchtet werden.

4 Material und methodisches Vorgehen

4.1 Einfluss der Pressenparameter auf die Qualität von kaltgepresstem Rapspeiseöl

Die Untersuchungen zum Einfluss der technologischen Parameter auf die Beschaffenheitsmerkmale von Rapspeiseöl wurden an der Versuchsanlage zur Pflanzenölgewinnung und -reinigung des Technologie- und Förderzentrums durchgeführt. Hierbei wurden die Größen Presskopftemperatur, Pressdüsendurchmesser und Schneckendrehzahl variiert. In Vorversuchen wurden zuerst die Eckpunkte der im Projektantrag beschriebenen Varianten untersucht, um die Grenzen der zu erwartenden Qualitätsunterschiede der gewonnenen Speiseöle abzustecken. Die Ergebnisse zeigten die maximal möglichen Auswirkungen der unterschiedlichen Pressenparameter auf die Qualität der gewonnenen Rapsöle. Basierend auf diesen Ergebnissen wurde die Versuchsanordnung angepasst.

Beim Pressen der Öle (Einzelheiten siehe unter 4.4.1) wurde die Ölsaart bei einer mittleren Presskopftemperatur von 60 °C, bei einem Pressdüsenlochdurchmesser von 6, 8 und 10 mm und Pressschneckendrehzahlen von 20, 40, 70 und 95 min⁻¹ verarbeitet. Des Weiteren wurden noch Varianten mit einer Presskopftemperatur von 90 °C, unter Verwendung von Pressdüsen mit einem Lochdurchmesser von 6 und 10 mm und bei Schneckendrehzahlen von 40 und 95 min⁻¹ untersucht. Da in Vorversuchen ein Einfluss der 15 mm Pressdüse nicht festgestellt werden konnte, wurde die 15 mm Düse durch eine Pressdüse mit 6 mm Düsensdurchmesser ersetzt. Abbildung 3 zeigt die variierten Presseneinstellungen

Insgesamt wurden 32 Speiseöle gewonnen; die hierbei verwendete Ölsaart der Sorte Talent aus dem Erntejahr 2002, hatte einen Ölgehalt von 44,2 % und wurde mit einem Wassergehalt von 7,6 % am Technologie- und Förderzentrum eingelagert.

Um den Einfluss der Presseneinstellung auf die Speiseölqualität zu erfassen, wurden diese Einflussgrößen während des gesamten Abpressvorgangs möglichst konstant gehalten.

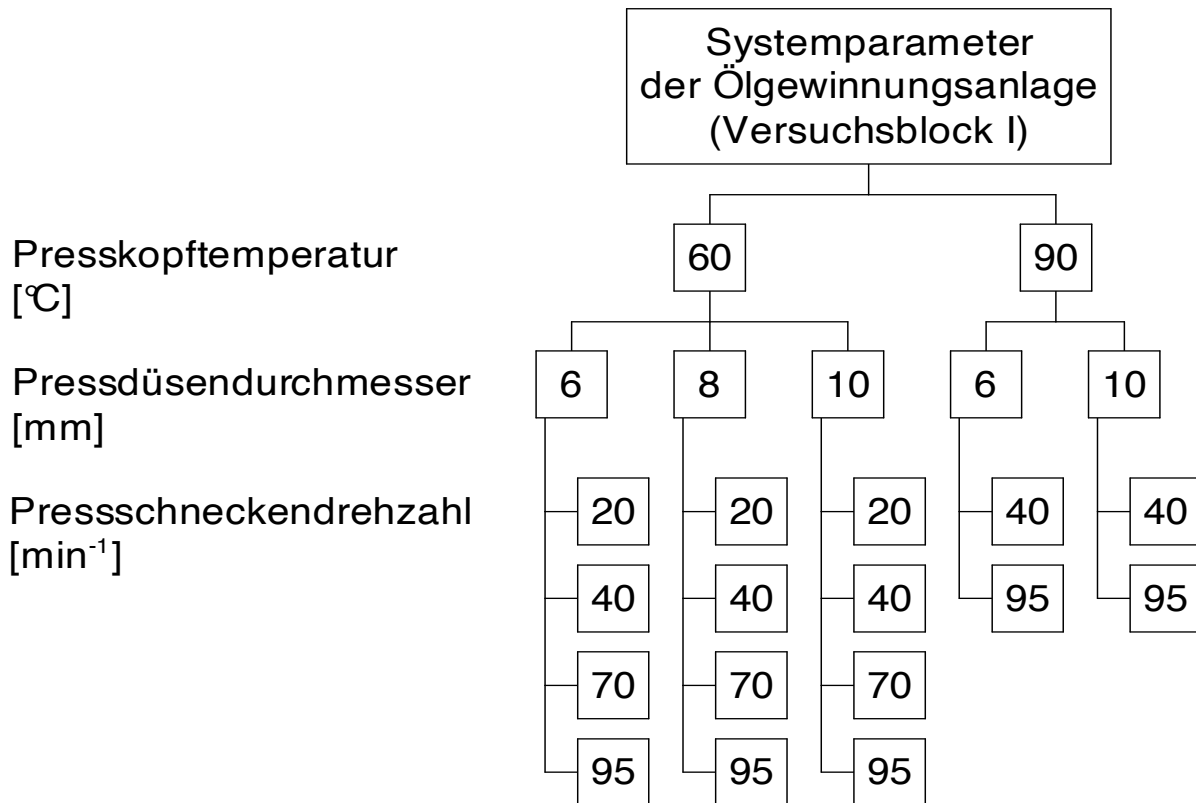


Abbildung 3: Untersuchte Einflussfaktoren bei der Ölpressung

Zusätzlich zu den genannten Prozessparametern wurden noch die Restfettgehalte im Presskuchen sowie die Gesamtverschmutzung des Trüböls erfasst. Der Restfettgehalt wurde nach der Methode DGF-B-II 4a (98) bestimmt, die Gesamtverschmutzung des Trüböls in Anlehnung an DIN EN ISO 12662.

Der errechnete Abpressgrad (APG) basiert auf den Kenngrößen Masse der eingewogenen Rapsaat (m_{RS}), Ölgehalt der Rapssaat in Prozent bezogen auf die Originalsubstanz (w) und Masse an gewonnenem Trüböl ($m_{TÖ}$). Hierbei wird die in der eingewogenen Saat enthaltene Menge Öl errechnet und anschließend mit der Masse an gewonnenem Trüböl verglichen:

Berechnung des Abpressgrads:

$$APG = \frac{m_{TÖ}}{m_{RS} \times \frac{w}{100}} \times 100$$

Ergänzend wurden die in Praxisbetrieben auftretenden Presskopf- und Ölaustrittstemperaturen erfasst.

4.2 Einfluss der Rapssaat auf die Qualität von kaltgepresstem Rapsspeiseöl

Im zweiten Untersuchungsblock des Vorhabens wurde der Einfluss der Lagerung und Vorbehandlung der Saat auf die Qualität des gewonnenen Rapsspeiseöls untersucht. Als Einflussfaktoren wurden dabei die Lagerfeuchte der Saat, die Lagerdauer und eine Trocknung bei 40 bzw. 90 °C betrachtet. Zusätzlich wurde geschälte Saat in die Untersuchungen einbezogen, um den Einfluss des Schälens hinsichtlich der vorgegebenen Zielgrößen beurteilen zu können. Dabei sollte die Frage geklärt werden, ob durch das vorherige Abtrennen der Schalen ein zusätzlicher Qualitätsgewinn möglich ist und negative Einflüsse einer Trocknung auf zu hohem Temperaturniveau oder einer ungünstigen Lagerung der Saat ausgeglichen werden können.

Im Rahmen von parallel laufenden, umfangreichen Forschungsarbeiten des Instituts für Lipidforschung der Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel, in Kooperation mit der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, konnte ein signifikanter Sorteneinfluss auf die sensorische Beurteilung der gewonnenen Rapsspeiseöle bislang nicht nachgewiesen werden, so dass die ursprünglich geplante Untersuchung eines Sorteneinflusses, nach Absprache mit dem projektbegleitenden Ausschuss, nicht weiter verfolgt wurde. Dafür wurde die Untersuchung des Einflusses von unterschiedlichen Fremdbestandteilen in der Rapssaat (Besatz, Bruchkorn, Auswuchs) zusätzlich durchgeführt.

Für die Untersuchungen wurde sortenreine, ungetrocknete Rapssaat aus der Ernte Juli 2003 eingesetzt. Die ursprünglich vorgesehene Sorte Express wurde durch die Hybridsorte Talent ersetzt, da diese schon im ersten Versuchsblock Verwendung fand und es sich hierbei ebenso um eine in der Praxis gängige Sorte handelt.

Vor dem Einstellen der Lagerfeuchte wurde eine Vorabpressung der Saaten vorgenommen, um mögliche sensorische Fehler zu Beginn des Versuchsblocks auszuschließen. Die Überprüfung der gewonnenen Öle zeigte eine gute sensorische Qualität. Anschließend wurde die Lagerungsfeuchte der Saaten wie unter 4.4.5 beschrieben eingestellt.

Nach jeweils 1, 2, 3, 6 und 9 Monaten Lagerdauer wurde ein Teil der eingelagerten Ölsaaten abgepresst. Die Ölsaaten wurden bei einer Schneckendrehzahl von 40 min^{-1} , unter Verwendung einer 8 mm Pressdüse verarbeitet.

Abbildung 4 zeigt die Versuchsvarianten des zweiten Arbeitsschwerpunktes.

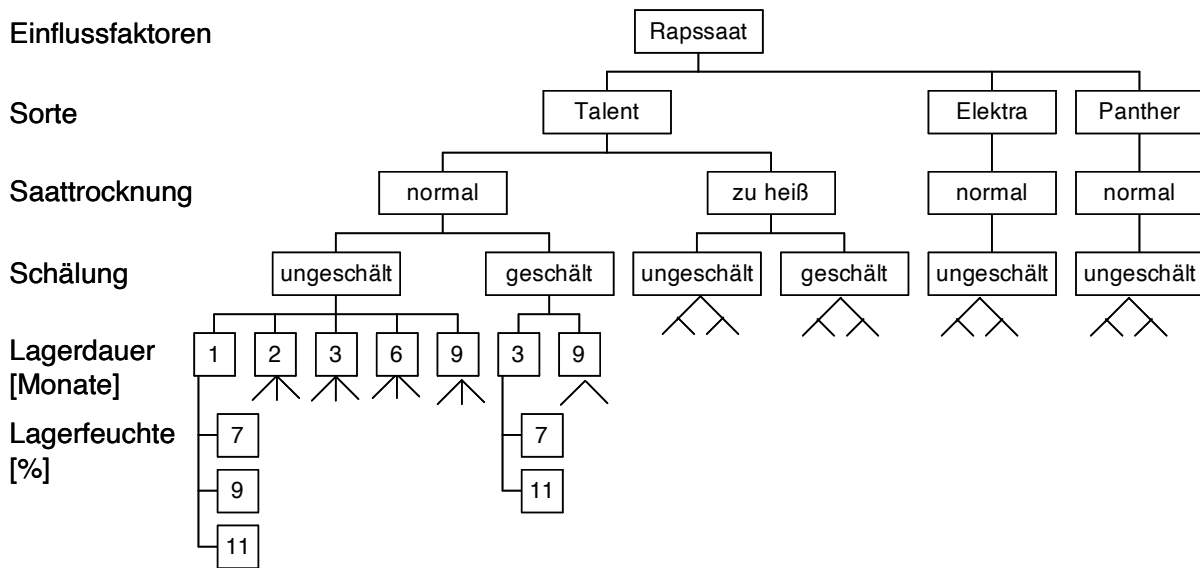


Abbildung 4: Versuchsvarianten zur Prüfung des Einflusses der Saattrocknung, Schälung, Lagerdauer und Lagerfeuchte auf die Qualität der gewonnenen Öle

Für die Verarbeitung nach dreimonatiger und neunmonatiger Lagerdauer wurde, wie im Projektantrag vorgesehen, ein Teil der „normal“ und „zu heiß“ getrockneten Rapssaat in der Teutoburger Ölmühle, Ibbenbüren geschält und anschließend am Technologie- und Förderzentrum gepresst. Um eine möglichst gute Qualität bei der Saatschälung zu erzielen, musste die Ölsaat vor der Schälung schonend bei 40 °C auf ca. 5 % Wassergehalt getrocknet werden. Bei einer anschließenden Probepressung der geschälten Saat in der Prüfstandsanlage zur Pflanzenölgewinnung zeigte sich, dass die geschälte Saat nur nach Befeuchtung auf 7 % Wassergehalt verarbeitet werden konnte.

Aufgrund der, in den Versuchsvarianten angestrebten hohen Lagerfeuchten konnten bereits nach ca. zwei Monaten Lagerdauer erste Schimmelnester sowie ein geringfügiger Austrieb bei den eingelagerten Rapssaaten beobachtet werden. Hiervon betroffen waren die Varianten der mit 11 % Wassergehalt eingelagerten Rapssaat „normale Trocknung“ sowie „heiße Trocknung“.

4.3 Einfluss der Ölreinigung auf die Qualität von kaltgepresstem Rapsspeiseöl

Im dritten Arbeitsschwerpunkt wurden ausgewählte Einflussfaktoren seitens der Ölreinigung untersucht. So sollten zum einen die möglichen Auswirkungen des Gehalts an Verunreinigungen im Rapsspeiseöl auf die sensorische Qualität, aber auch auf verschiedene chemisch-physikalische Parameter untersucht werden. Zum anderen wurde der Einfluss unterschiedlicher Reinigungsverfahren betrachtet.

Abbildung 5 zeigt die Varianten zur Untersuchung des Einflusses der Ölreinigung auf die Qualität von kaltgepresstem Rapsspeiseöl. Zusätzlich zu den ursprünglich geplanten Varianten wurden bei der Fragestellung eines möglichen Einflusses des Trubstoffgehaltes auf die Speiseölqualität, noch Varianten mit einer angestrebten Gesamtverschmutzung von 50, 150 und 500 mg/kg aufgenommen. Des Weiteren wurde auch der Einfluss der Lagerungsdauer der Speiseöle mit den unterschiedlichen Gesamtverschmutzungsgraden untersucht.

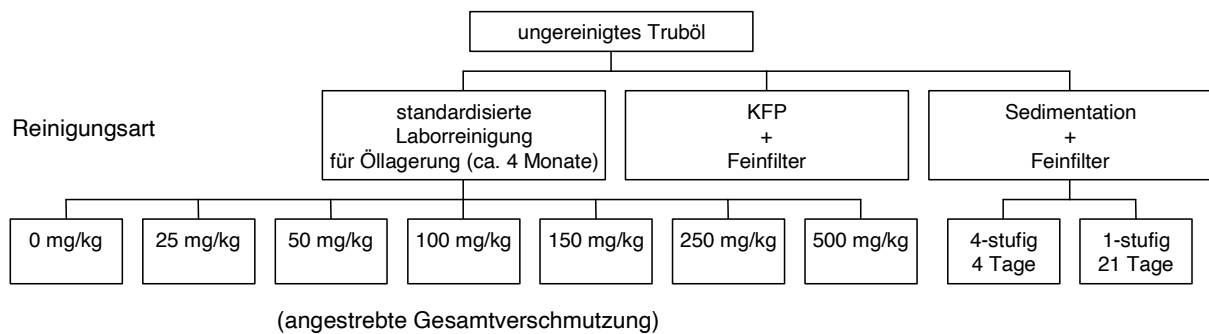


Abbildung 5: Versuchsvarianten zur Prüfung des Einflusses des Reinigungsverfahrens und der Höhe der Gesamtverschmutzung auf die Qualität der gewonnenen Öle

Insgesamt wurden 70 Ölproben zu je 250 ml mit den in Abbildung 5 dargestellten Gesamtverschmutzungsgraden hergestellt, so dass für jede Variante der Einfluss der Lagerungsdauer auf die Ölqualität im Abstand von vier Wochen, über einen Zeitraum von insgesamt vier Monaten, untersucht werden konnte.

Des Weiteren wurde ein Vergleich zweier praxisüblicher Reinigungsverfahren der Fest-Flüssig-Trennung hinsichtlich der damit zu erzielenden Speiseölqualität durchgeführt. Untersucht wurden Öle nach einer kuchenbildenden Filtration unter Einsatz einer Kammerfilterpresse und nach Sedimentation. Bei letzterem kam sowohl ein kontinuierliches (4 Tage Verweilzeit) als auch ein absätziges Verfahren (21 Tage Verweilzeit) zum Einsatz. Hier sollte vor allem der Einfluss der Kontaktzeit des Öles mit dem Sediment auf die sensorische Qualität betrachtet werden. Als Referenzprobe zu den, mit verschiedenen Verfahren gereinigten Ölen wurde eine Rapsölprobe mittels standardisierter Laborfiltration gereinigt und entsprechend dem angewandten Verfahren 4 Tage (kontinuierliche Sedimentation) bzw. 21 Tage (Batch-Sedimentation) unter den gleichen Bedingungen gelagert. Alle Öle aus dem Versuch zur Fest-Flüssig-Trennung wurden zur Herstellung der Vergleichbarkeit vor der sensorischen und chemisch-physikalischen Analyse nochmals mit der standardisierten Laborreinigung gereinigt.

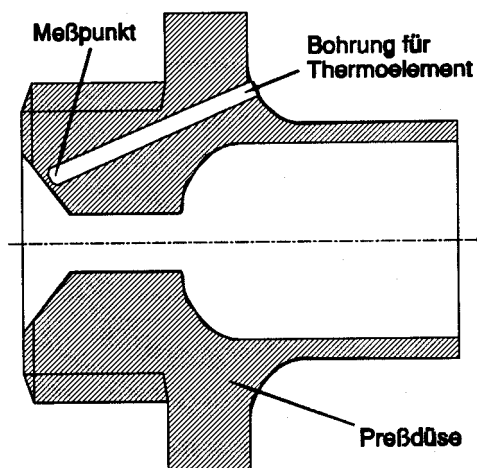
4.4 Beschreibung der Ölgewinnung, Ölreinigung und Saatlagerung

4.4.1 Versuchsanlage zur Ölgewinnung

Zur Ölgewinnung wurde eine Ölpressen vom Typ DD 85 G der Firma IBG Monforts verwendet (Nenndurchsatz: 25 bis 70 kg/h). Die Ölpressen ist mit zwei Presseeinheiten, bestehend aus Pressschnecke, Presszylinder und Presskopf mit Düse, ausgestattet. Für die Durchführung der Versuche wurde nur eine Presseeinheit eingesetzt. Die Anlage ist mit einem polumschaltbaren Drehstrom-Asynchronmotor ausgestattet. Durch die Polumschaltung kann die Drehzahl des Motors verdoppelt werden. Ein stufenlos regelbares Getriebe ermöglicht die Variation der Schneckendrehzahl abhängig von der Polumschalterstellung zwischen 10 und 48 sowie 20 und 95 min^{-1} .

Die Ölgewinnungsanlage des Technologie- und Förderzentrums verfügt über eine Temperiereinrichtung (Beheizung und Kühlung) des Presskopfs, um die für die systematischen Untersuchungen notwendigen Temperaturstufen von 60 und 90 °C exakt einstellen zu können. Dies dient lediglich versuchstechnischen Zwecken und darf nicht mit einer für kaltgepresste Öle unzulässigen Wärmezufuhr verwechselt werden. Die gewünschte Presskopf Temperatur wurde über ein Prozessthermostat (Lauda T 1200, Heizleistung: 1,2 kW, Kühlleistung: 2,25 kW) geregelt, die Temperaturerfassung erfolgte mit Hilfe eines Temperaturfühlers in der Pressdüse (Ni-Cr-Ni Thermoelement, Typ K, Messgenauigkeit $\pm 0,5$ K). Dieser sitzt in einer speziellen Bohrung, die schräg nach innen auf die Mittelachse der Pressschnecke zuführt. Somit können Temperaturveränderungen während des Pressvorgangs rasch erfasst werden.

Abbildung 6 zeigt den Querschnitt durch eine Pressdüse mit der Bohrung für das Thermoelement.



Quelle: WIDMANN (1994) [48]

Abbildung 6: Pressdüsenquerschnitt mit Bohrung für Thermoelement

Die Ölpressen entnimmt, abhängig von der eingestellten Pressschneckendrehzahl, das vorab gewogene Pressgut aus einem Vorratsbehälter über ein senkrecht stehendes Fallrohr. Die Pressschnecke befindet sich in einem perforierten Presszylinder und fördert das Pressgut zum Presskopf. Dort wurden zur Variation des Druckes unterschiedliche Pressdüsen mit einem Durchmesser von 6, 8

und 10 mm eingeschraubt. Im Bereich des Presskopfes baut sich so im Pressgut Druck auf, der zusammen mit der Reibung an den Innenflächen zur Trennung der flüssigen und festen Fraktion führt. Das über die Löcher im Presszylinder abfließende Trüböl wurde in einem Edelstahlgefäß aufgefangen, während der Presskuchen durch die Pressdüse in Form von Pellets abgeführt wurde. Unterhalb der Ausflussöffnungen des Lochsiehers befindet sich im Abstand von 1 cm ein weiterer Temperaturfühler, der die Ölaustrittstemperatur misst. Nach Abschluss des Pressvorgangs wurde die Masse an gewonnenem Trüböl und des beim Pressvorgang anfallenden Presskuchens bestimmt.

Zur Überwachung des Ölgewinnungsprozesses wurden wichtige Prozessparameter über die Datenerfassung der Prüfstandsanlage aufgezeichnet. Die Messdaten wurden als Analogsignale von einem Datalogger (FLUKE HYDRA 2620A) erfasst und von einem PC zur weiteren Verrechnung und Datenspeicherung aufgenommen. Das Datenerfassungsprogramm fragt in Abständen von 3 s (Scan-Intervall des Dataloggers) die Messwerte vom Datalogger ab, zeigt die aktuellen Daten am Bildschirm in einem Flussdiagramm der Anlage an und übernimmt die nötigen Aufgaben zur Datenverrechnung und -ablage.

4.4.2 Standardisierte Laborreinigung der Öle

Zur standardisierten Reinigung der kaltgepressten Rapsöle im Labormaßstab wurden in Vorversuchen verschiedene Verfahren der Reinigung untersucht. Am zweckmäßigsten erwies sich, aufgrund des guten Verhältnisses zwischen erzieltm Reinheitsgrad und zeitlichem Aufwand, eine Vakuumfiltration mittels Filtermembran, Filternutsche und Saugflasche. Als Filtermittel wurden verschiedene Filterpapiere sowie Filterhilfsmittel, wie sie aus der Getränketechnologie bekannt sind, untersucht. Des Weiteren wurde die Eignung eines Druckfiltrationsstandes überprüft. Bedingt durch die relativ geringe Filterfläche und die daraus resultierende lange Filtrationsdauer konnte dieser nur zur Reinigung kleinerer Versuchschargen verwendet werden.

Der für die Hauptversuche verwendete Filtrationsstand bestand aus einer Filternutsche mit einem Durchmesser von 240 mm und einem Fassungsvermögen von ca. 4 l, als Filterpapier wurden Schleicher & Schuell Rundfilter 1406 mit einem Rückhaltebereich von 6 bis 8 μm , laut Angabe des Herstellers, verwendet. Als Vakuumpumpe kam eine KNF Neuberger Laboport zum Einsatz, die an eine Saugflasche mit einem Fassungsvermögen von 5 l angeschlossen wurde. Ein zusätzliches Filterhilfsmittel wurde nicht verwendet.

Die angestrebte Gesamtverschmutzung von 25 mg/kg wurde in den Vorversuchen mit einer Abweichung von $\pm 10\%$ eingehalten.

4.4.3 Ölreinigungsverfahren zur Fest-Flüssig-Trennung

Da zum Zeitpunkt der Untersuchungen sensorisch einwandfreie Rapssaat nur noch in geringen Mengen vorrätig war, konnte die unter 4.3 beschriebene Sedimentation nur im Labormaßstab nachgestellt werden. Für die kontinuierliche Sedimentation wurde eine Anordnung von zylindrischen Glasgefäßen mit einem Fassungsvermögen von je 2,2 l verwendet. Um einen kontinuierlichen Austausch zu simulieren wurden die Gefäße zweimal am Tag zur Hälfte entleert und frisches Trüböl in das erste nachgefüllt. Die Ölentnahme wurde ca. 2 cm unterhalb des Flüssigkeitsspiegels vorgenommen, das abgesaugte Öl im unteren Drittel des folgenden Behälters, mit einem durchschnittlichen Massenstrom von 0,8 kg/h, eingeleitet. Nach 4 Tagen Verweilzeit wurde die Gesamtverschmutzung des gereinigten Rapsöls bestimmt und dieses anschließend nochmals im Labor gereinigt. Um eine bessere Vergleichbarkeit der Reinigungsverfahren zu erzielen wurden für die diskontinuierliche Sedimentation im „Batch“-Verfahren die selben Glasgefäße verwendet. Die Verweilzeit des Öles betrug hier 21 Tage, ein Austausch des Öles fand nicht statt. Nach Ablauf der Sedimentationsdauer wurde ebenfalls die Gesamtverschmutzung des gereinigten Rapsöls bestimmt, und dieses anschließend nochmals im Labor gereinigt.

Für die weiteren Reinigungsuntersuchungen wurde eine Kammerfilterpresse der Firma Oeko-tec/IBG Monforts Typ D18 verwendet. Sie besteht aus 15 Filterrahmen, mit einer Filterfläche von 0,64 m² und hat eine Kapazität von ca. 10 l/h. Als Filtertücher wurden das vom Hersteller empfohlene Produkt verwendet. Um den für die Filtration notwendigen Filterkuchen aufzubauen, wurde die Kammerfilterpresse zuerst mit ca. 30 l Trüböl im geschlossenen Kreislauf betrieben. Nach jeweils einer Stunde wurde der Trubstoffanteil des Öls und der Massenstrom bestimmt, nach 3 h wurde eine Ölprobe für die weiteren Untersuchungen entnommen.

Die Reinigungsversuche wurden mit Rapssaat der Sorte Express aus dem Erntejahr 2003 durchgeführt. Zusätzlich wurden der Einfluss der Sedimentation bzw. der Kammerfilterpresse auf die sensorische Qualität des kaltgepressten Rapspeiseöles mit Rapssaat der Sorte Elektra aus dem Erntejahr 2004 überprüft.

4.4.4 Einstellen unterschiedlicher Trubstoffgehalte

Für die im dritten Arbeitsschwerpunkt beschriebene Herstellung von kaltgepressten Rapspeiseölen mit unterschiedlichen Gehalten an Gesamtverschmutzungen, wurde gefiltertes Öl mit einer Gesamtverschmutzung von 29 mg/kg sowie vorgereinigtes, von groben Partikeln wie Samenschalen befreites Trüböl mit einem Trubstoffanteil von 6006 mg/kg verwendet. Das gefilterte Öl wurde anteilig mit Trüböl versetzt, bis die jeweils gewünschte Trubstoffkonzentration $\pm 10\%$ Abweichung erreicht war. Das Trüböl wurde aus Rapssaat der Sorte Express aus dem Erntejahr 2003, mit einem Wassergehalt von 6,6 %, hergestellt.

Abbildung 7 zeigt die angestrebte und tatsächliche Gesamtverschmutzung der einzelnen Varianten. Die im Druckfiltrationsstand unter Verwendung einer 0,2 μm Cellulose-Acetat-Membran gereinigte 0 mg/kg Gesamtverschmutzungsvariante wurde nicht aufgezeigt, da das Ergebnis unter der Nachweisgrenze nach DIN EN 12662 liegt.

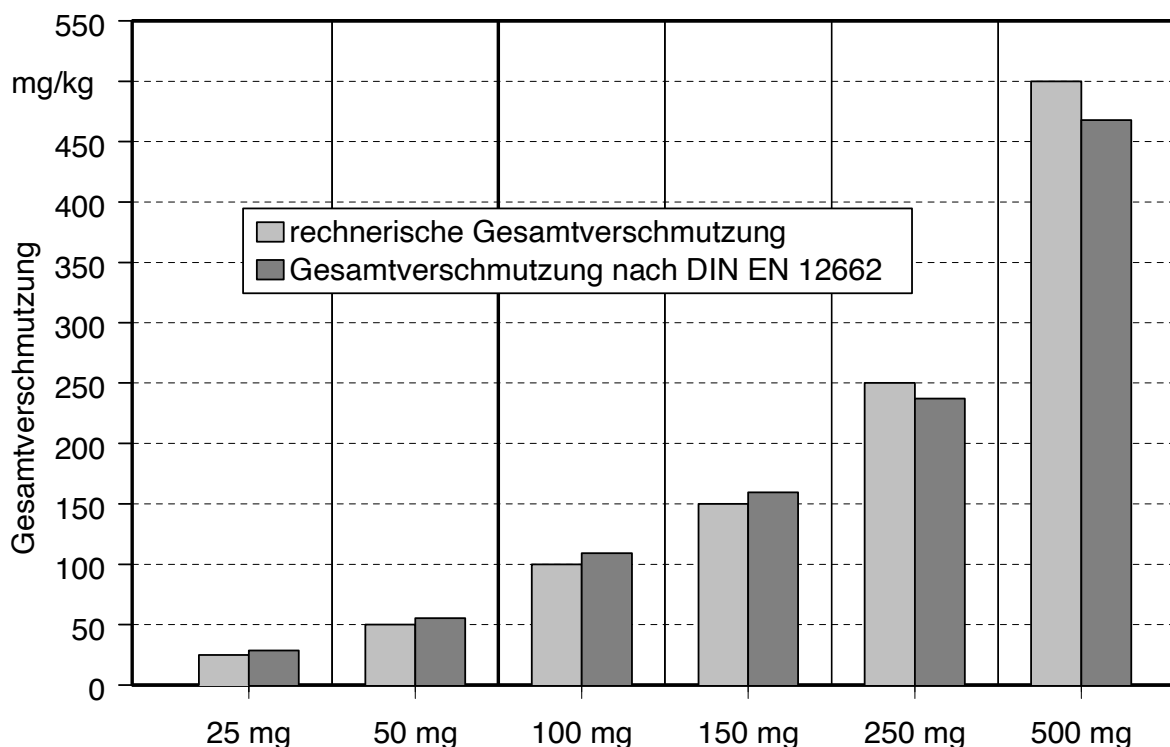


Abbildung 7: Gesamtverschmutzung nach DIN EN 12662 der einzelnen Versuchsvarianten

Die unterschiedlichen Gesamtverschmutzungen konnten mit einer maximalen Abweichung von $\pm 10\%$ für alle Varianten eingestellt werden.

4.4.5 Saatlagerung, Trocknung und Einstellen der Lagerfeuchte

Die Saatlagerung fand in einem nichtklimatisierten Schüttlager statt. Die Saatterperatur wurde somit durch die vorherrschende Außentemperatur beeinflusst.

Eine Überprüfung des Wassergehalts der Rapssaat nach DIN EN ISO 665 zeigte, dass alle Rapschargen aufgrund der heißen Witterung bei der Ernte einen relativ niedrigen Wassergehalt aufwiesen und somit für die geplante Einlagerung mit 11 % Wassergehalt zusätzlich angefeuchtet werden mussten. Dies geschah durch oberflächliches Benetzen der mit ca. 5 cm Schüttdicke ausgebrachten Rapssaat mit Leitungswasser in Trinkwasserqualität. Diese wurde eingesetzt, um eine eventuelle Beeinträchtigung der an der Saat anhaftenden Mikroorganismen, durch entsalztes oder entkeimtes Wasser, auszuschließen. Anschließend wurde die befeuchtete Rapssaat in Bigbags verpackt, regelmäßig bewegt und nach einer Einwirkzeit von drei Tagen wiederum auf den Wassergehalt überprüft. Die Trocknung der Saat bei 90 °C erfolgte in einem entsprechend dimensionierten Labortrockenschrank, der einen konstanten Temperaturverlauf gewährleisten konnte.

4.4.6 Ölgewinnung aus Saaten von Praxisbetrieben zum Vergleich mit dort produzierten Speiseölen

Um die Ergebnisse aus den Untersuchungen zum Einfluss der Pressenparameter auf die Qualität von kaltgepresstem Rapsspeiseöl mit den Bedingungen in der Praxis zu vergleichen, wurde in verschiedenen Praxisbetrieben Rapssaat unter den dort vorgegebenen Bedingungen gepresst und anschließend unter standardisierten Bedingungen mittels Laborfiltration im TFZ gereinigt. Im Vergleich dazu wurde die gleiche Rapssaat unter den standardisierten Bedingungen am TFZ gepresst und anschließend ebenfalls mit Hilfe der Laborfiltration gereinigt.

4.4.7 Schälung der Rapssaat

Die unter 4.2 beschriebene Schälung der Rapssaat wurde in der Teutoburger Ölmühle vorgenommen. Da es sich um ein spezielles, patentrechtlich geschütztes Verfahren handelt kann hier nicht näher auf das Prinzip und den Aufbau eingegangen werden.

4.4.8 Einstellen unterschiedlicher Besatzfraktionen und -mengen

Eine Saatprobe von 10 kg Rapssaat aus dem Handel wurde in der BFEL, Detmold mülhentechnisch gereinigt und der dabei abgetrennte Besatz aufgefangen. Die gereinigte Rapssaat wurde anschließend mit einer jeweils genau definierten Menge an Besatz wieder versetzt, gepresst und sensorisch beurteilt.

4.4.9 Einstellen unterschiedlicher Bruchkornanteile in der Saat

Zur Überprüfung des Einflusses von Bruchkornanteilen in der Rapssaat bei der Lagerung mit unterschiedlichen Temperaturen und verschiedenen Lagerdauern auf die Qualität der gewonnenen Öle wurde gereinigte Rapssaat mit Bruchkornanteilen von 5, 10, 15, 20 und 100 % bei 40 °C für 1, 3 und 6 Tage bzw. bei Raumtemperatur für 3, 6 und 12 Tage gelagert. Dazu wurde Rapssaat von Fremdbestandteilen befreit und anschließend mit entsprechenden Anteilen an Bruchsaat vermischt. Die Lagerung der Saat erfolgte in verschließbaren Kunststoffgefäßen. Zu definierten Zeiten wurde die eingelagerte Saat gepresst und das gewonnene Öl untersucht.

4.4.10 Ölgewinnung aus zum Teil gekeimter Saat

Für die Untersuchung des Einflusses von gekeimter Saat in der Rapssaat wurde diese in flachen Schalen, ausgelegt mit Filterpapier, möglichst einlagig ausgebracht und befeuchtet. Die Schalen wurden mit Glasscheiben abgedeckt und bei Raumtemperatur im Licht gelagert. Nach ein bis zwei Tagen platzten die Saaten teilweise auf und bildeten erste Triebe. Nach drei Tagen ließen sich an etwa der Hälfte der Körner kleine Keimwurzeln erkennen. Vor dem Pressen wurden die feuchten Saaten bei 40 °C im Umlufttrockenschrank auf etwa 7 % Feuchtigkeit getrocknet.

Für die Untersuchung der Öle wurden jeweils 500 g der getrockneten Saat gepresst, das gepresste Öl sofort filtriert und bis zur weiteren Untersuchung kühl gelagert.

4.5 Beurteilung der gewonnenen Speiseöle

Besonderes Augenmerk wurde bei den Untersuchungen auf die sensorischen Eigenschaften der Öle gelegt, da dies für den Verbraucher das wichtigste Kriterium bei seiner Kaufentscheidung darstellt.

Zusätzlich wurden im Rahmen des Projektes chemisch-physikalische Zielgrößen ausgewählt, welche den Zustand und die Zusammensetzung der Öle umfassend beschreiben. So wurden Parameter untersucht, welche die Öle hinsichtlich ihres Oxidationszustandes sowie einer Hitzeeinwirkung während der Verarbeitung beschreiben. Außerdem wurden die in den Leitsätzen für Speisefette und -öle vorgegebenen Kenngrößen erfasst. Des Weiteren wurde der Phosphor- und Chlorophyllgehalt untersucht, da diese ebenfalls die Lagerstabilität beeinflussen.

Um zu überprüfen, inwieweit und in welchen Größenordnungen beim Produktionsprozess in dezentralen Anlagen *trans*-Fettsäuren durch unsachgemäße Produktion entstehen können, wurde deren Gehalt in den Ölen untersucht.

Ein weiterer wichtiger Parameter ist der Erucasäuregehalt, da kaltgepresstes Rapsspeiseöl auch zur Herstellung von Säuglingsnahrung verwendet wird. Zu diesem Zweck sollte ein besonders niedriger Erucasäuregehalt angestrebt werden.

4.5.1 Chemisch-physikalische Analyse

Die Charakterisierung der gewonnenen Öle erfolgte entsprechend der in Tabelle 2 vorgegebenen Kenngrößen.

Tabelle 2: Kenngrößen zur Beurteilung der Öle aus den Verarbeitungsstufen

| Kenngröße | Methode |
|--|------------------------------|
| Freie Fettsäuren | C-III 4 (97) (DGF) |
| Peroxidzahl | C-VI 6a (84) (DGF)Teil 1(98) |
| Oxidationsstabilität (Rancimat 120 °C) | C-VI 6f (DGF) |
| Phosphorgehalt | F-I 5a (00) (DGF) |
| Tocopherol-Gehalt und -Verteilung | F-II 4 (00) (DGF) |
| Fettsäurenverteilung | ISO ⁺ 5509:2000 |
| Erucasäuregehalt | ISO ⁺ 5509:2000 |
| Chlorophyll | ISO ⁺ CD 15669 |
| Petrolether unlösliche Bestandteile | C-III 11b (84) (DGF) |
| Gesamtflüchtige Bestandteile | C-III 12 (97) (DGF) |

Als weitere Möglichkeit der Charakterisierung der gewonnenen Speiseöle wurden die flüchtigen Verbindungen der Öle mit Hilfe der dynamischen Headspace-Gaschromatographie untersucht. Dabei erfolgte die Trennung der Verbindungen auf zwei Säulen (polar und unpolar), um die Iden-

tifizierung zu erleichtern. Eine genaue Identifizierung interessanter Substanzen gelang teilweise mit Hilfe der GC-MS. Allerdings steht bei der Fülle an gefundenen Verbindungen bei vielen unbekannt Substanzen die Identifizierung noch aus.

Auch mit Hilfe des direkten Abriechens des Säuleneluates konnten einige Signale näher charakterisiert werden. Hierdurch war es möglich einen Eindruck davon zu bekommen, welche Substanzen überhaupt den sensorischen Eindruck bestimmen bzw. welche Signale im Chromatogramm für die Beurteilung der Öle wichtig sind. Dazu wurde die Flamme eines Detektors jeweils gelöscht und die am Ende der Säule ausströmenden Verbindungen mit Hilfe eines aufgesetzten Glastrichters mit der Nase charakterisiert und bewertet. Die Temperatur wurde nur so hoch eingestellt, dass keine kalten Kondensations-Stellen auftraten. Eine erhöhte Probenmenge (3 g) erleichterte die Wahrnehmung mit der Nase.

4.5.2 Sensorische Analyse

Die sensorische Beurteilung von Speiseölen wird auch in den Leitsätzen für Speisefette und -öle des Deutschen Lebensmittelbuches hervorgehoben, indem dieses Beschaffenheitsmerkmal als erstes genannt wird und andere Beschaffenheitsmerkmale lediglich zur Objektivierung eines abweichenden sensorischen Befundes herangezogen werden.

Im Rahmen von Vorarbeiten zu dem Projekt wurde vom Institut für Lipidforschung der BFEL eine Prüfergruppe mit geschulten Prüfpersonen speziell für die Beurteilung von kaltgepressten Rapspeiseölen aufgebaut. Dabei wurde die Prüfergruppe mit kaltgepressten Rapsölen aus ganz Deutschland und aus benachbarten Ländern trainiert. Zusätzlich wurden Öle mit bekannten Fehlern hergestellt, um die Prüfer mit möglichen sensorischen Defekten und deren Gründen vertraut zu machen.

Zur Beschreibung der sensorischen Eindrücke wurden einige typische positive Merkmale wie *saatig*, *nussig* und *Spargel*, sowie negative Attribute wie *ranzig*, *strohig*, *holzig*, *röstig*, *verbrannt*, *modrig*, *stichig*, *bitter* oder *adstringierend* für kaltgepresste Rapspeiseöle gewählt. Insbesondere das Auftreten der negativen Attribute *verbrannt*, *modrig*, *stichig*, *ranzig* und *bitter* führt dazu, dass die Öle für den Speiseölmarkt abgelehnt werden müssen, auch wenn diese nur in schwacher Ausprägung (Intensität = 1) auftreten. Attribute wie *strohig*, *holzig* und *adstringierend* sind nach dem derzeitigen Stand der Untersuchungen nicht auf ein ungenügendes Saatmanagement zurückzuführen, sondern eher durch den Anbaustandort bedingt, so dass das Auftreten dieser Merkmale nicht automatisch zur Ablehnung der Öle für den Speiseölmarkt führt.

Für die Beurteilung der Öle wurden blau eingefärbte Gläser mit einem Uhrglas als Deckel verwendet. Ein kurzes Anwärmen des Öls in der Mikrowelle auf 28 °C erleichtert die Beurteilung. So entfalten sich flüchtige Verbindungen am besten und der Eindruck wird durch das Auge nicht beeinflusst. Vier geschulte Prüfer verkosten jeweils unabhängig die anonymisierte Probe, wobei das in Abbildung 8 dargestellte Beurteilungsschema verwendet wird. Dieses Schema ist so aufgebaut, dass zum einen eine beschreibende Beurteilung der in der Probe festgestellten Merkmale erfolgt, diese Merkmale aber auch bewertend erfasst werden.

Die Auswertung der Einzelergebnisse erfolgte durch Medianbildung. Hierdurch werden abweichende Einzel-Beurteilungen nicht berücksichtigt und das Endergebnis repräsentiert signifikante und mehrheitlich wahrgenommene Merkmale. Zu jeder Versuchsanstellung wurden zwei Proben verkostet und das jeweils erhaltene Endresultat über die beiden Proben gemittelt.

| Positive Attribute | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Saatig | | | | | | |
| Nussig | | | | | | |
| Spargel | | | | | | |
| Negative Attribute | | | | | | |
| Ranzig | | | | | | |
| Strohig | | | | | | |
| Holzig | | | | | | |
| Röstig | | | | | | |
| Verbrannt | | | | | | |
| Bitter | | | | | | |
| Adstringierend | | | | | | |
| Stichig | | | | | | |
| Hefe | | | | | | |
| Modrig | | | | | | |
| Andere:..... | | | | | | |

Abbildung 8: Bewertungsschema für kaltgepresstes, natives Rapsspeiseöl

5 Ergebnisse und Diskussion

5.1 Einfluss der Pressenparameter auf die Qualität von kaltgepresstem Rapsspeiseöl

5.1.1 Parameter der Ölgewinnung

Auf Basis dieser Prozessdaten wurde eine Auswertung der untersuchten Varianten vorgenommen. Hierbei wurde nach der eingestellten Presskopftemperatur unterschieden, bzw. die 90 °C-Varianten mit den entsprechenden 60 °C-Varianten verglichen.

Für die unterschiedlichen Varianten wurden die in Tabelle 3 aufgeführten Prozessparameter ermittelt.

Im Folgenden soll zuerst auf den errechneten Abpressgrad bei der Ölgewinnung sowie die festgestellten Restfettgehalte eingegangen werden.

Abbildung 9 zeigt den errechneten Abpressgrad aufgetragen gegen den Restfettgehalt des Presskuchens der 60 °C-Varianten sowie der 90 °C-Varianten.

Bei allen Presseneinstellungen korreliert der analysierte Restfettgehalt im Presskuchen mit dem errechneten Abpressgrad.

Der höchste Abpressgrad wurde mit einer 6 mm Pressdüse und einer Schneckendrehzahl von 20 min^{-1} erzielt. Bei einer Presskopftemperatur von 60 °C lieferte die Kombination einer großen Pressdüse (10 mm) mit hoher Schneckendrehzahl (95 min^{-1}) die schlechteste Ölausbeute.

Mit kleinerem Düsenlochdurchmesser wurde der sich im Pressgut aufbauende Druck erhöht und gleichzeitig der Saatchsatz reduziert, während eine niedrige Drehzahl der Pressschnecke zu einer größeren Verweilzeit des Pressguts im Lochseihler führte. Diese Kombination aus hohem Druck und geringem Saatchsatz, bei gleichzeitig langer Verweilzeit des Pressguts im Presszylinder führte zu dem besten Abpressgrad. Bei 60 °C Presskopftemperatur und konstanter Schneckendrehzahl, konnte der geringste Abpressgrad immer auf die Verwendung der 10 mm Pressdüse zurückgeführt werden, da hier ein schlechterer Druckaufbau im Presszylinder sowie ein gleichzeitig höherer Saatchsatz vorlag. Eine eindeutige Verbesserung des Abpressgrads durch den Einsatz der 6 mm Pressdüse konnte nur bei niedrigen Schneckendrehzahlen (20 und 40 min^{-1}) beobachtet werden.

Tabelle 3: Prozessparameter bei der Ölgewinnung (Mittelwerte und Standardabweichung)

| Variante* | Pressdüsen- durchmesser mm | Schnecken- drehzahl min ⁻¹ | | Presskopf- temperatur °C | | Saat- temperatur °C | | Ölaustritts- temperatur °C | | Abpressgrad % |
|-----------|----------------------------------|---|------|--------------------------------|------|---------------------------|------|----------------------------------|------|------------------|
| | | \bar{x} | s | \bar{x} | s | \bar{x} | s | \bar{x} | s | |
| A20S/I | 6 | 20,2 | 0,18 | 61,0 | 1,67 | 26,7 | 0,54 | 48,8 | 0,68 | 74,5 |
| A20S/II | 6 | 20,1 | 0,00 | 61,8 | 0,25 | 29,0 | 0,29 | 50,6 | 3,41 | 69,2 |
| A20M/I | 8 | 20,6 | 0,09 | 60,1 | 0,68 | 23,0 | 1,31 | 37,4 | 0,70 | 64,6 |
| A20M/II | 8 | 20,3 | 0,00 | 60,1 | 0,11 | 31,1 | 0,29 | 42,0 | 1,22 | 64,1 |
| A20L/I | 10 | 20,1 | 0,00 | 59,2 | 1,39 | 27,7 | 0,67 | 39,6 | 0,95 | 62,1 |
| A20L/II | 10 | 20,3 | 0,00 | 59,7 | 0,26 | 31,2 | 0,41 | 43,6 | 1,76 | 60,2 |
| A40S/I | 6 | 40,0 | 0,00 | 60,1 | 0,12 | 25,8 | 0,76 | 42,3 | 0,46 | 73,2 |
| A40S/II | 6 | 40,0 | 0,00 | 60,5 | 0,65 | 28,1 | 0,49 | 44,4 | 1,54 | 66,4 |
| A40M/I | 8 | 40,3 | 0,00 | 62,2 | 0,15 | 24,0 | 1,29 | 37,1 | 0,59 | 65,2 |
| A40M/II | 8 | 40,0 | 0,07 | 61,5 | 0,15 | 24,8 | 0,47 | 39,7 | 1,68 | 65,2 |
| A40L/I | 10 | 40,0 | 0,00 | 61,6 | 0,28 | 29,8 | 0,46 | 40,8 | 1,05 | 58,9 |
| A40L/II | 10 | 40,0 | 0,00 | 61,6 | 0,26 | 31,3 | 0,64 | 42,0 | 1,63 | 70,5 |
| A70S/I | 6 | 70,1 | 0,06 | 59,4 | 0,23 | 26,5 | 0,31 | 40,4 | 0,31 | 61,9 |
| A70S/II | 6 | 69,3 | 1,36 | 61,5 | 2,53 | 27,9 | 0,47 | 40,4 | 1,40 | 62,3 |
| A70M/I | 8 | 69,5 | 1,15 | 63,2 | 0,85 | 20,7 | 0,56 | 34,2 | 1,17 | 60,9 |
| A70M/II | 8 | 70,3 | 0,05 | 60,2 | 3,52 | 31,1 | 0,95 | 39,0 | 1,77 | 63,5 |
| A70L/I | 10 | 71,3 | 0,21 | 60,3 | 0,40 | 27,3 | 0,47 | 35,6 | 0,35 | 55,7 |
| A70L/II | 10 | 70,3 | 0,29 | 61,6 | 3,73 | 26,5 | 0,85 | 35,4 | 0,92 | 58,4 |
| A95S/I | 6 | 92,9 | 0,91 | 62,6 | 7,29 | 30,1 | 1,59 | 41,5 | 1,76 | 60,6 |
| A95S/II | 6 | 93,4 | 2,33 | 61,1 | 1,96 | 27,5 | 1,34 | 39,7 | 2,19 | 59,5 |
| A95M/I | 8 | 89,3 | 4,30 | 63,9 | 2,03 | 24,3 | 1,15 | 37,1 | 4,39 | 64,5 |
| A95M/II | 8 | 94,7 | 0,17 | 63,7 | 1,80 | 22,7 | 0,44 | 35,9 | 0,45 | 66,0 |
| A95L/I | 10 | 91,1 | 3,61 | 62,0 | 1,42 | 23,4 | 0,61 | 34,4 | 1,20 | 56,3 |
| A95L/II | 10 | 90,8 | 7,10 | 62,6 | 4,81 | 27,3 | 0,32 | 37,3 | 1,19 | 56,4 |
| B40S/I | 6 | 40,2 | 0,00 | 90,5 | 2,08 | 25,2 | 0,73 | 55,0 | 1,50 | 46,1 |
| B40S/II | 6 | 40,6 | 0,00 | 93,7 | 2,22 | 27,9 | 0,63 | 54,1 | 0,47 | 53,6 |
| B40L/I | 10 | 40,1 | 0,00 | 89,8 | 3,78 | 21,7 | 0,35 | 44,8 | 1,89 | 51,8 |
| B40L/II | 10 | 40,3 | 0,00 | 90,7 | 1,37 | 24,0 | 0,48 | 46,2 | 0,63 | 51,6 |
| B95S/I | 6 | 94,1 | 0,83 | 89,3 | 3,45 | 26,1 | 1,63 | 49,8 | 1,27 | 48,6 |
| B95S/II | 6 | 94,5 | 1,28 | 92,6 | 2,10 | 27,5 | 0,79 | 52,6 | 2,94 | 45,6 |
| B95L/I | 10 | 89,5 | 9,21 | 90,3 | 2,45 | 20,9 | 0,76 | 39,5 | 1,84 | 49,5 |
| B95L/II | 10 | 94,6 | 0,40 | 89,6 | 4,81 | 23,8 | 0,22 | 42,4 | 1,76 | 53,8 |

* Erläuterung der Variantenbezeichnung:

A/B: angestrebte Presskopftemperatur 60 bzw. 90 °C; 20/40/70/95: angestrebte Pressschneckendrehzahl

S/M/L: verwendeter Pressdüsendurchmesser (6, 8 oder 10 mm); I/II: erste oder zweite Wiederholung

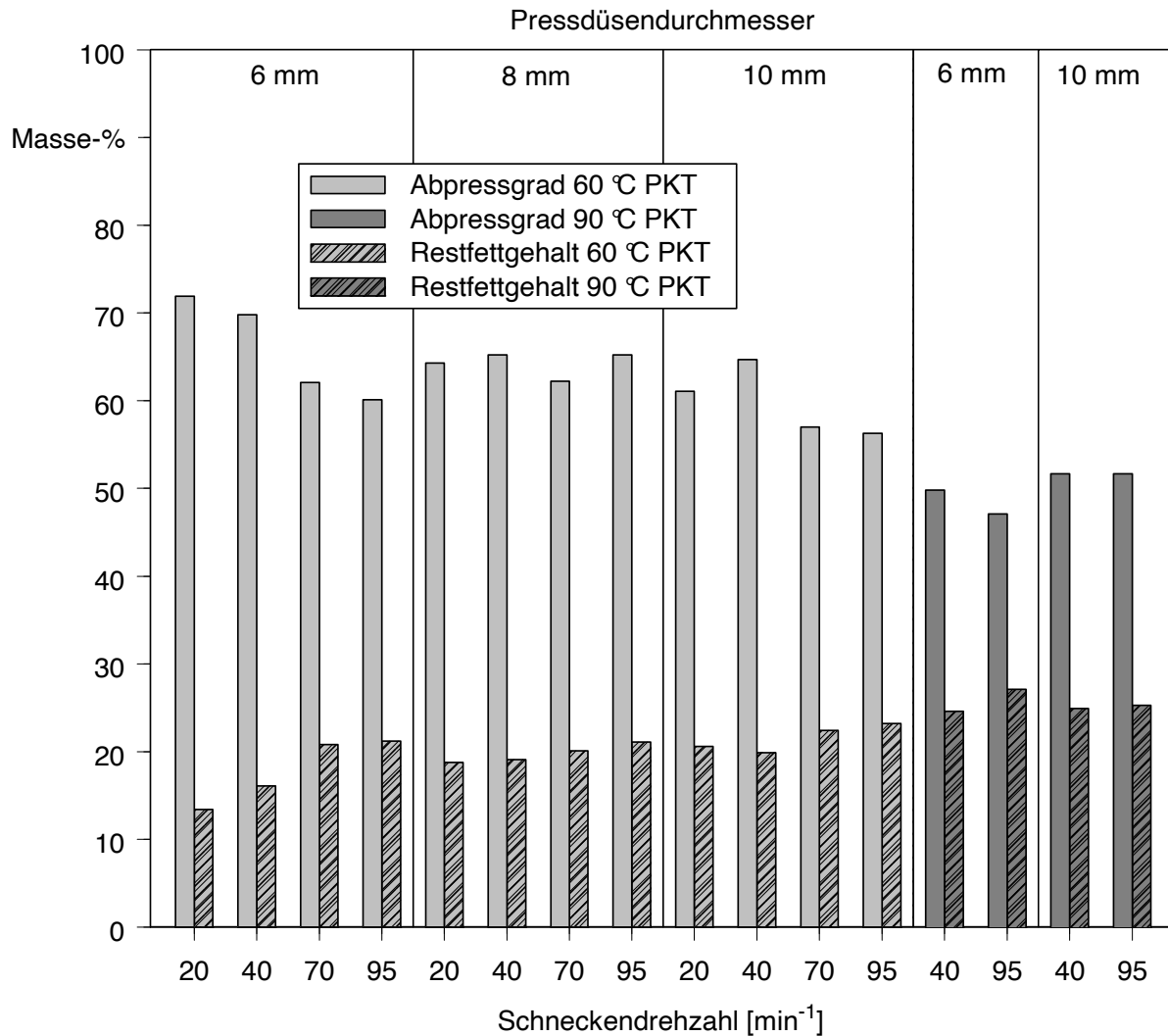


Abbildung 9: Abpressgrade und Restfettgehalte der Varianten (PKT = Presskopftemperatur)

Wie aus Abbildung 9 zu entnehmen, wurde durch zusätzliche Wärmezufuhr am Presskopf kein höherer Abpressgrad erzielt. Bei sonst gleichen Einstellungen wurden durch die zusätzliche Wärmezufuhr bei 90 °C niedrigere Abpressgrade erreicht.

Die Ölaustrittstemperatur während des Pressvorgangs wird in Abbildung 10 gezeigt. Die Temperatur des austretenden Öls wurde in 1 cm Abstand zum Lochseiherr gemessen und als Mittelwert über den gesamten Pressvorgang betrachtet.

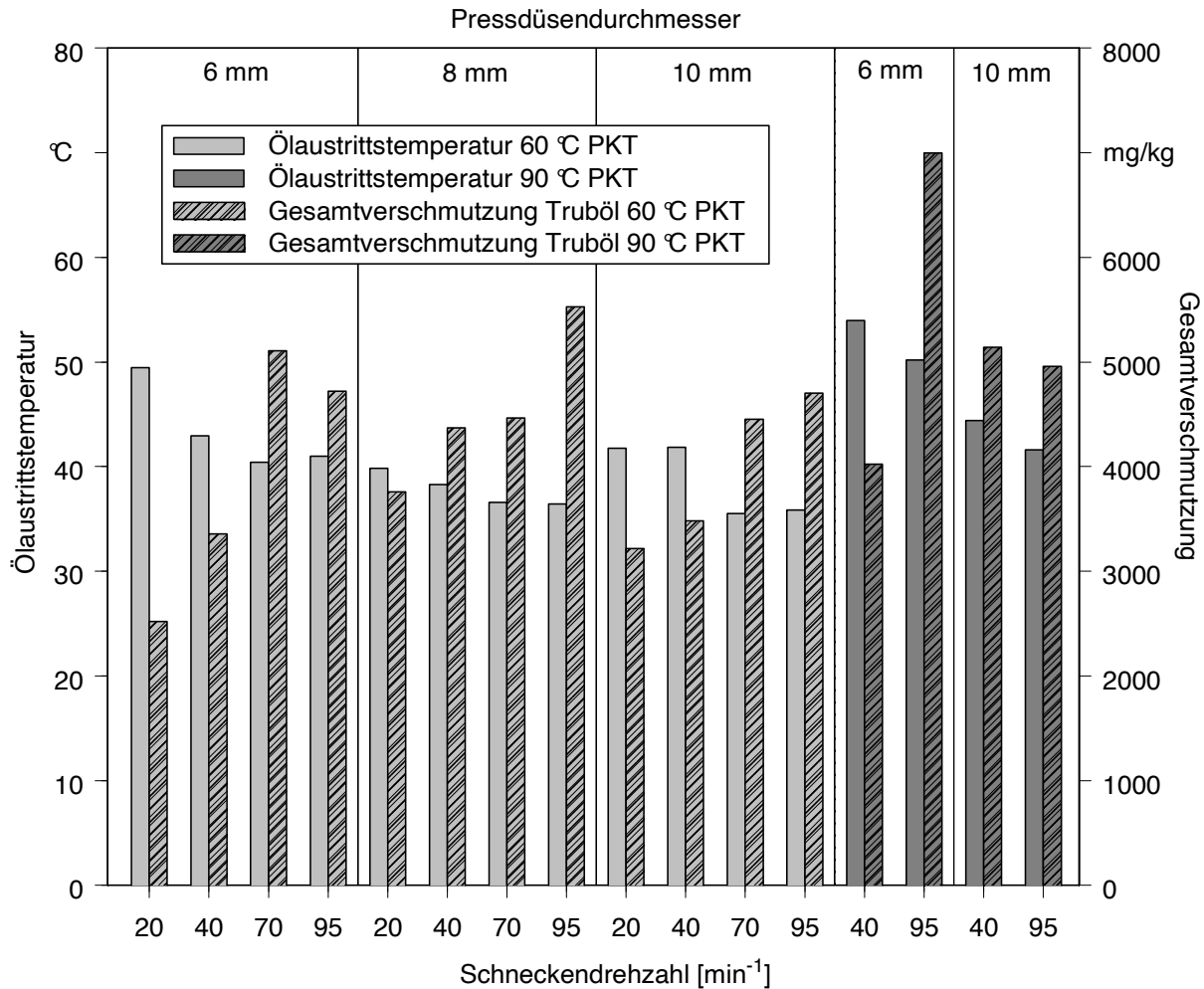


Abbildung 10: Gegenüberstellung des errechneten Abpressgrads und der Ölaustrittstemperatur am Lochseihier (Unterscheidung nach Pressdüsendurchmesser)

Die höchsten Ölaustrittstemperaturen, bei einer Presskopftemperatur von 60 °C, wurden durch Kombination einer 6 mm Pressdüse, mit einer Schneckendrehzahl von 20 min⁻¹ hervorgerufen. So ergab diese Presseneinstellung zwar den höchsten Abpressgrad, gleichzeitig wurde jedoch mit einer Temperatur von ca. 50 °C das gewonnene Rapsspeiseöl vergleichsweise stark thermisch belastet.

Im Vergleich zur Variante Pressdüsendurchmesser 6 mm, wurde durch eine Verringerung des Drucks in der Ölpresse (größere Pressdüsenöffnung) auch die gemessene Temperatur am Ölausslass herabgesetzt.

Des Weiteren zeigte sich bei Verwendung einer 6 bzw. 10 mm Pressdüse eine niedrigere Ölaustrittstemperatur bei hohen Schneckendrehzahlen (70 bzw. 95 min⁻¹). Dies lässt sich auf die größere Förderleistung der Pressschnecke zurückführen. Hierdurch verringert sich die Verweilzeit der Rapssaat im Presszylinder und somit auch der Wärmeübergang auf das Öl. Außerdem führte der gesteigerte Durchsatz von vergleichsweise kaltem Pressgut zusätzlich zu einer Kühlung im Inneren der Presse. Dieser Effekt trat beim Pressvorgang mit kleiner Pressdüse (6 mm) schon ab einer Schneckendrehzahl von 40 min⁻¹ auf, während er bei Verwendung eines großen Düsendurchmes-

sers (10 mm) erst ab 70 min^{-1} feststellbar war. Beim Pressvorgang mit einer 8 mm Pressdüse war durch die Erhöhung der Schneckendrehzahl nur ein geringer Rückgang der Ölaustrittstemperatur zu bemerken. Wurde die Drehzahl der Pressschnecke auf 20 oder 40 min^{-1} reduziert, ergab sich jeweils bei mittlerem Pressdüsendurchmesser (8 mm) die niedrigste Ölaustrittstemperatur.

Bei einer Erhöhung der Presskopftemperatur auf $90 \text{ }^\circ\text{C}$ durch eine zusätzliche Wärmezufuhr, lagen die gemessenen Ölaustrittstemperaturen höher, als bei den vergleichbaren $60 \text{ }^\circ\text{C}$ Presskopftemperatur-Varianten. Ein starker Temperaturanstieg konnte bei Verwendung einer 6 mm Pressdüse beobachtet werden. Somit resultierte aus einer Erhöhung der Presskopftemperatur ein schlechterer Abpressgrad, bei gleichzeitig höherer thermischer Belastung des gewonnenen Öls.

Die Verwendung einer 8 mm Pressdüse ohne zusätzliche Presskopferwärmung stellt einen guten Kompromiss zwischen Abpressgrad und niedriger Ölaustrittstemperatur für alle untersuchten Drehzahlstufen dar.

Neben der Ölaustrittstemperatur wurde die Gesamtverschmutzung im gewonnenen Trüböl als weitere Kenngröße erfasst. Diese hat einen Einfluss auf die an den Ölgewinnungsprozess anschließende Ölreinigung. In der Regel ist ein niedriger Anteil an Trübstoffen von Vorteil, da sich dieser positiv auf die Standzeit des Filters oder der Sedimentation auswirkt. Bezüglich der Qualität des Reinigungsprozesses hat jedoch die Partikelgrößenverteilung im Trüböl, vor allem bei einer kuchenbildenden Filtration, eine größere Auswirkung.

Abbildung 10 zeigt, dass die Variante mit dem höchsten Abpressgrad gleichzeitig den niedrigsten Anteil an Trübstoffen im Trüböl aufweist. Der Einfluss der Pressdüse auf die Gesamtverschmutzung ist nicht eindeutig.

Eine Erhöhung der Drehzahl führte meist zu einer höheren Gesamtverschmutzung des Trüböls bei gleichzeitig schlechterem Abpressgrad. Während bei Verwendung der 6 bzw. 10 mm Pressdüse mit zunehmender Schneckendrehzahl der Abpressgrad ab- und die Gesamtverschmutzung im Öl zunahm, hatte die Schneckendrehzahl bei Verwendung der 8 mm Pressdüse keinen Einfluss auf den Abpressgrad, obwohl auch hier der Anteil an Trübstoffen im Öl zunahm. Dies wurde auch von REMMELE (2000) in ähnlichen Untersuchungen beschrieben [35]. Im Vergleich der Varianten untereinander konnte von einer Erhöhung des Trübstoffanteils bei Verwendung einer 8 mm Pressdüse ausgegangen werden. Eine Verringerung konnte durch Verwendung der 6 oder 10 mm Düse bei niedrigen Drehzahlen (20 oder 40 min^{-1}) erzielt werden. Hier war jedoch schon ab einer Schneckendrehzahl von 70 min^{-1} ein sprunghafter Anstieg der Gesamtverschmutzung zu verzeichnen. Der in der Literatur [35] beschriebene Zusammenhang zwischen großem Pressdüsendurchmesser und hohem Anteil an Trübstoffen im Trüböl, konnte nicht bestätigt werden.

Bei einer Presskopftemperatur von $90 \text{ }^\circ\text{C}$ konnte bei niedrigen Schneckendrehzahlen eine leichte Erhöhung des Trübstoffanteils durch die zusätzliche Wärmezufuhr beobachtet werden. Die höchste gemessene Trübstoffkonzentration wies die Ölpresseneinstellung mit zusätzlicher Vorwärmung, 6 mm Pressdüse und hoher Drehzahl (95 min^{-1}) auf. Diese, in der Praxis unübliche, Ölpresseneinstellung begünstigte den Austritt von Feststoffen durch die Öffnungen des Lochseihers. Die von REMMELE (2000) [35] beschriebene negative Korrelation von Gesamtverschmutzung und Presskopftemperatur wurde bei den vorliegenden Untersuchungsergebnissen nicht beobachtet.

Eine zusätzliche Wärmezufuhr während des Ölgewinnungsprozess ist, bezogen auf die hier untersuchten Parameter, nicht empfehlenswert. Aus ihr resultiert ein schlechterer Abpressgrad, verbunden mit einer meist stark erhöhten Ölaustrittstemperatur und einem starken Anstieg der festen Bestandteile im Truböl.

Um die Ergebnisse der hier vorgestellten Untersuchungen besser unter Praxisbedingungen einordnen zu können, wurden Zusatzuntersuchungen ohne zusätzliche Temperierung des Presskopfes durchgeführt. Aus diesen Ergebnissen können die in der Praxis zu erwartenden Abpressgrade sowie Presskopf- und Ölaustrittstemperaturen abgeleitet werden. Hierfür wurden wiederum Varianten mit Schneckendrehzahlen von 20, 40, 70 und 95 min^{-1} sowie mit den im ersten Versuchsteil verwendeten Pressdüsen mit einem Durchmesser von 6, 8 und 10 mm durchgeführt. Die Ergebnisse sind als Mittelwerte aus zwei Wiederholungen in Abbildung 11 dargestellt.

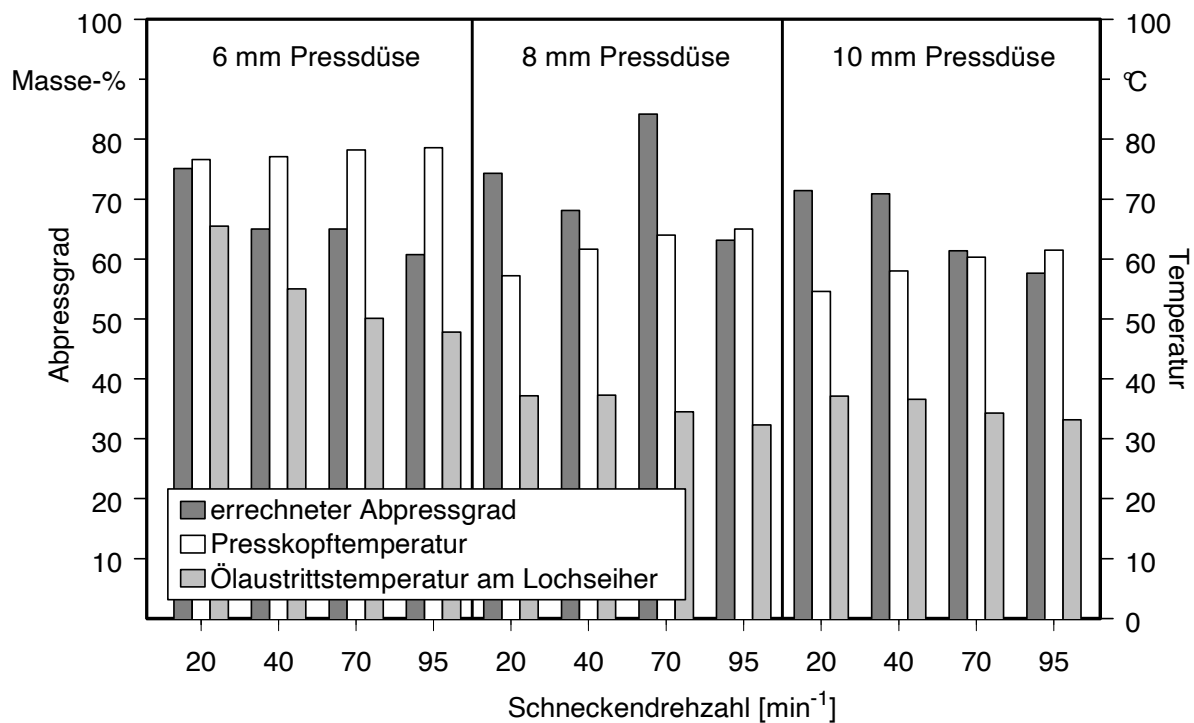


Abbildung 11: Gegenüberstellung des errechneten Abpressgrads sowie der Presskopf- und der Ölaustrittstemperatur am Lochseiher ohne zusätzliche Temperierung (Unterscheidung nach Pressdüsendurchmesser)

Wie schon in den vorherigen Untersuchungen beobachtet, nahm der Abpressgrad mit steigender Schneckendrehzahl ab. Ein direkter Einfluss des Pressdüsendurchmessers konnte nicht beobachtet werden. Lediglich die Variante 8 mm Pressdüse und 70 min^{-1} bildete hierbei eine Ausnahme, da sie den höchsten Abpressgrad lieferte.

Die Presskopftemperatur stieg bei allen Varianten mit zunehmender Schneckendrehzahl an, ein größerer Pressdüsendurchmesser bewirkt eine niedrigere Presskopftemperatur.

Die Schneckendrehzahl ist negativ mit der Ölaustrittstemperatur korreliert. Ein Einfluss der Pressdüse kann nur bei Verwendung einer 6 mm Düse beobachtet werden, hier lagen die Ölaustrittstemperaturen deutlich höher als bei den anderen Varianten.

Insgesamt bestätigt diese Untersuchung die Ergebnisse der bisherigen Versuche. Auch unter Praxisbedingungen können unter Verwendung einer 6 mm Pressdüse hohe Presskopftemperaturen von ca. 80 °C auftreten. Eine Presseneinstellung, die zu einem Anstieg der Presskopftemperatur führt, bewirkt bis auf eine Ausnahme immer einen Rückgang des Abpressgrades. Durch eine längere Verweilzeit des Pressgutes im Presszylinder (niedrigere Schneckendrehzahl) verbessert sich der Wärmeübergang auf das Pressgut und die Ölaustrittstemperatur steigt an.

Um die thermische Belastung während der Ölgewinnung möglichst gering zu halten, sollte auf die Verwendung von Pressdüsen mit einem Durchmesser kleiner als 8 mm verzichtet werden.

Zusätzlich wurden bei mehreren Ölmühlen die Ölaustrittstemperaturen unter Praxisbedingungen gemessen. Die Position des Messfühlers wurde ähnlich der Anordnung an der Versuchsanlage gewählt. Bei großen Seiherstabschneckenpressen wurde der Mittelwert aus drei Messungen, jeweils im vorderen, mittleren und hinteren Drittel des Seiherkorbs gebildet. Zusätzlich wurden noch weitere Messungen aus bisher unveröffentlichten Untersuchungen berücksichtigt um einen repräsentativen Überblick zu erhalten. Die gemessenen Ölaustrittstemperaturen an 24 Ölpresen sind in Abbildung 12 dargestellt.

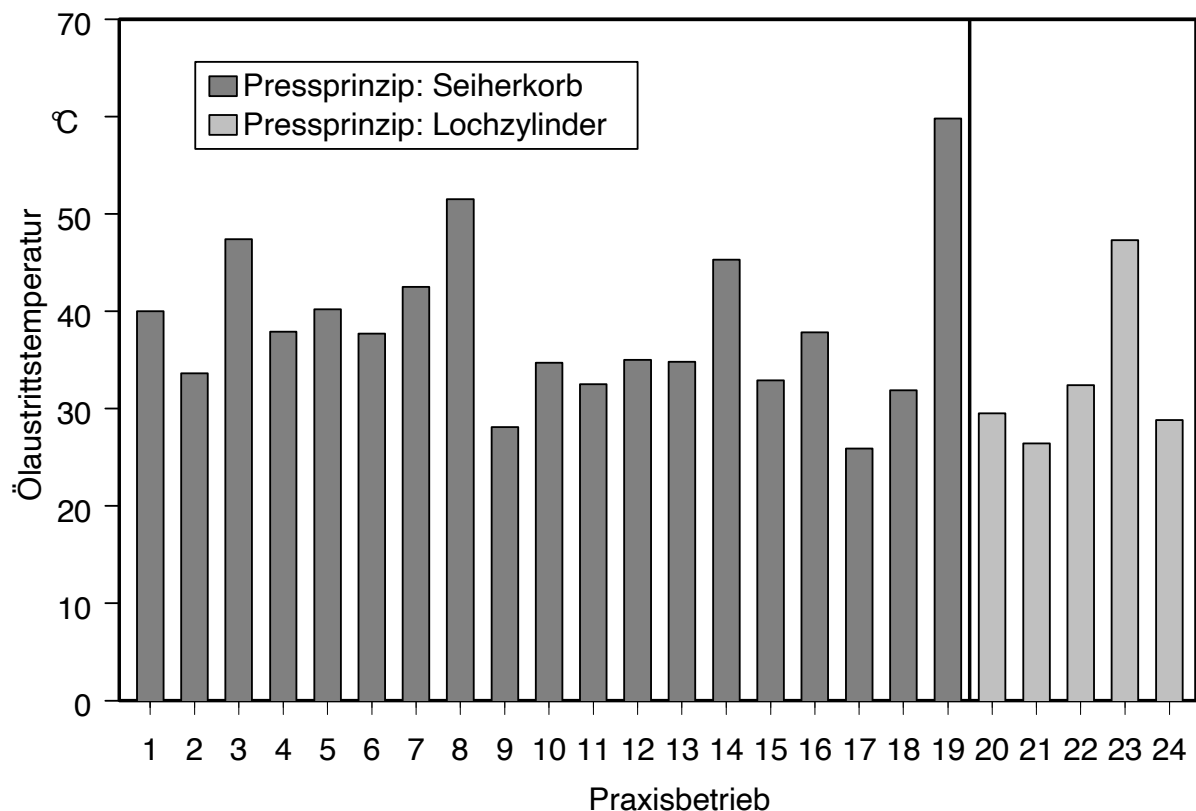


Abbildung 12: Ölaustrittstemperaturen in der Praxis

Wie der Abbildung zu entnehmen ist, liegt die Ölaustrittstemperatur bei den meisten der berücksichtigten Praxisbetriebe unter 40 °C, unabhängig von der Verwendung einer Lochseiher- oder Seiherstabschneckenpresse. Es zeigt sich aber auch, dass im Praxiseinsatz zum Teil Ölaustrittstemperaturen um die 50 °C erreicht werden können, unabhängig von der verwendeten Pressenart. Die in den vorangegangenen Untersuchungen festgestellten, teils hohen Ölaustrittstemperaturen treten durchaus auch in Praxisbetrieben auf und könnten zu einer thermischen Beeinträchtigung des dort gewonnenen Speiseöls führen.

Bei Untersuchungen mit Presskopftemperaturen von 60, 70, 80 und 90 °C zeigte sich, dass die ermittelten Abpressgrade der Varianten immer unter dem Niveau der Variante mit 60 °C Presskopftemperatur lagen. Das von Widmann beschriebene Optimum im Abpressgrad bei einer Presskopftemperatur von 80 °C konnte nicht bestätigt werden.

Eine Analyse auf die Gesamtverschmutzung der Öle wurde nicht durchgeführt.

5.1.2 Sensorische Bewertung der Öle

Die Öle zeichneten sich vor allem durch ihren saatigen und nussigen Geschmack aus. Abbildung 13 zeigt diese beiden positiven sensorischen Attribute in Abhängigkeit von den Presseneinstellungen Schneckendrehzahl und Pressdüsendurchmesser.

Bei allen Rapsölen konnten diese beiden positiven Attribute in mehr oder weniger starker Ausprägung gefunden werden. Lediglich bei Presseneinstellungen, die in der Praxis eher unüblich sind, 6 mm Pressdüsendurchmesser und 20 min⁻¹ Schneckendrehzahl, sowie 10 mm Pressdüsendurchmesser und 70 bzw. 95 min⁻¹ Schneckendrehzahl lagen die Intensitäten für *saatig* und *nussig* deutlich niedriger als bei den anderen untersuchten Einstellungen.

Neben den beiden positiven Attributen traten in einigen Ölen vereinzelt auch negative Attribute, wie *strohig*, *holzig* oder *adstringierend* auf, die aber in ihrer Intensität zumeist sehr niedrig blieben. Lediglich das Attribut *röstig* wurde in allen Proben gefunden. In Abbildung 14 ist der Einfluss von Schneckendrehzahl und Pressdüsendurchmesser auf die sensorischen Attribute *saatig* und *röstig* dargestellt.

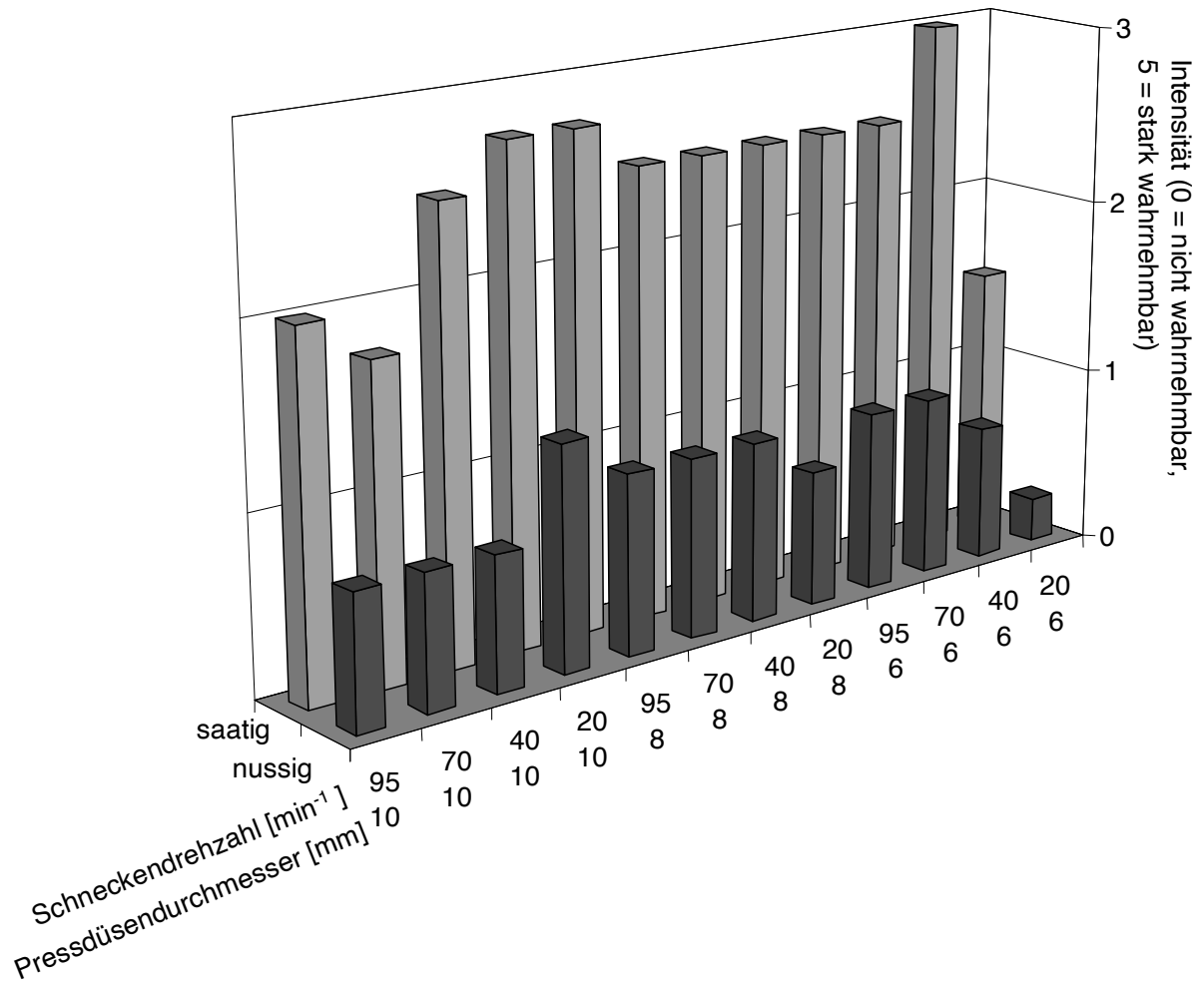


Abbildung 13: Einfluss von Schneckendrehzahl und Pressdüsendurchmesser bei einer Presskopf-temperatur von 60 °C auf die positiven sensorischen Attribute saatig und nussig

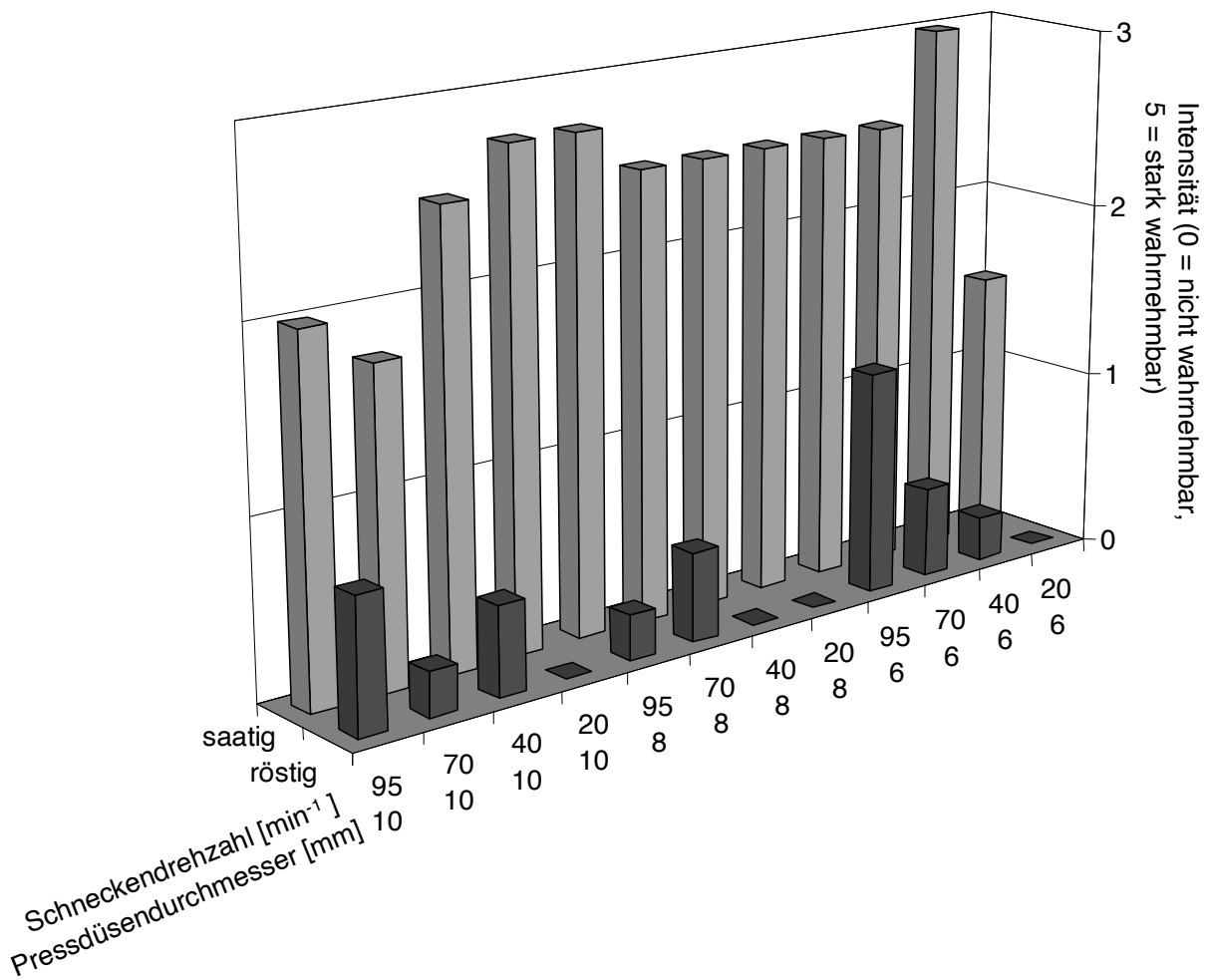


Abbildung 14: Einfluss von Schneckendrehzahl und Durchmesser der Pressdüse bei einer Presskopftemperatur von 60 °C auf die sensorischen Attribute *saatig* und *röstig*

Hier zeigte sich eine Zunahme der Intensität mit steigender Schneckendrehzahl, woraus sich ergibt, dass das Attribut *röstig* aufgrund von prozessspezifischen Einstellungen der Ölpresse im Öl gefunden wird. Die stärkste Ausprägung hat dieses Attribut bei einem Durchmesser der Pressdüse von 6 mm und einer Schneckendrehzahl von 95 min⁻¹. Der Einfluss der Schneckendrehzahl auf dieses Attribut ist auch bei Verwendung der 8 bzw. 10 mm Pressdüse erkennbar, wobei die Intensität bei diesen Pressdüsen auf niedrigem Niveau beginnt und mit zunehmender Schneckendrehzahl langsamer ansteigt.

Einen gravierenden Einfluss hat die Presskopftemperatur auf die sensorische Beschaffenheit der Öle, wie in Abbildung 15 dargestellt. Mit steigender Presskopftemperatur nimmt die Intensität der positiven Attribute *saatig* und *nussig* ab und negative Attribute wie *holzig*, *adstringierend* bzw. *stichig* und *modrig* nehmen zu. Dadurch kommt es zu einer deutlichen Verschlechterung der Qualität der gewonnenen Öle.

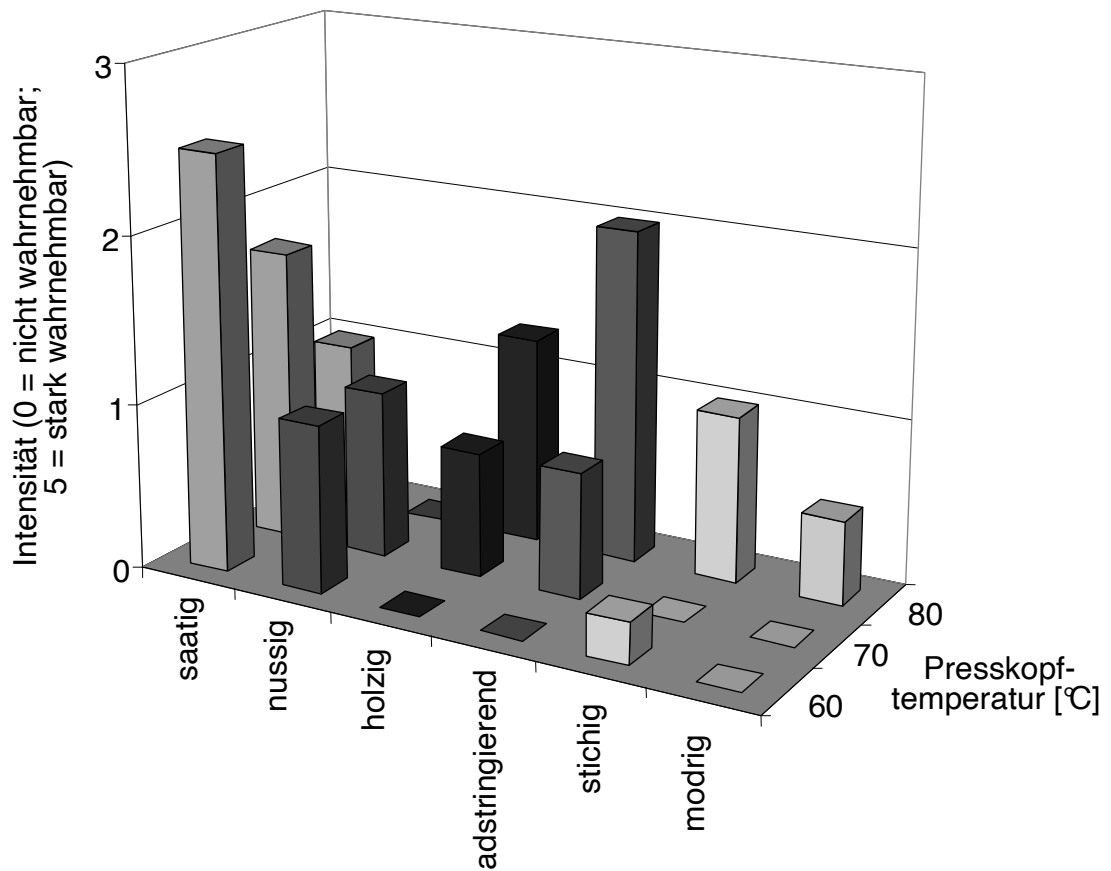


Abbildung 15: Einfluss der Presskopftemperatur auf die sensorische Beurteilung der Öle

Eine Zusammenstellung der Ergebnisse aus der sensorischen Beurteilung der Öle aus Praxisbetrieben in Gegenüberstellung der aus der Saat gewonnenen Öle unter standardisierten Bedingungen zeigt Abbildung 16. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Ergebnissen der in Praxisbetrieben produzierten Öle und den Ölen die unter den Bedingungen des Projektes gewonnen wurden, konnte nicht gefunden werden.

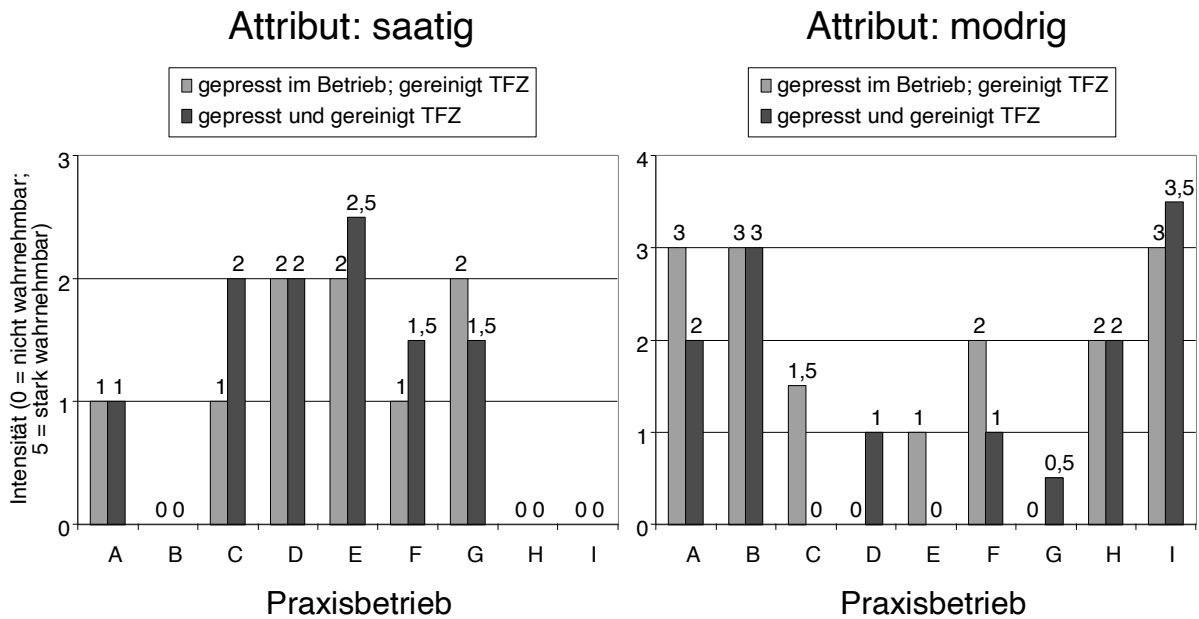


Abbildung 16: Sensorische Beurteilung von Ölen aus Praxisbetrieben (am TFZ gereinigt) und Ölen aus gleicher Rapssaat, gepresst und gereinigt unter standardisierten Bedingungen am TFZ

5.1.3 Chemisch-physikalische Kennwerte der Öle

Chlorophyllgehalt

Ein wichtiger Parameter, der die oxidative Stabilität der Öle beeinflusst ist der Gehalt an Chlorophyll. Dies ist insbesondere wichtig, da viele kaltgepresste Rapsspeiseöle nicht in Braunglasflaschen auf den Markt kommen, sondern in lichtdurchlässigen Klarglasflaschen, um die intensive gelbe Färbung im Vergleich zu den raffinierten Ölen besser zur Geltung bringen zu können. Chlorophyll ist ein ubiquitär vorkommendes Pflanzenpigment, das bei Anwesenheit von Licht als Photosensibilisator zur Bildung von Singulett-Sauerstoff führt, der eine rasche Oxidation des Speiseöls nach sich zieht. Des Weiteren ist Chlorophyll unerwünscht, da es die Öle in höheren Konzentrationen grün oder braun färbt.

Abbildung 17 zeigt den Einfluss von Schneckendrehzahl und Pressdüsendurchmesser auf den Chlorophyllgehalt der gewonnenen Speiseöle.

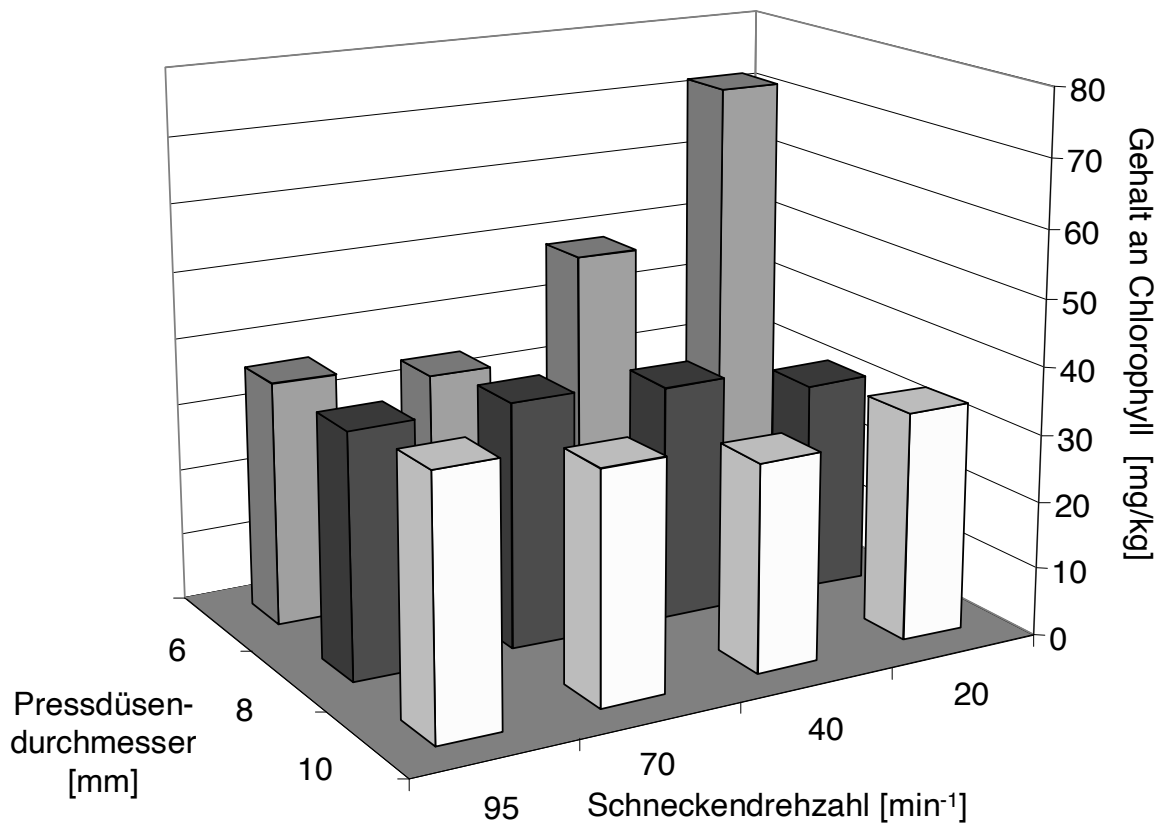


Abbildung 17: Einfluss von Schneckendrehzahl und Durchmesser der Pressdüse bei einer Presskopftemperatur von 60 °C auf den Chlorophyllgehalt

Die Untersuchungen zeigen, dass der Chlorophyllgehalt bei einer Presskopftemperatur von 60 °C und Verwendung einer Pressdüse von 8 bzw. 10 mm nicht beeinflusst wurde, auch wenn die Schneckendrehzahl von 20 bis 95 min⁻¹ variierte. Die Chlorophyllgehalte in den gewonnenen Ölen blieben bei Verwendung dieser Pressenparameter mit etwa 30 mg/kg relativ konstant. Allerdings führte der Einsatz einer 6 mm Pressdüse mit abnehmender Schneckendrehzahl zu einer drastischen Erhöhung des Chlorophyllgehaltes im Öl.

Während bei einer Schneckendrehzahl von 70 bzw. 95 min⁻¹ noch keine Zunahme des Chlorophyllgehalts zu beobachten war, lagen die Gehalte bei einer Schneckendrehzahl von 40 min⁻¹ bereits 30 % höher und bei Verwendung einer Schneckendrehzahl von 20 min⁻¹ hatte sich der Gehalt an Chlorophyll im Öl im Vergleich zu den praxisüblichen Einstellungen mehr als verdoppelt. Für eine Presskopftemperatur von 60 °C bestand eine signifikante Korrelation zwischen dem Abpressgrad und dem Chlorophyllgehalt im Öl von $r = 0,70$.

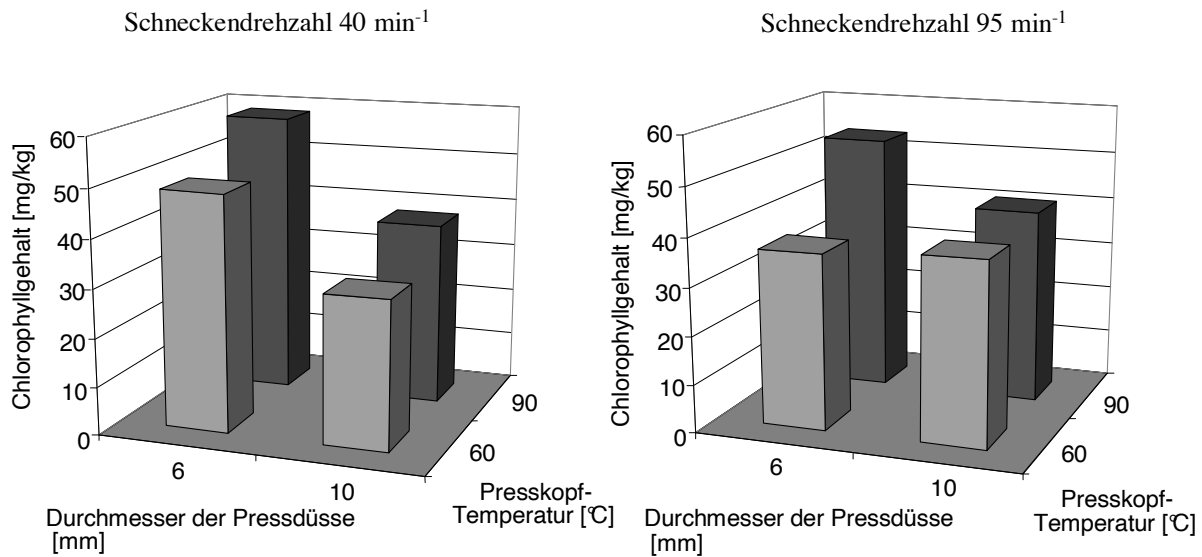


Abbildung 18: Einfluss der Presskopftemperatur und des Durchmessers der Pressdüse auf den Chlorophyllgehalt im Öl

Aus Abbildung 18 ist ersichtlich, dass bei höherer Presskopftemperatur der Chlorophyllgehalt deutlich zunimmt. Bei einer Schneckendrehzahl von 40 min⁻¹ betrug die Zunahme etwa 20 %. Stärker ausgeprägt war der Einfluss auf den Chlorophyllgehalt bei einer Schneckendrehzahl von 95 min⁻¹ und Einsatz einer 6 mm Pressdüse. Hier stieg der Gehalt an Chlorophyll im Öl von 36 auf 53 mg/kg um mehr als 30 % an, während bei Verwendung einer Pressdüse von 10 mm diese Zunahme mit ansteigender Temperatur deutlich weniger stark ausgeprägt war.

Der Gehalt an Chlorophyll im Öl lässt sich durch die Wahl der Pressenparameter beeinflussen.

Um eine rasche Oxidation der gewonnenen Öle in Gegenwart von Licht zu vermeiden sollte der Chlorophyllgehalt im Öl weniger als 50 mg/kg betragen. Dieser Wert wurde von den gewonnenen Ölen lediglich bei Verwendung der 6 mm Pressdüse bei gleichzeitig niedrigen Schneckendrehzahlen (20 bzw. 40 min⁻¹) bzw. Verwendung zu hoher Presskopftemperaturen überschritten.

Phosphorgehalt

Der Phosphorgehalt stellt ein ungefähres Maß für den Gehalt an Phospholipiden im Öl dar. Bei diesen Verbindungen handelt es sich um die Klasse der polaren Lipide im Rapsöl, die aus Phosphatidylcholin, Phosphatidylethanolamin bzw. Phosphatidyl-inositol besteht. Phospholipide sind vor allem in den fettführenden Zellen des Gewebes enthalten und somit unvermeidbare Fettbegleitstoffe bei der Ölgewinnung.

In der Literatur wird insbesondere die erhöhte Oxidationsstabilität von Rohölen aufgrund erhöhter Gehalte an Phospholipiden beschrieben. Dabei wirken die Phospholipide als Synergisten für Tocopherole. Es ist aber zu beachten, dass dieser Effekt sehr stark von der Konzentration an Phospholipiden und Tocopherolen abhängig ist, so dass Phospholipide gegebenenfalls auch als Prooxidantien wirken können. Unerwünscht sind Phospholipide im Öl, da sie zu einem weißen

Bodensatz im Öl führen können, wenn sie bei längerer Lagerung hydratisiert werden und ausfallen. Außerdem führen erhöhte Phosphatidgehalte im Öl beim Erhitzen zur Schaumbildung und in der weiteren Folge zur Bildung von dunkel gefärbten Zersetzungsprodukten, so dass insbesondere bei Verwendung der Öle in der heißen Küche der Gehalt an Phosphatiden im Öl gering sein sollte.

In den untersuchten Ölen war, wie Abbildung 19 zeigt, nur ein geringer Einfluss der beiden Parameter, Schneckendrehzahl und Durchmesser der Düse, auf den Gehalt an Phosphor festzustellen. Die gemessenen Phosphorgehalte bewegten sich, bei den untersuchten Presseneinstellungen, auf sehr niedrigem Niveau.

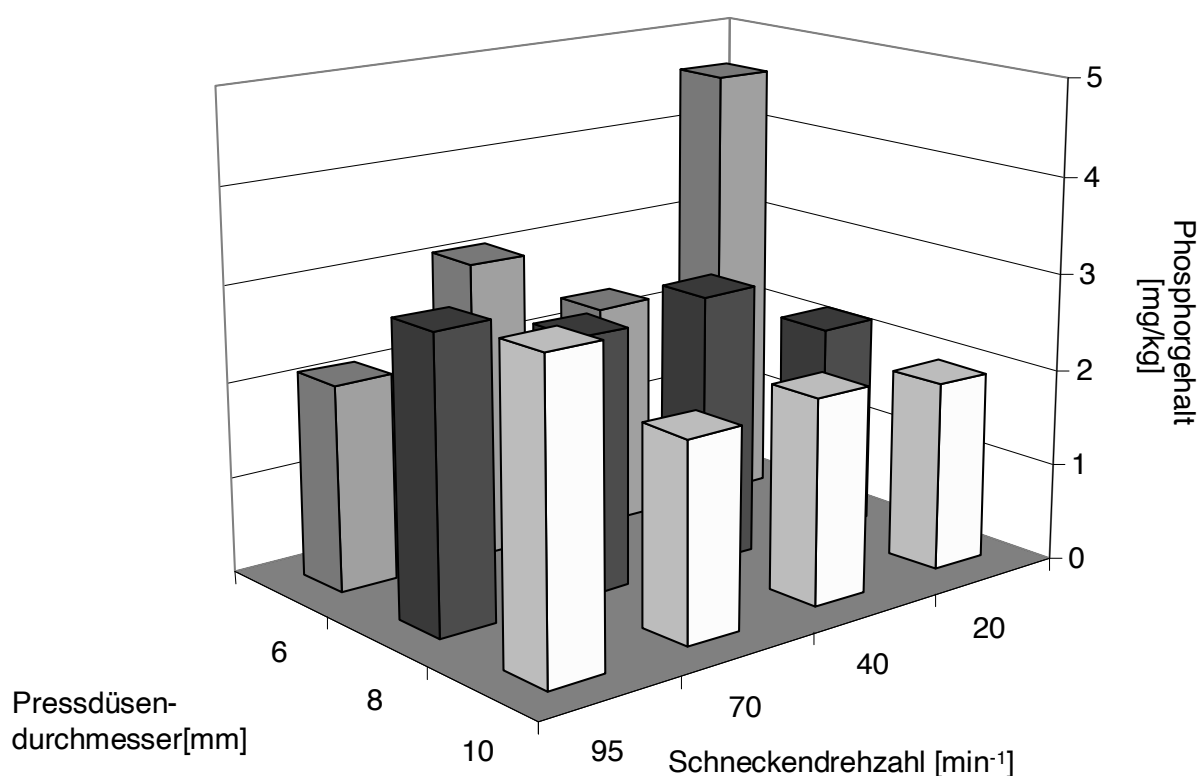


Abbildung 19: Einfluss von Schneckendrehzahl und Durchmesser der Pressdüse bei einer Presskopftemperatur von 60 °C auf den Gehalt an Phosphor im Öl

Lediglich bei den eher praxisunüblichen Einstellungen, Schneckendrehzahl 20 min⁻¹ und Durchmesser der Düse 6 mm, die den höchsten Abpressgrad ergeben, stiegen die Phosphorgehalte im Öl signifikant an. Die anderen Einstellungen bei 60 °C Presskopftemperatur führten zu vergleichbaren Phosphorgehalten, die zwischen 2 und 3 mg/kg lagen.

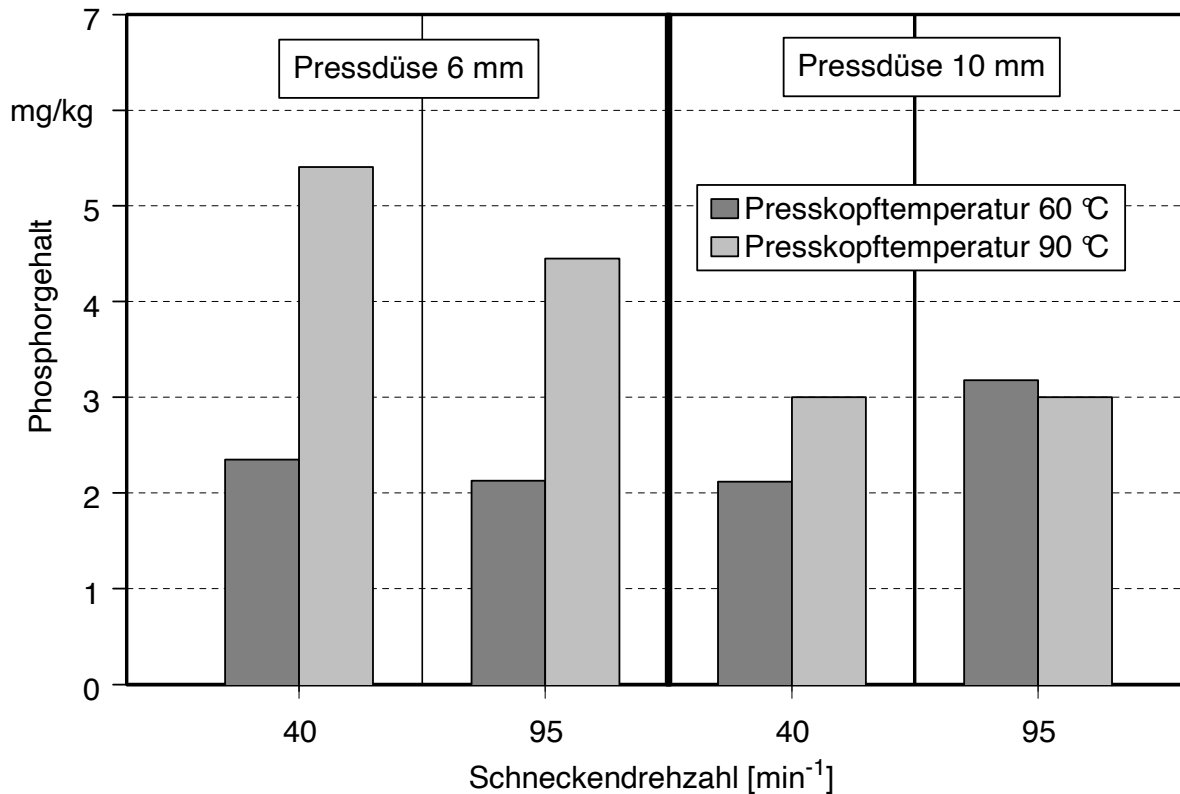


Abbildung 20: Einfluss der Presskopftemperatur auf den Gehalt an Phosphor im Öl bei einer Schneckendrehzahl von 40 min⁻¹

Anders ist das Bild, wenn auch die Presskopftemperatur bei der Betrachtung mit berücksichtigt wird. Abbildung 20 zeigt, dass die Presskopftemperatur einen deutlichen Einfluss auf den Phosphorgehalt im Öl hat, insbesondere bei Verwendung einer kleinen Pressdüse. Bei höherer Presskopftemperatur wurde mehr Phosphor im Öl gefunden, lediglich bei einer Schneckendrehzahl von 95 min⁻¹ und einer 10 mm Pressdüse waren die Gehalte an Phosphor vergleichbar. Insbesondere bei Verwendung einer kleinen Pressdüse (6 mm) war ein signifikanter Einfluss der Presskopftemperatur zu beobachten. Lagen die Phosphorgehalte hier bei einer Presskopftemperatur von 60 °C noch bei etwa 2 mg/kg, so stiegen sie bei höherer Presskopftemperatur deutlich an und waren dann mehr als doppelt so hoch. Betrachtet man bei einer Presskopftemperatur von 90 °C die Korrelation zwischen Abpressgrad und Gehalt an Phosphor im Öl, so lag diese hier im Vergleich zur niedrigeren Presskopftemperatur deutlich höher ($r = 0,6372$).

Tocopherolgehalt

Betrachtet man den Einfluss der Schneckendrehzahl sowie des Durchmessers der Pressdüse auf den Tocopherolgehalt (Abbildung 21), so zeigt sich, dass der Tocopherolgehalt im Öl mit abnehmender Schneckendrehzahl zunahm. Der Einfluss des Durchmessers der Pressdüse war dagegen nicht signifikant.

Somit lässt sich feststellen, dass mit zunehmender Verweildauer des Pressgutes in der Presse, also bei kleiner Schneckendrehzahl mehr Tocopherole aus der Saat in das Öl übergingen. Untersuchungen von SCHNEIDER und RAB (1997) [41] haben gezeigt, dass Öl aus unzerstörten Rapshüllen deutlich schwerer zugänglich ist als Öl aus geschälter Saat. Es ist also anzunehmen, dass es infolge höherer Drücke auf das Pressgut zu einer umfassenderen Zerstörung des Pflanzenmaterials in der Presse kommt, was dann zu höheren Tocopherolgehalten im Öl führte. Der Korrelationskoeffizient zwischen dem Abpressgrad und dem Gehalt an Tocopherolen im Öl betrug $r = 0,45$.

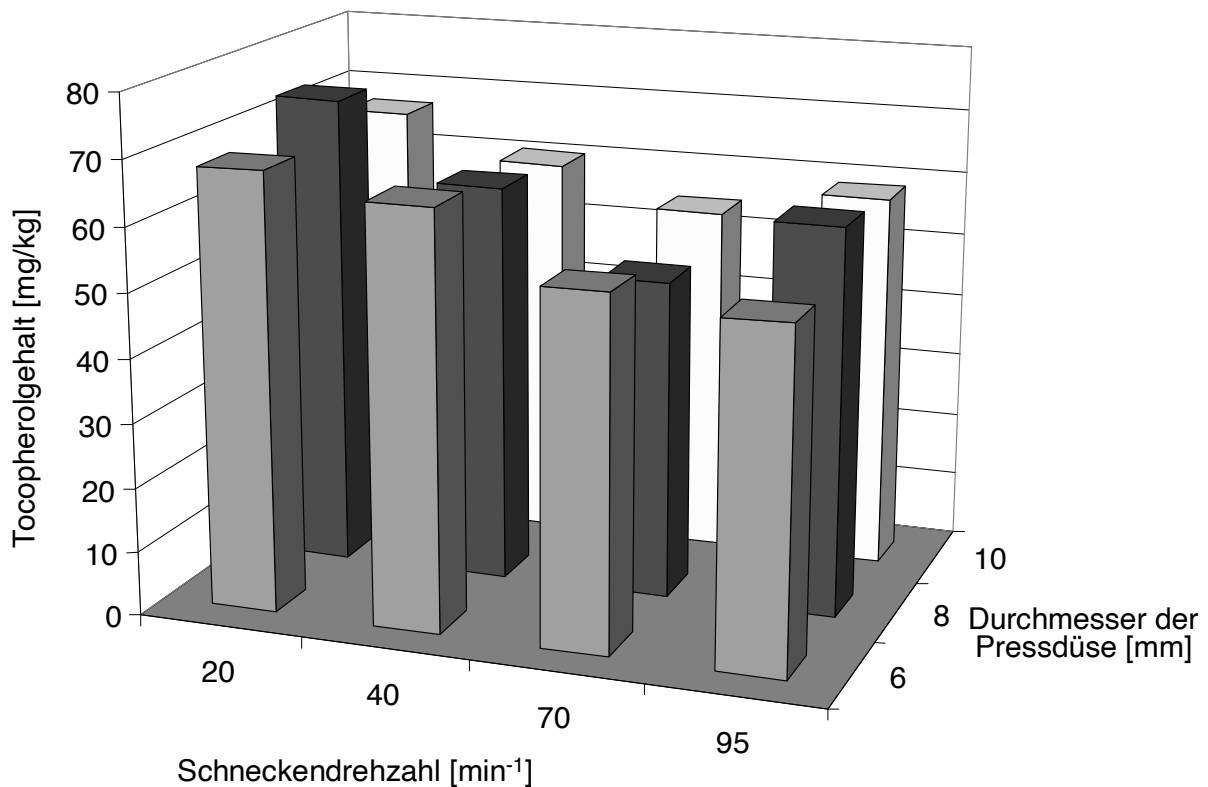


Abbildung 21: Einfluss der Schneckendrehzahl sowie des Durchmessers der Pressdüse auf den Gesamtgehalt der Tocopherole im Öl

Aus Abbildung 22 ist ersichtlich, dass der Gesamtgehalt an Tocopherolen bei niedrigerer Presskopftemperatur höher ist. Bei einer Presskopftemperatur von 60 °C war eine Zunahme des Tocopherolgehaltes mit abnehmender Schneckendrehzahl zu beobachten, während die Tocopherolgehalte bei einer Presskopftemperatur von 90 °C mit abnehmender Schneckendrehzahl abnahmen. Offensichtlich führte bei höheren Presskopftemperaturen die längere Verweildauer des Pflanzenmaterials in der Pressschnecke bereits zu einem Abbau der Tocopherole. Es lässt sich auch fest-

stellen, dass bei höherer Presskopftemperatur ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Gehalt an Tocopherolen im Öl und dem Abpressgrad besteht ($r = 0,9005$).

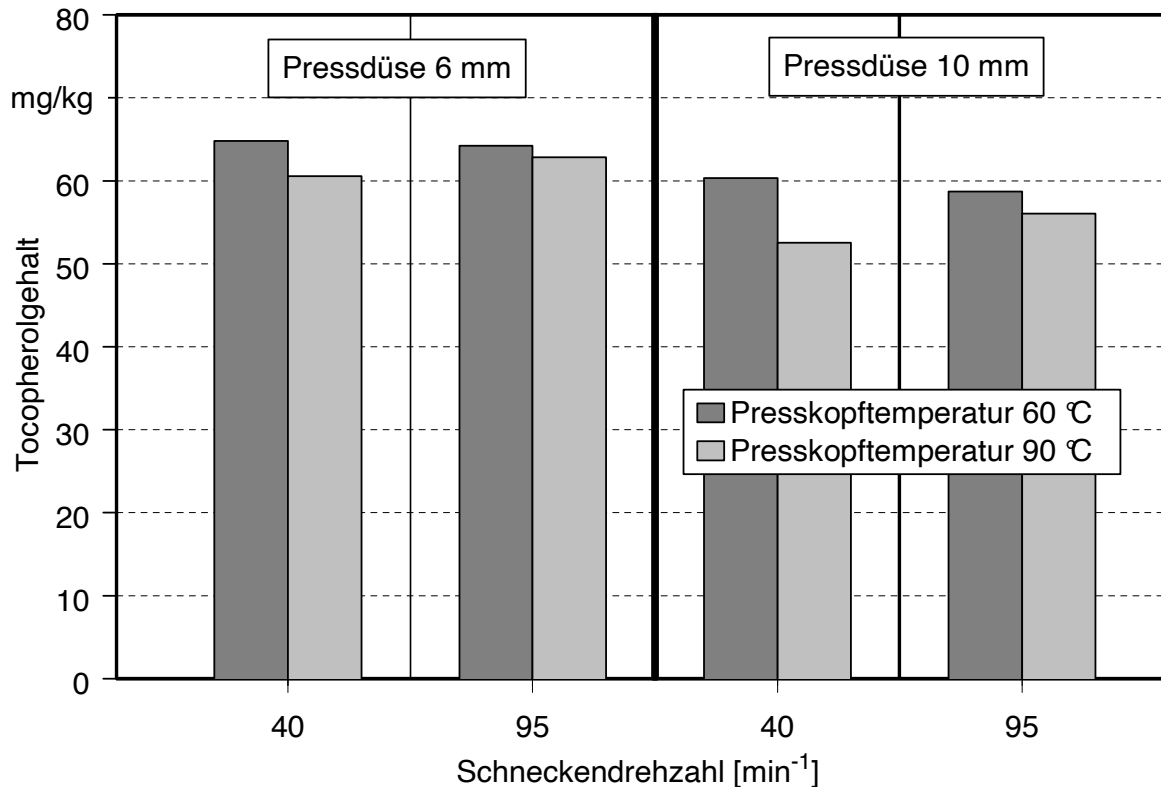


Abbildung 22: Einfluss der Presskopftemperatur auf den Gesamtgehalt der Tocopherole im Öl

Betrachtet man die Gehalte der einzelnen Tocopherole so ist hier der gleiche Einfluss der Pressenparameter festzustellen, der auch für den Gesamtgehalt der Tocopherole beschrieben wurde. Trotz unterschiedlicher antioxidativer Aktivität der verschiedenen Tocopherole lässt sich auch bei den einzelnen Tocopherolen kein stärkerer Einfluss der Pressenparameter beobachten.

Gehalt an freien Fettsäuren

Freie Fettsäuren im Öl werden durch hydrolytische oder enzymatische Spaltung der Triglyceride in Gegenwart von Wasser gebildet. Ausschlaggebend für den Gehalt an freien Fettsäuren sind vorhandene Wassermenge, Temperatur und eventuell vorhandene Katalysatoren sowie die Zeitdauer der Einwirkung der vorher genannten Faktoren. Somit kann der Gehalt an freien Fettsäuren als ein wichtiges Merkmal für die Beurteilung der Ölqualität herangezogen werden.

Die Ergebnisse zeigen nur einen geringen Einfluss der Schneckendrehzahl und des Durchmessers der Pressdüse auf den Gehalt an freien Fettsäuren. Zwar stieg der Gehalt an freien Fettsäuren im Öl mit abnehmendem Durchmesser der Pressdüse und steigender Schneckendrehzahl leicht an,

aber dieser Effekt war nicht sehr ausgeprägt. Zwischen dem Abpressgrad und dem Gehalt an freien Fettsäuren im Öl bestand kein signifikanter Zusammenhang ($r = 0,0692$).

Ebenso hatte die Presskopftemperatur innerhalb der untersuchten Variationen nur einen geringen Einfluss auf den Gehalt an freien Fettsäuren. Bei einer Presskopftemperatur von 90 °C lagen die Gehalte an freien Fettsäuren höher als bei einer Temperatur von 60 °C, aber auch dieser Effekt war nicht sehr ausgeprägt.

So lässt sich feststellen, dass die untersuchten Pressenparameter nur einen geringen Effekt auf den Gehalt an freien Fettsäuren hatten.

Peroxidzahl

Die Peroxidzahl beschreibt den Oxidationszustand von Fetten und Ölen, gibt allerdings keinen Hinweis darauf, wie lange ein Öl gelagert werden kann. Bei der Bestimmung der Peroxidzahl wird der im Öl an den Doppelbindungen der Fettsäuren, Triglyceriden sowie deren Abbauprodukten peroxidisch gebundene Sauerstoff erfasst. Dies ist insofern wichtig, da es sich bei diesen sogenannten Hydroperoxiden, die geschmacksneutral sind, um Vorstufen von kurzkettigen, aromatischen Verbindungen handelt. Diese führen in der Regel zu einem sensorischen Eindruck, der für Fette und Öle unerwünscht ist, da sie so ein ranziges und kratziges Aroma bekommen.

Bei der Autoxidation von Fetten und Ölen handelt es sich um einen Radikalkettenmechanismus, so dass ein höherer Gehalt an Hydroperoxiden dazu führt, dass die Öle oxidativ weniger stabil sind, auch wenn unerwünschte Aromakomponenten als Produkte der Oxidation noch nicht nachweisbar sind.

Die Geschwindigkeit der Fettoxidation und damit der Bildung von Hydroperoxiden oder aber deren Abbauprodukten als aromaaktive Komponenten ist stark abhängig von der Temperatur, der Anwesenheit von Sauerstoff, der Wasseraktivität, der Anwesenheit von Licht sowie Pro- bzw. Antioxidantien. Diese Faktoren werden beeinflusst durch eine ungeeignete Behandlung während der Pressung oder Lagerung.

Als Voraussetzung für eine lange Lagerstabilität der Öle, die für den Verbraucher ein wichtiges Kriterium darstellt, sollte die Peroxidzahl im Öl möglichst niedrig sein, auch wenn sie alleine kein Maß für den Zustand oder die Lagerstabilität des Öles ist.

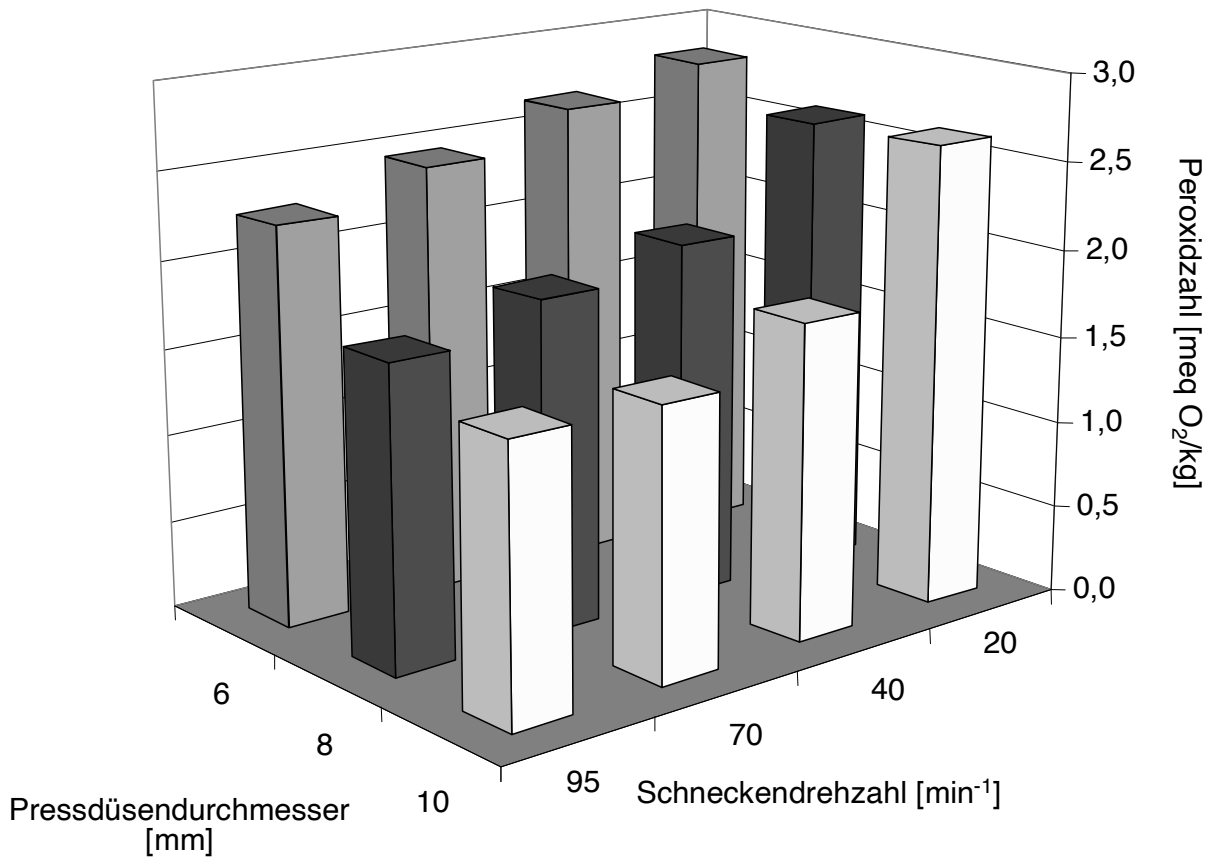


Abbildung 23: Einfluss von Schneckendrehzahl und Durchmesser der Pressdüse bei einer Presskopftemperatur von 60 °C auf die Peroxidzahl

Mit abnehmendem Durchmesser der Pressdüse nahm die Peroxidzahl zu, wobei diese Zunahme umso ausgeprägter war, je schneller die Schnecke sich drehte. Bei einer Schneckendrehzahl von 20 min⁻¹ war der Einfluss des Durchmessers der Pressdüse nicht mehr signifikant, wohingegen bei einer Schneckendrehzahl von 95 min⁻¹ ein deutlicher Anstieg mit abnehmendem Durchmesser der Pressdüse zu verzeichnen war. Dahingegen führten niedrigere Schneckendrehzahlen zu höheren Peroxidzahlen, so dass die größte Peroxidzahl bei einem Durchmesser der Pressdüse von 6 mm und einer Schneckendrehzahl von 20 min⁻¹ gefunden wurde. Dieser Anstieg der Peroxidzahl ging einher mit einer Zunahme des Abpressgrades der Ölsaart. Je größer der Abpressgrad desto höher war die Peroxidzahl des gepressten Öles, wobei die Korrelation zwischen beiden Parametern für eine Presskopftemperatur von 60 °C $r = 0,62$ betrug.

In den Untersuchungen konnte nur ein geringer Einfluss der Presskopftemperatur gefunden werden.

Eine Änderung der Presskopftemperatur von 60°C auf 90 °C führte bei Verwendung einer 6 mm Pressdüse zu einem Anstieg der Peroxidzahl von 2,1 meq O₂/kg Öl auf 2,7 meq O₂/kg Öl. Bei Verwendung einer 10 mm Pressdüse fiel der Anstieg noch geringer aus.

Oxidationsstabilität

Neben dem Oxidationszustand, ausgedrückt durch die Peroxidzahl, wird die Oxidationsstabilität mit Hilfe der Rancimat-Methode bestimmt. Dadurch lässt sich eine oxidative Schädigung der Öle erfassen, auch wenn das Ergebnis keine direkten Rückschlüsse auf die Lagerfähigkeit der Öle unter Haushaltsbedingungen erlaubt.

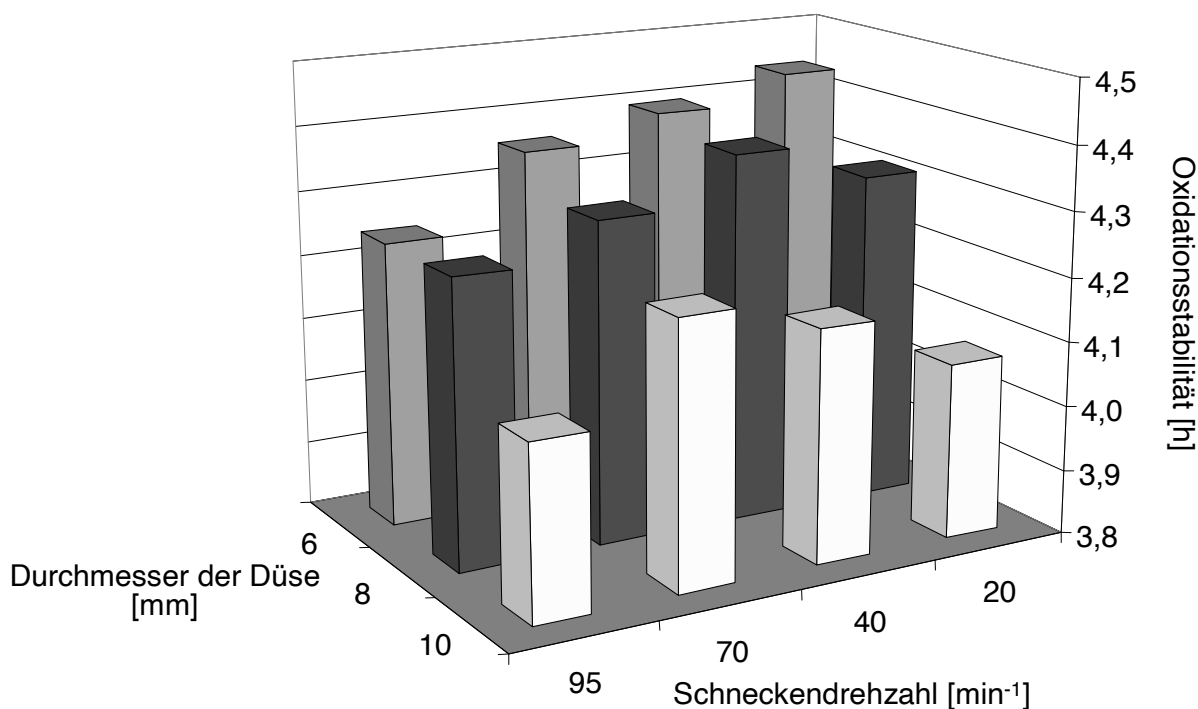


Abbildung 24: Einfluss von Schneckendrehzahl und Durchmesser der Pressdüse bei einer Presskopftemperatur von 60 °C auf die Oxidationsstabilität

Bei den durchgeführten Untersuchungen zum Einfluss der Pressenparameter auf die Qualität der gewonnenen Rapsspeiseöle zeigte sich nur ein geringer Einfluss auf die Oxidationsstabilität, wie in Abbildung 24 dargestellt. Mit steigendem Abpressgrad, also mit abnehmendem Durchmesser der Pressdüse sowie abnehmender Drehzahl der Pressschnecke nahm die Oxidationsstabilität der Öle zu. Dabei war der Effekt unter praxisüblichen Einstellungen wiederum nicht sehr ausgeprägt.

Anders als bei dem Chlorophyllgehalt, dem Gehalt an freien Fettsäuren sowie der Peroxidzahl führte die Verwendung einer kleineren Pressdüse und langsameren Schneckendrehzahlen, also einer Optimierung auf höhere Abpressgrade, zu einer Verbesserung der Ölqualität mit Hinblick auf die Oxidationsstabilität. Offensichtlich gehen durch diese Pressbedingungen mehr antioxidativ wirksame Substanzen, wie z. B. phenolische Verbindungen aus der Saat in das Öl über, was zu einer größeren Oxidationsstabilität der Öle führte.

Eine Erhöhung der Presskopftemperatur von 60 auf 90 °C führte zu einer geringfügigen, aber signifikanten Verschlechterung der Oxidationsstabilität. Hier kam es durch die höheren Temperatu-

ren während des Pressvorgangs bereits zu einer Schädigung des Öls, auch wenn die Auswirkungen auf die Lagerstabilität unter Haushaltsbedingungen eher gering sein dürften.

Rauchpunkt

Ein Einfluss der Pressenparameter auf den Rauchpunkt konnte bei den Untersuchungen nicht festgestellt werden.

Gesamtflüchtige Bestandteile

Mit Hilfe der Bestimmung der gesamtflüchtigen Bestandteile wird der Gehalt an Wasser im Öl charakterisiert. Für diesen Parameter ist in den Leitsätzen für Speisefette und -öle als Grenzwert 0,3 % festgelegt. An den Ergebnissen der untersuchten Proben konnte kein Einfluss der Pressenparameter festgestellt werden.

Bestimmung der Steradiene

Im Rahmen des Projektes wurden die Öle bei deren Herstellung höhere Temperaturen auftraten hinsichtlich des Gehaltes an Steradienen untersucht. Es konnten aber in keinem der untersuchten Öle Steradiene in Konzentrationen über 0,15 mg/kg nachgewiesen werden.

Fettsäurezusammensetzung

Die Fettsäurezusammensetzung ist ein wichtiges Merkmal von Pflanzenölen, um die Identität der Öle nachzuweisen. Des Weiteren wird der Gehalt an Erukasäure im Öl durch die Erukasäureverordnung auf maximal 5 % begrenzt. Die Rapsorte Talent zeigte die für Raps typische Fettsäurezusammensetzung. Die untersuchten Pressenparameter hatten keinen Einfluss auf die Zusammensetzung der Fettsäuren. Auch eine höhere Presskopftemperatur bei gleichzeitig kleinerem Durchmesser der Pressdüse (6 mm) sowie mittlerer (40 min^{-1}) bzw. hoher (95 min^{-1}) Schnecken-drehzahl führte trotz höherer Ölablauftemperatur nicht zu einer Abnahme der oxidationsempfindlichen α -Linolensäure.

Der Gehalt an *trans*-Fettsäuren ist ein weiterer empfindlicher Nachweis einer unsachgemäßen Verarbeitung bei der Herstellung von kaltgepressten Speiseölen. Diese kommen natürlicherweise in kaltgepressten Ölen nur in sehr geringen Mengen vor. Während verschiedener Verarbeitungsprozesse kommt es aufgrund sterischer Spannungen im Fettsäuremolekül zur Umlagerung der labilen *cis*-Konfiguration in die stabilere *trans*-Konfiguration. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn es während der Trocknung von Saaten nach der Ernte zur Einwirkung von hohen Temperaturen kommt. Auch bei der Raffination werden während der Desodorierung *trans*-Fettsäuren gebildet, wenn Speiseöle mit Temperaturen von über 150 °C behandelt werden. So kann die Anwesenheit von *trans*-Fettsäuren als weiteres Kriterium für die Beurteilung einer sachgemäßen Herstellung von nativen, kaltgepressten Rapsölen dienen.

Ein Anstieg der Gehalte an *trans*-Fettsäuren als ein Ergebnis der höheren Temperaturbelastung bei den genannten Parametern war nicht festzustellen.

5.1.4 Zusammenfassung

Die Untersuchungen zum Einfluss der Pressenparameter auf die verschiedenen Kenngrößen zur Charakterisierung der gewonnenen Öle zeigen, dass ein Einfluss nur in praxisunüblichen Einstellungen der Presse auftritt.

Insbesondere der sensorische Eindruck als wichtigstes Kriterium für die Beurteilung der Qualität bleibt durch verschiedene Einstellungen der Presse weitestgehend unbeeinflusst. Die Untersuchungen zeigen, dass die Verwendung einer 8 mm Pressdüse, unabhängig von der Schnecken-drehzahl, das beste Ergebnis sowohl für die beiden positiven Attribute *saatig* und *nussig*, als auch hinsichtlich der Vermeidung des negativen Attributs *röstig* lieferte.

Bei den chemischen Parametern kommt es lediglich bei kleinem Durchmesser der Pressdüse in Verbindung mit extrem niedrigen oder hohen Drehzahlen der Pressschnecke zur Änderung der entsprechenden Kenngröße. Insbesondere die Gehalte an Chlorophyll und Phosphor zeigten hier einen vergleichsweise starken Anstieg. Nur ein geringer Einfluss der Pressenparameter auf die Peroxidzahl, den Rauchpunkt, den Gehalt an freien Fettsäuren sowie die Oxidationsstabilität und den Tocopherolgehalt konnte gefunden werden. Die Fettsäurezusammensetzung und auch der Anteil an flüchtigen Bestandteilen wurden durch die Pressenparameter nicht beeinflusst. Ebenso kam es nicht zu einer Änderung von Parametern, wie Gehalt an *trans*-Fettsäuren und Steradienen, die als Nachweis für den Einsatz von höheren Temperaturen herangezogen werden.

Höhere Presskopftemperaturen führten in der Regel zu einer schlechteren Qualität der Öle, insbesondere im Hinblick auf die sensorische Beurteilung.

5.2 Einfluss der Saatvorbehandlung auf die Qualität von kaltgepresstem Rapsspeiseöl

Im zweiten Untersuchungsblock des Projektes wurde der Einfluss von Lagerung und Vorbehandlung der Rapssaat auf die Qualität des gewonnenen Rapsspeiseöls untersucht.

5.2.1 Parameter der Ölgewinnung

Für die durchgeführten Lagerungsversuche wurden unterschiedliche Wassergehalten in den eingelagerten Saaten eingestellt. Abbildung 25 zeigt die Lagerfeuchte zu Beginn sowie zum Ende der Versuchsanordnung nach DIN 10265 (Trockenschrankmethode).

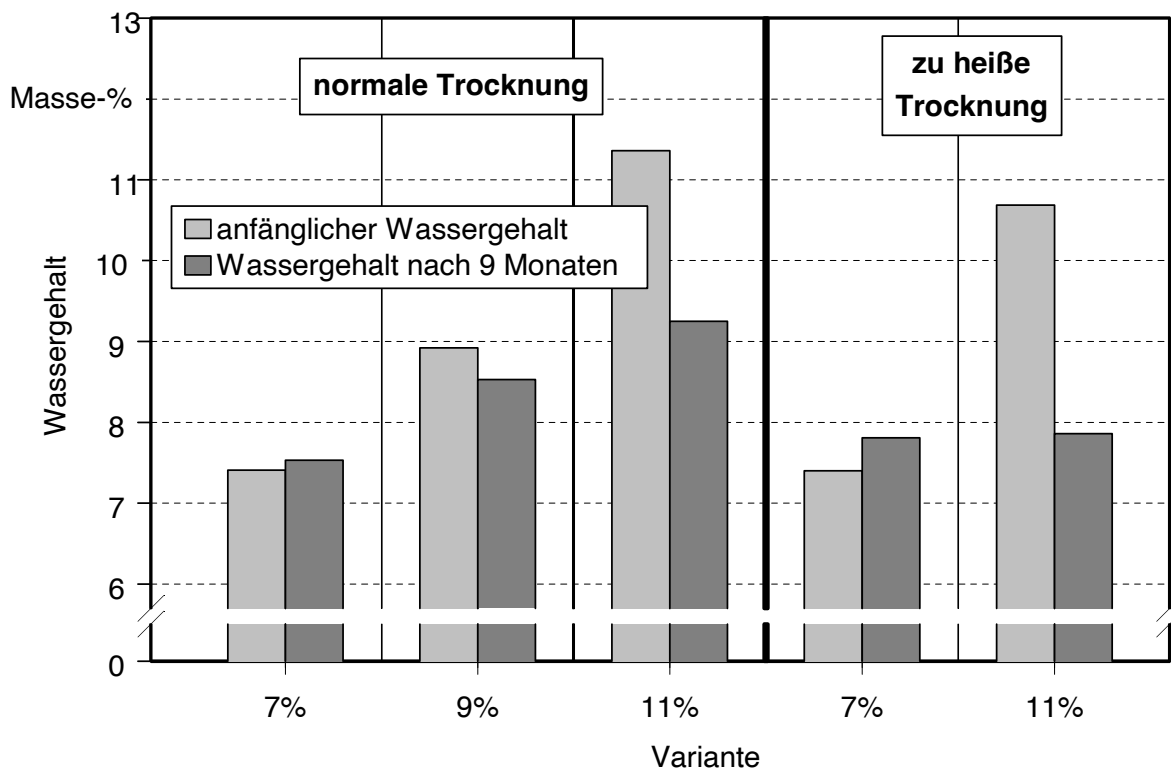


Abbildung 25: Wassergehalt der eingelagerten Saaten der Sorte Talent zu Beginn und gegen Ende der Lagerung

Wie der Abbildung zu entnehmen, ist nur bei den beiden Lagerungsvarianten mit 7 % Wassergehalt ein leichter Anstieg des Wassergehalts zu verzeichnen, bei beiden 11 % Varianten konnte ein starker Rückgang des Wassergehalts während der Lagerung beobachtet werden. Die Zunahme des Wassergehalts bei der 7 %-Variante lässt sich durch das bei Atmungsprozessen im Korn entstehende Wasser erklären [26]. Der Wasserverlust der 11 % Varianten kann auf den starken Schimmelbefall und der dadurch hervorgerufenen Oberflächenvergrößerung sowie dem damit einhergehenden vermehrten Wasserentzug zurückgeführt werden.

In Abbildung 26 sind die Mittelwerte der Abpressgrade der Sorte Talent über den gesamten Lagerungszeitraum dargestellt.

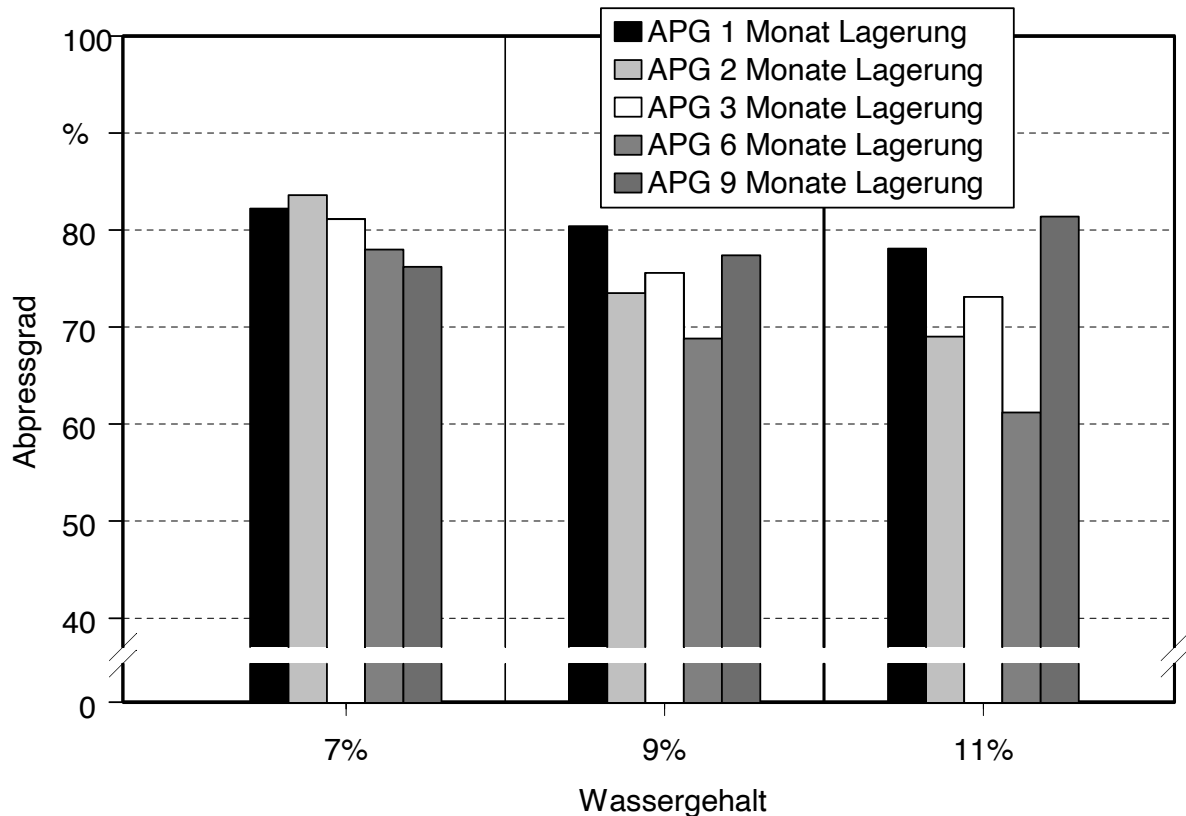


Abbildung 26: Mittelwerte der Abpressgrade der Sorte Talent, normale Trocknung, ungeschält über den gesamten Lagerungszeitraum von neun Monaten

Während der Abpressgrad der 7 % Lagerungsvariante ab dem zweiten Lagerungsmonat kontinuierlich abnimmt, treten bei den Varianten mit höherem Wassergehalt teils erhebliche Schwankungen auf. Sowohl bei der 9 % als auch bei der 11 % Lagerungsvariante ist nach sechs Monaten Lagerdauer ein deutlicher Rückgang im Abpressgrad zu erkennen, wohingegen zum Ende der Versuchsdauer wiederum bei beiden Varianten ein Anstieg zu verzeichnen ist.

Dies deckt sich überwiegend mit den Untersuchungen von BARGALE (2000) [3] zum Abpressgrad bei unterschiedlichen Saatvorbehandlungen mit variierenden Wassergehalten. Für den Abpressgrad wurden die besten Ergebnisse bei einer Saatfeuchte zwischen 7 und 9 % erreicht. Eine höhere Saatfeuchtigkeit führte zu Verlusten bei der Ölausbeute.

Um einen konstanten Abpressgrad bei der Verarbeitung von Rapssaat gewährleisten zu können sollte eine Lagerfeuchte von ca. 7 % gewählt werden.

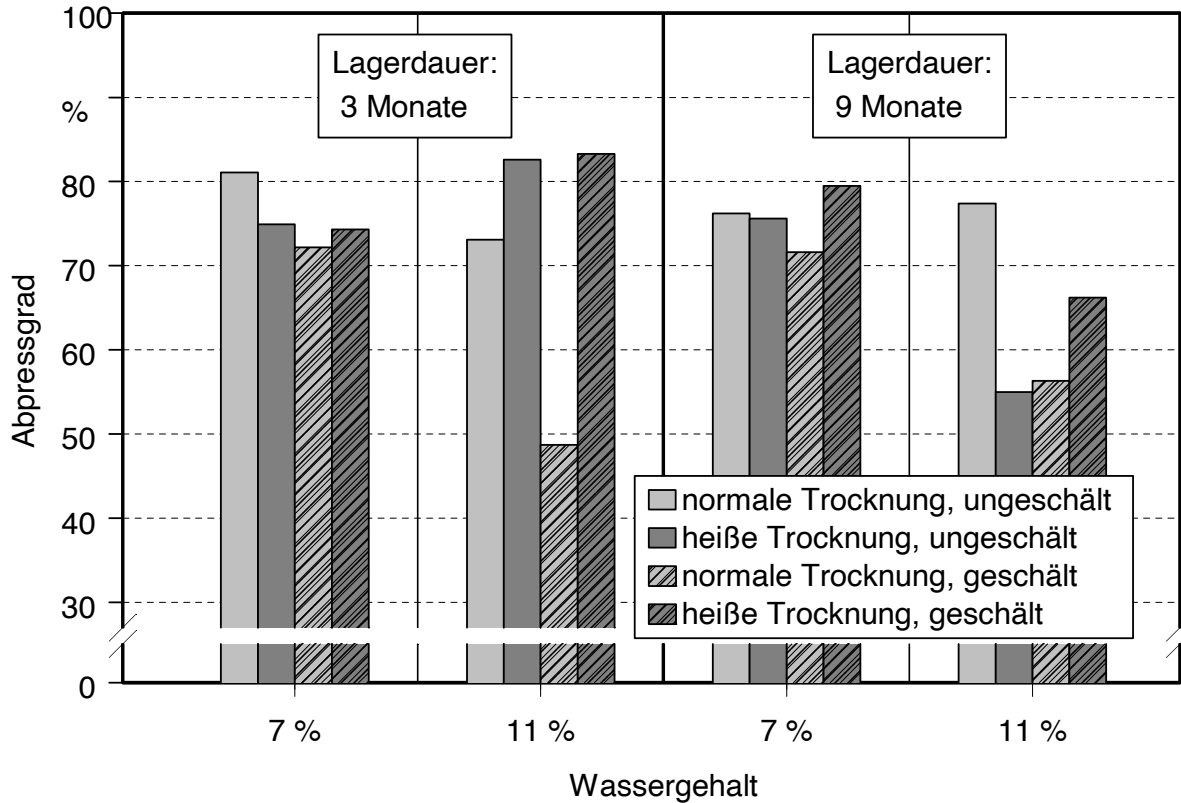


Abbildung 27: Mittlere Abpressgrade nach 3 und 9 Monaten Lagerung, Sorte Talent, Unterscheidung nach Trocknungstemperatur und Schälung

Abbildung 27 zeigt, dass nur die Variante 7 % Lagerungsfeuchte auch nach längerer Lagerdauer, durchweg gute Abpressgrade erreicht, unabhängig von der durchgeführten Saatbehandlung (Trocknung und/oder Schälung).

Um eine mögliche Beeinflussung der Saatgutbehandlung ausschließen zu können sollte die Rapsaat unter schonenden Bedingungen auf 7 % Lagerfeuchte getrocknet werden.

5.2.2 Sensorische Bewertung der Öle

5.2.2.1 Einfluss der Lagerdauer und Lagerfeuchte

Bei einer Lagerfeuchte von 7 % nahm die Intensität des Attributes *saatig* während einer Lagerdauer von zwei Monaten deutlich ab, wobei es aber im weiteren Verlauf der Untersuchung nicht zu einer weiteren Verringerung der Intensität kam. Es bildeten sich im Untersuchungszeitraum von 9 Monaten keine negativen Attribute aus, wenn die Saat mit 7 % Feuchtigkeit eingelagert wurde. Insgesamt lässt sich feststellen, dass die sensorische Qualität der Öle bei Lagerung mit 7 % Feuchtigkeit über einen Zeitraum von 9 Monaten auf gleich bleibend hohem Niveau blieb. Die Ergebnisse zeigt Abbildung 28.

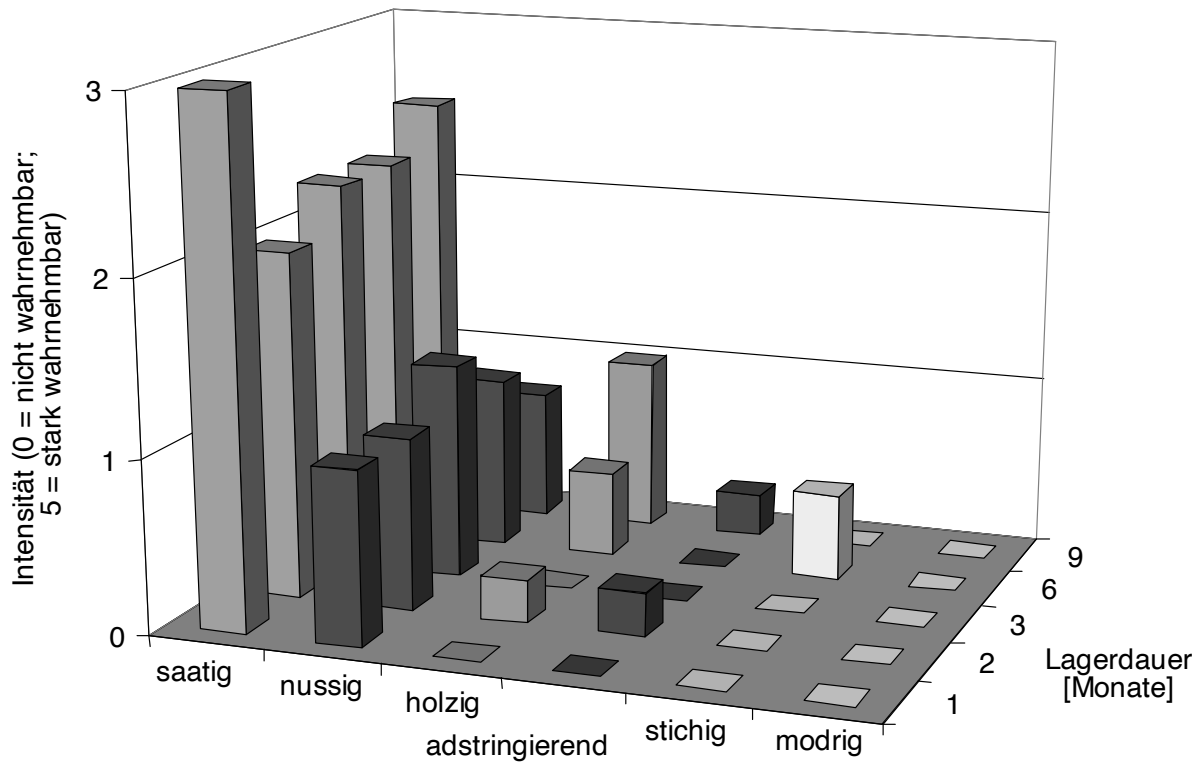


Abbildung 28: Einfluss der Lagerdauer bei 7 % Lagerfeuchte auf die sensorische Beurteilung von Rapsspeiseöl

Einen deutlich stärkeren Einfluss hatte die Lagerdauer, wenn die Saat mit einer Lagerfeuchte von 9 % eingelagert wurde. Abbildung 29 verdeutlicht, dass die positiven Attribute *saatig* und *nussig* im Verlauf der Lagerung rasch abnahmen und nach einer Lagerdauer von 9 Monaten die Attribute im Öl nicht mehr feststellbar waren. Gleichzeitig kam es zur deutlichen Entwicklung der negativen Attribute *holzig* und *adstringierend*, aber insbesondere auch *modrig* und *stichig*. Dies führte dazu, dass die Öle bereits nach einer Lagerdauer von 2 Monaten als für den menschlichen Verzehr ungeeignet abgelehnt werden mussten.

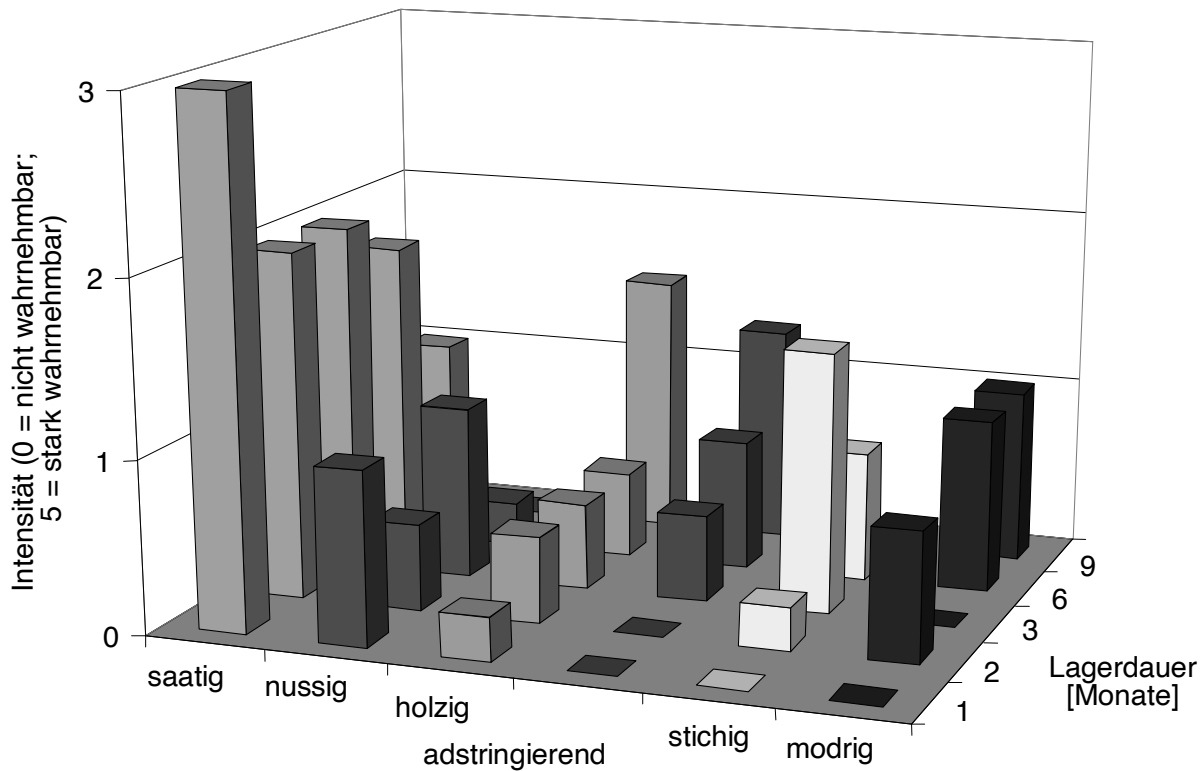


Abbildung 29: Einfluss der Lagerdauer bei 9 % Lagerfeuchte auf die sensorische Beurteilung von Rapsspeiseöl

Wurden die Saaten mit einer Feuchtigkeit von 11 % eingelagert, dargestellt in Abbildung 30, so nahm die Intensität der positiven Attribute noch schneller ab und es bildeten sich sehr rasch negative Attribute, wie *modrig* und *stichig* aus, welche die Öle absolut ungenießbar machten. Dabei war die Intensität dieser Attribute bei Einlagerung der Saaten mit 11 % Feuchtigkeit deutlich stärker ausgeprägt, als bei Ölen, die aus Saaten gewonnen wurden, die mit 9 % Feuchtigkeit eingelagert wurden.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Untersuchungen einen starken Einfluss der Lagerdauer in Verbindung mit der Lagerfeuchte auf die sensorische Beurteilung der Öle zeigten. Dabei wurde ein gravierender Einfluss der Lagerdauer mit steigender Lagerfeuchte der Saat auf die sensorische Beurteilung der Öle gefunden. Wurden die Saaten mit 7 % Feuchtigkeit gelagert, so blieb die sensorische Qualität der gewonnenen Öle über den Untersuchungszeitraum von 9 Monaten gut. Bereits eine Lagerfeuchte von 9 % führte innerhalb von 2 Monaten zu Ölen, die für den menschlichen Verzehr ungeeignet waren und bei einer Lagerfeuchte von 11 % waren die gewonnenen Öle nach einem noch kürzeren Zeitraum ungenießbar.

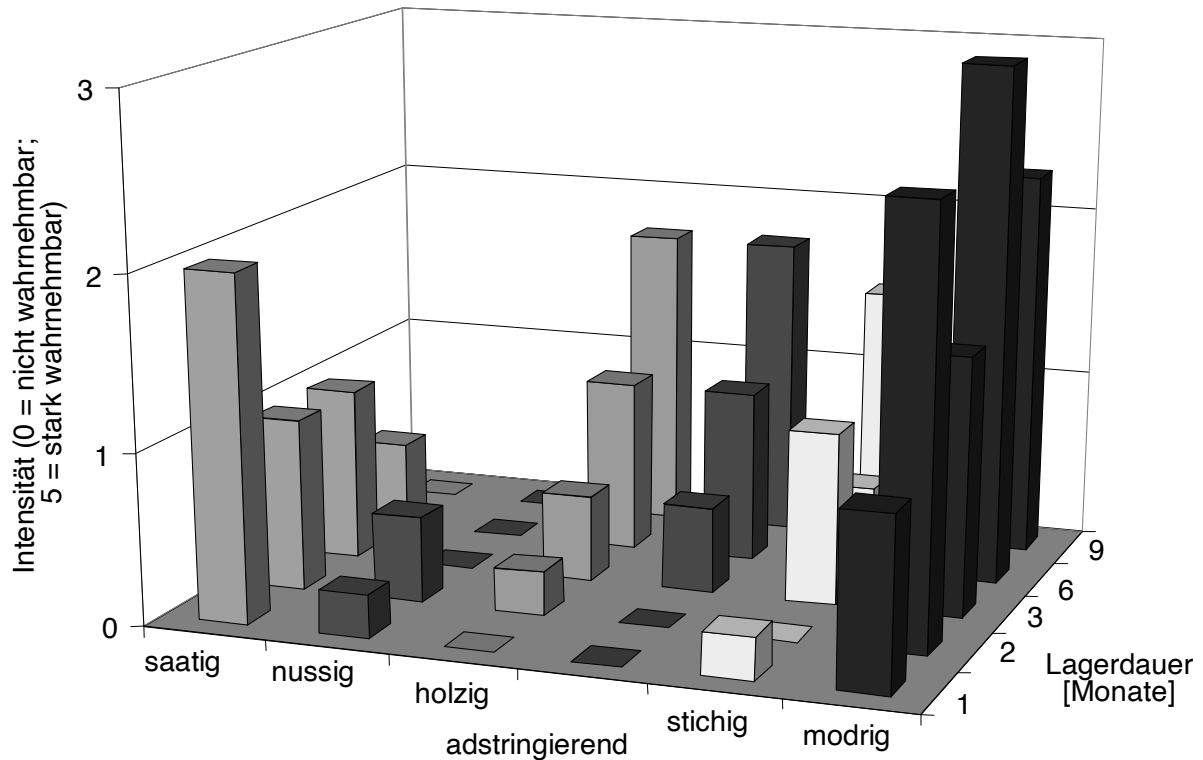


Abbildung 30: Einfluss der Lagerdauer bei 11 % Lagerfeuchte auf die sensorische Beurteilung der Öle

5.2.2.2 Einfluss der Schälung

Im Rahmen des Projektes wurde der Einfluss der Schälung auf die verschiedenen Kenngrößen untersucht. Die Schälung der Rapssaat wurde von der Teutoburger Ölmühle in Ibbenbüren durchgeführt.

Die Saaten wurden entsprechend den vorgegebenen Bedingungen gelagert und direkt vor dem Pressen geschält. Abbildung 31 zeigt den Einfluss der Schälung auf die sensorische Beschaffenheit der gewonnenen Öle. Es zeigte sich, dass die Intensität der positiven Attribute *sautig* und *nussig* in Ölen, die aus geschälter Rapssaat, nach praxisüblicher Lagerung und Trocknung, gewonnen wurden weniger stark ausgeprägt war. Ein ähnlicher Effekt kann auch beobachtet werden, wenn die verwendete Rapssaat durch Trocknung geschädigt wurde. In diesem Fall kam es zu einer Abschwächung der Intensität der negativen Attribute *modrig* und *stichig* in den Ölen aus geschälter Rapssaat, auch wenn diese negativen sensorischen Eindrücke durch den Schälprozess nicht vollständig entfernt werden konnten.

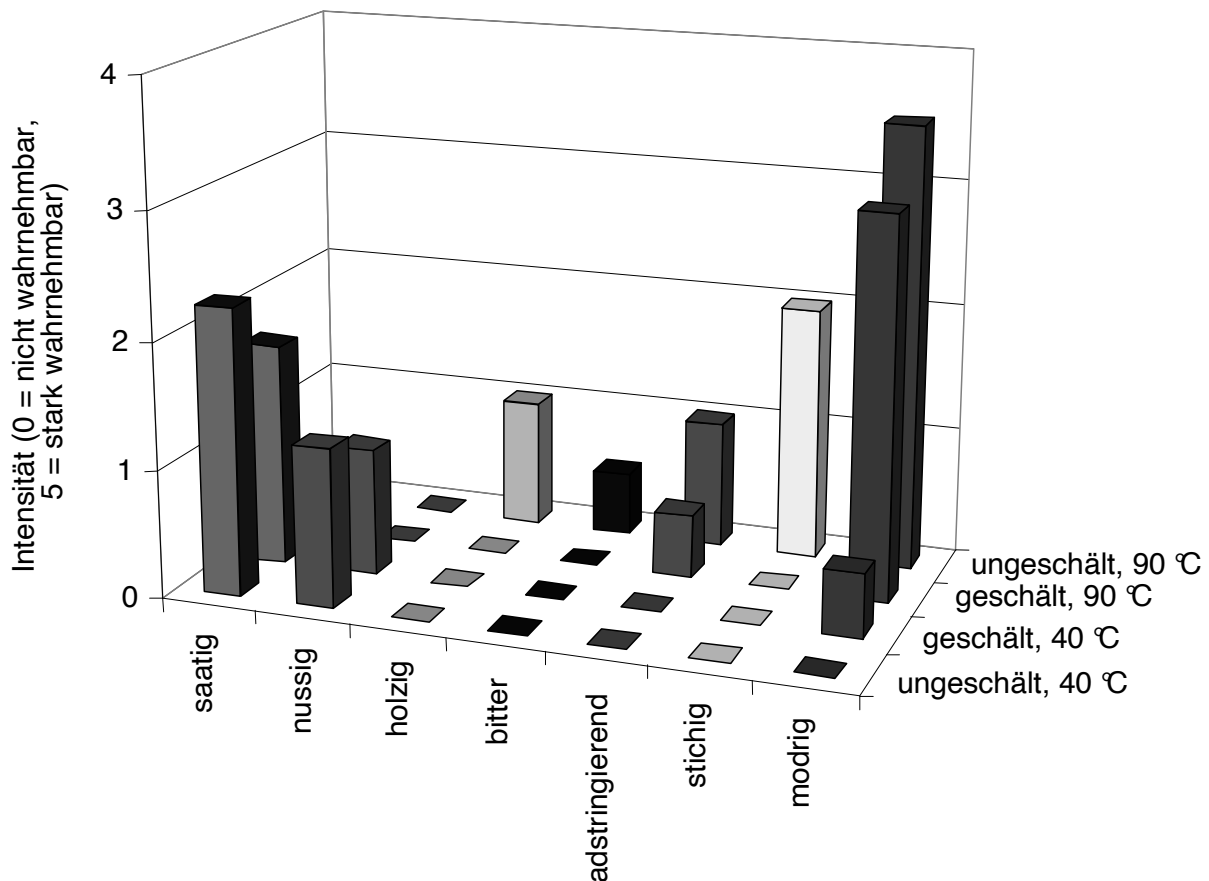


Abbildung 31: Einfluss der Schälung auf die sensorische Beschaffenheit der Öle (Lagerdauer: 3 Monate, Lagerfeuchte: 7 %)

Eine Schälung der Rapssaat führte zu milderem Geschmacksnoten im Öl. Die Qualität einer für die Speiseölgewinnung ungeeigneten Rapssaat wurde durch Schälung aber nicht entscheidend verbessert.

5.2.2.3 Einfluss der Saattrocknung

Eine Trocknung bei 90 °C hatte einen starken Einfluss auf die sensorische Beschaffenheit der Öle. Während Öle aus schonend getrockneter Saat (40 °C) nach 3 Monaten Lagerung mit 7 % Lagerfeuchte keine sensorischen Fehler aufwiesen, kam es bei einer Trocknung bei 90 °C zu deutlich modrigen und holzigen Geschmackseindrücken, wie Abbildung 32 zeigt. Positive sensorische Merkmale waren in diesen Ölen nicht mehr feststellbar, so dass die Öle für den menschlichen Genuss ungeeignet waren.

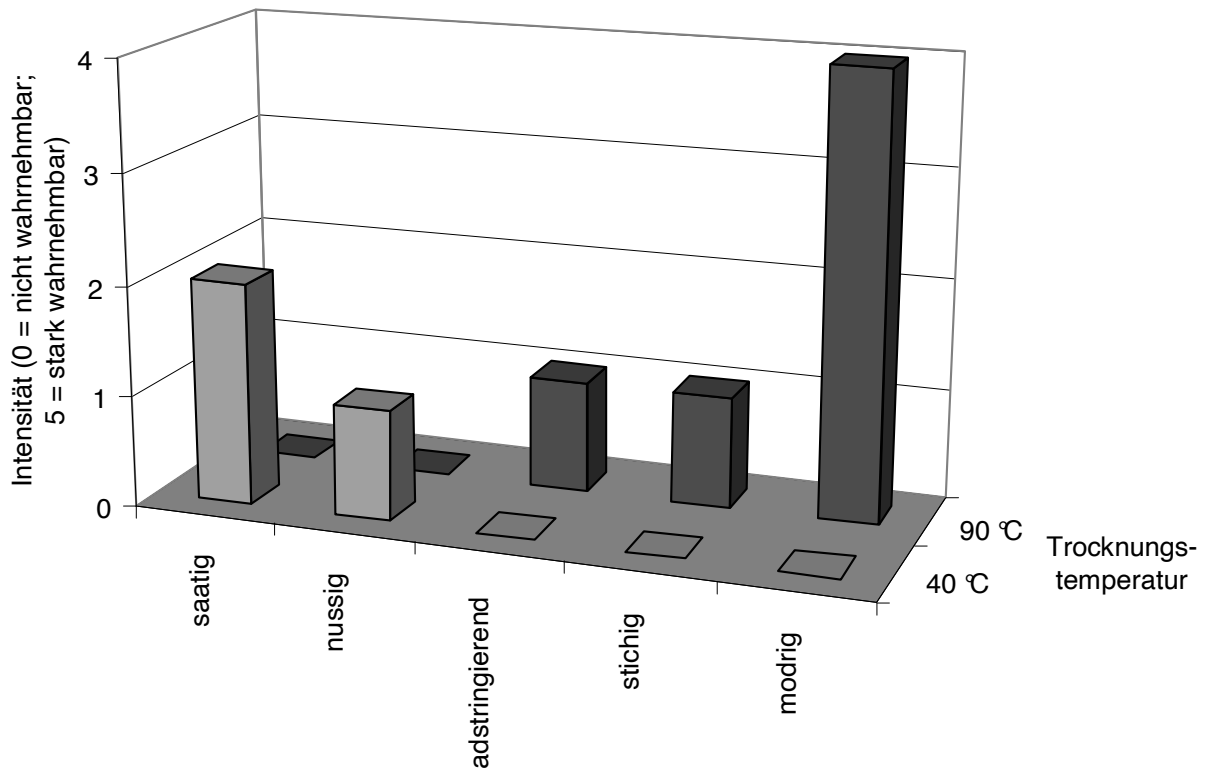


Abbildung 32: Einfluss der Saattrocknungstemperatur auf die sensorische Beurteilung der Öle

5.2.3 Chemisch-physikalische Kennwerte der Öle

5.2.3.1 Einfluss der Lagerdauer und Lagerfeuchte

Chlorophyllgehalt

Während der Lagerung der Rapssaat kam es zum Abbau von Chlorophyll. Dabei hatte sowohl die Lagerdauer als auch die Lagerfeuchte einen Einfluss. Bei einer Lagerfeuchte von 7 % wurde der Gehalt an Chlorophyll im Öl von 54 mg/kg zu Beginn der Untersuchung auf 31 mg/kg nach 9 Monaten Lagerung reduziert. Weniger ausgeprägt war der Abbau von Chlorophyll in Abhängigkeit von der Lagerdauer bei einer Lagerfeuchte von 9 bzw. 11 %. Hier wurden nach 9 Monaten Lagerung noch 42 bzw. 44 mg/kg im Öl gefunden.

Phosphorgehalt

In Abbildung 33 ist der Phosphorgehalt im Öl in Abhängigkeit von Lagerfeuchte und Lagerdauer der Rapssaat dargestellt.

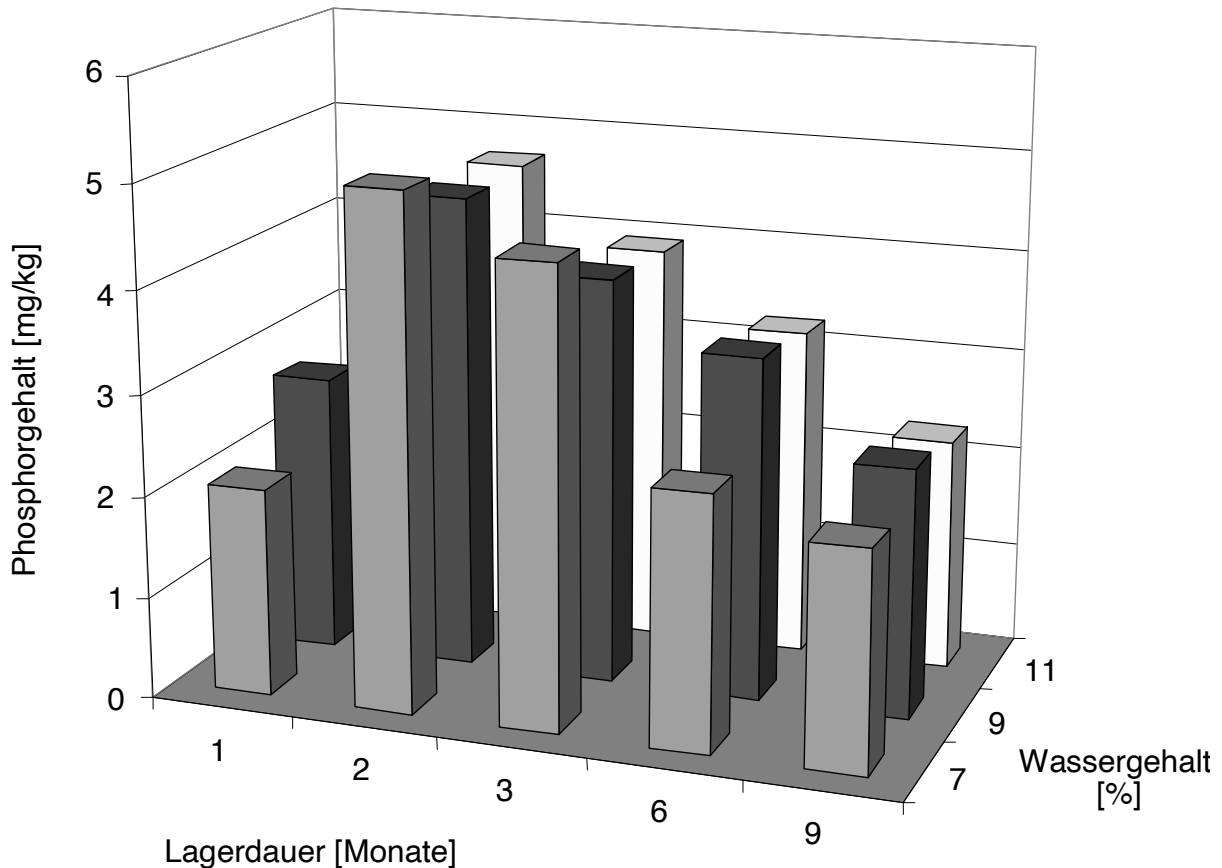


Abbildung 33: Einfluss von Lagerdauer und Wassergehalt auf den Phosphorgehalt der Öle

Die Untersuchungen zeigten, dass der Phosphorgehalt im Öl während der ersten 2 Monate der Lagerung der Rapssaat zunahm, jedoch mit zunehmender Lagerdauer der Saat wieder abnahm. Ein Einfluss der Lagerfeuchte auf den Phosphorgehalt konnte nicht festgestellt werden.

Tocopherolgehalt

Der Tocopherolgehalt im Öl stieg während der ersten 3 Monate Lagerung der Saat von 60 mg/100g auf 80 mg/100g an. Im weiteren Verlauf der Saatlagerung kam es dann aber zu niedrigeren Tocopherolgehalten im gewonnenen Öl. Dabei war der Tocopherolgehalt nur von der Lagerdauer nicht aber von der Lagerfeuchte abhängig. Die gefundenen Gehalte lagen unabhängig von der Lagerfeuchte auf vergleichbarem Niveau.

Gehalt an freien Fettsäuren

Abbildung 34 zeigt, dass der Gehalt an freien Fettsäuren im Rapsöl insbesondere durch die Lagerfeuchte beeinflusst wurde. Während bei 7 % Lagerfeuchte über einen Zeitraum von 9 Monaten keine Zunahme des Gehaltes an freien Fettsäuren festzustellen war, nahm der Gehalt bei 11 % Lagerfeuchte signifikant zu. Dabei ist allerdings zu beachten, dass sich die Zunahme auf einem

relativ niedrigen Niveau bewegte, das für die Qualität des Öles noch nicht relevant ist. Es ist aber zu berücksichtigen, dass höhere Gehalte an freien Fettsäuren im Öl zu einem schnelleren Verderb der Öle führen. Bei 9 % Lagerfeuchte ist eine deutliche Zunahme des Gehaltes an freien Fettsäuren erst nach einer Lagerdauer von 9 Monaten zu beobachten. Vorher blieben die Gehalte auf einem Niveau, vergleichbar mit den Gehalten bei 7 % Lagerfeuchte.

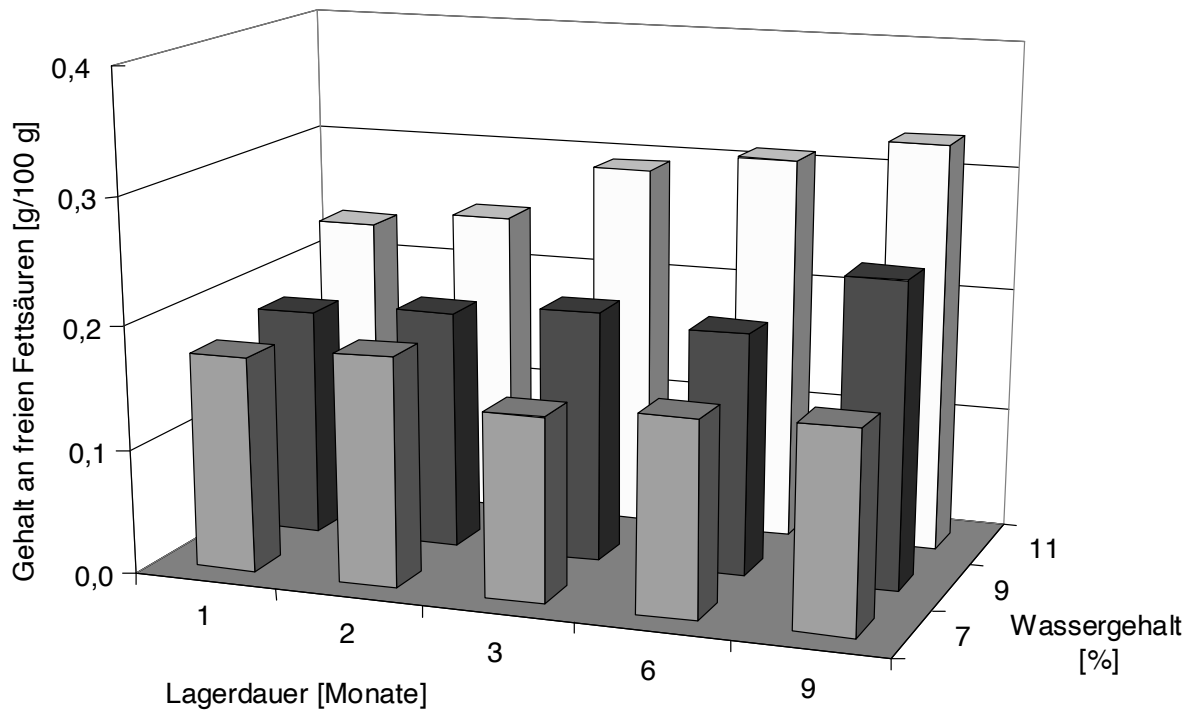


Abbildung 34: Einfluss von Lagerdauer und Wassergehalt auf den Gehalt an freien Fettsäuren der Öle

Peroxidzahl

Beeinflusst durch die Lagerung der Rapssaat kam es zu einem Anstieg der Peroxidzahl im Öl, der umso deutlicher ausfiel, je höher die Lagerfeuchte war.

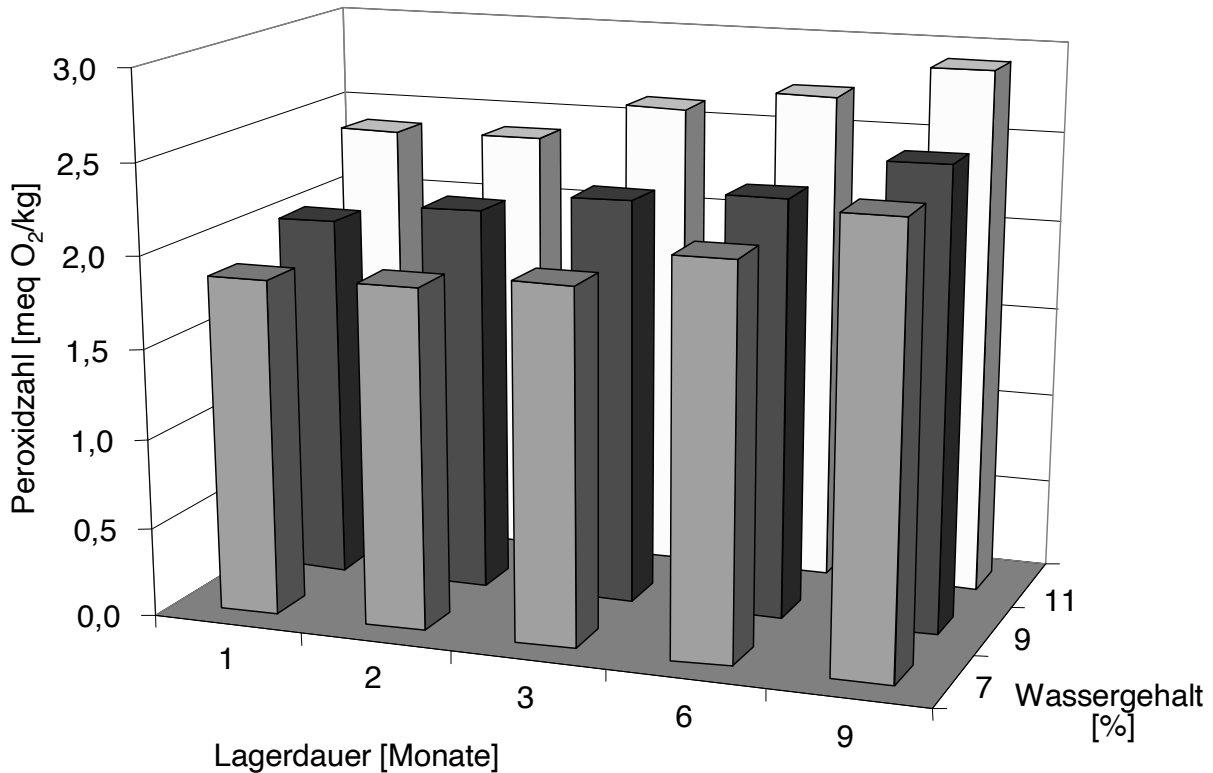


Abbildung 35: Einfluss von Lagerfeuchte und Lagerdauer auf die Peroxidzahl im Öl

Die gefundenen Gehalte lagen deutlich unter dem in den Leitsätzen für Speisefette und -öle definierten Grenzwert von 10 meq O₂/kg. Aufgrund des in der Regel vom Produzenten garantierten Mindesthaltbarkeitsdatums von einem Jahr, ist eine möglichst niedrige Peroxidzahl anzustreben.

Oxidationsstabilität

Ähnlich wie der Tocopherolgehalt nahm auch die Oxidationsstabilität der Öle in den ersten 3 Monaten der Saatlagerung zu, um dann auf ein Niveau abzusinken, das unter dem Ausgangsniveau lag. Der Einfluss der Lagerfeuchte auf die Oxidationsstabilität war nur gering.

Rauchpunkt

Auch der Rauchpunkt zeigte, wie in Abbildung 36 dargestellt, eine starke Abhängigkeit von der Lagerfeuchte und der Lagerdauer. Während der Rauchpunkt im Laufe der Lagerung generell zunahm, führte höhere Lagerfeuchte zu einem niedrigeren Anstieg der Rauchpunkte. Dabei steigt der Rauchpunkt unabhängig von der Lagerfeuchte innerhalb von 9 Monaten Lagerung um etwa 10 K.

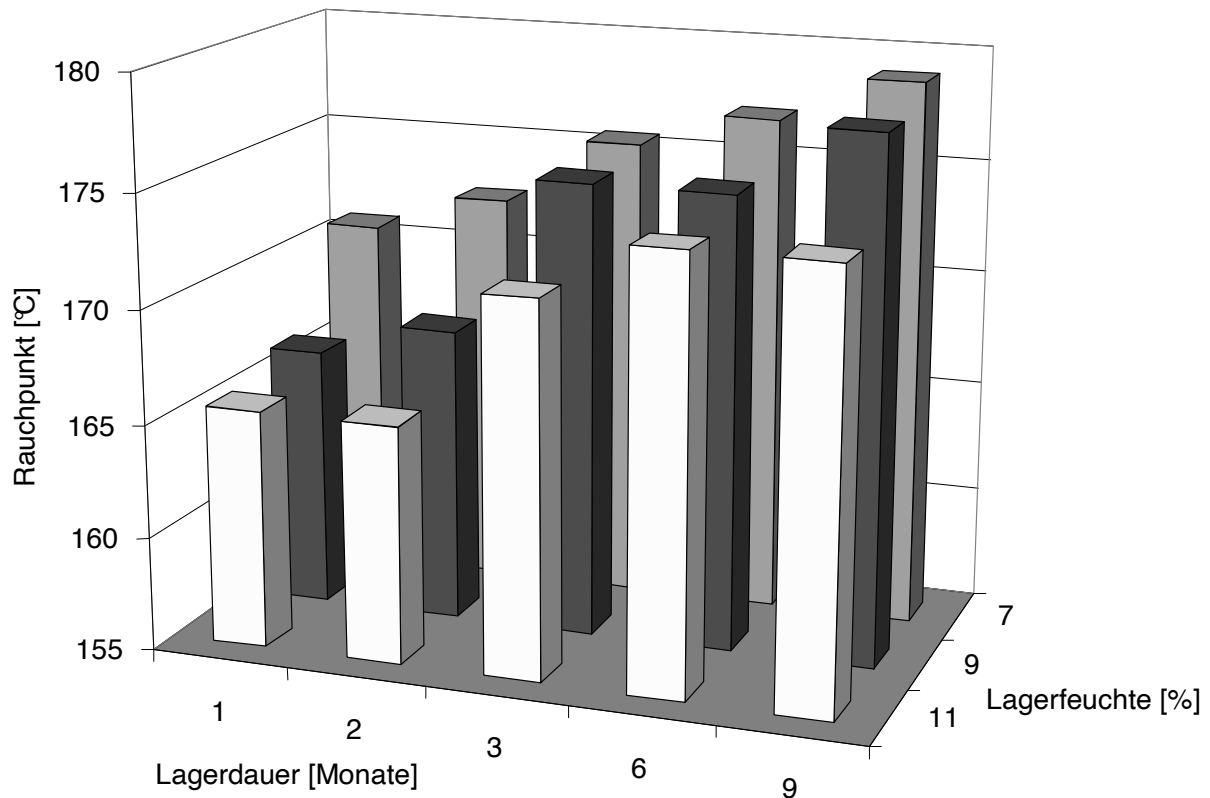


Abbildung 36: Einfluss von Lagerfeuchte und Lagerdauer auf den Rauchpunkt des Öles

Gesamtflüchtige Bestandteile

Ein Einfluss von Lagerdauer und Lagerfeuchte auf die gesamtflüchtigen Bestandteile konnte in den Untersuchungen nicht festgestellt werden.

5.2.3.2 Einfluss der Schälung

Die Untersuchungen zeigten, dass durch die Schälung der Rapssaat vor der Pressung, der Gehalt an Fettbegleitstoffen im Öl im Vergleich zur ungeschälten Rapssaat, niedriger lag. So wurde der Tocopherolgehalt im Öl durch den Schälprozess zwischen 3 und 10 % reduziert, abhängig von der Lagerfeuchte bzw. der Trocknungstemperatur für die Rapssaat, wie Abbildung 37 zeigt. Bei einer höheren Trocknungstemperatur der Rapssaat war der Effekt deutlicher. Der Gehalt an Chlorophyll im Öl wurde durch die Schälung zwischen 5 und 37 % reduziert. Dabei war der Effekt besonders ausgeprägt für Rapsöl, das aus Rapssaat gewonnen wurde, die unter praxisüblichen Bedingungen gelagert bzw. vor der Lagerung getrocknet wurde.

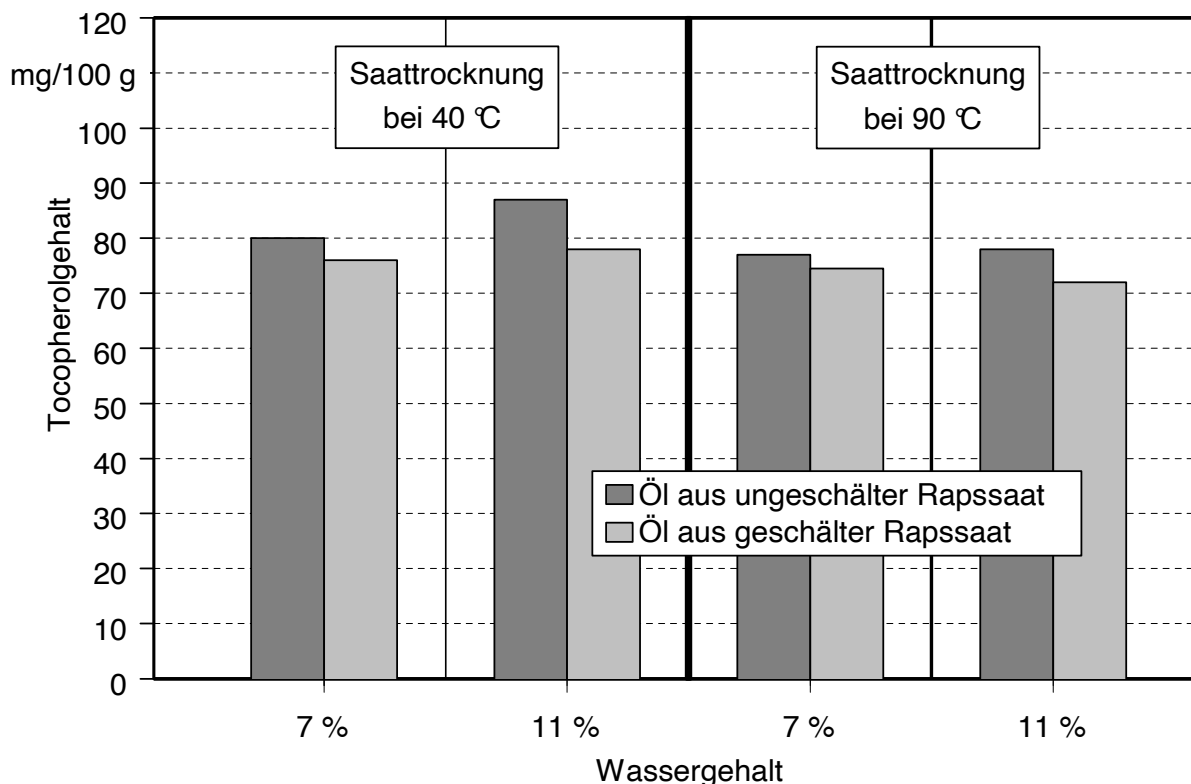


Abbildung 37: Einfluss einer Schälung auf den Gehalt an Tocopherolen im Öl nach einer Lagerdauer von 3 Monaten

Neben einem Effekt auf den Gehalt an Fettbegleitstoffen zeigten die Untersuchungen auch einen Einfluss der Schälung der Rapssaat auf Parameter, die den Zustand der Öle beschreiben, wie Rauchpunkt, Gehalt an freien Fettsäuren oder Peroxidzahl und Oxidationsstabilität. Während die Peroxidzahl und auch der Rauchpunkt durch den Schälprozess positiv beeinflusst wurden, waren die Gehalte an freien Fettsäuren in Ölen aus geschälter Saat höher als wenn Rapssaat direkt gepresst wurde. Abbildung 38 zeigt, dass die Schälung auf die Peroxidzahl von Ölen, die aus Saaten gewonnen wurden, welche unter praxisüblichen Bedingungen gelagert und getrocknet wurden, einen deutlich stärkeren Einfluss hat, als wenn Lagerung und Trocknung unter praxisunüblichen Bedingungen bei 11 % Lagerfeuchte und einer Trocknungstemperatur von 90 °C durchgeführt

wurden. Ein Grund ist, dass Öle aus Saaten, die unter praxisunüblichen Bedingungen gelagert und getrocknet wurden, bereits eine deutlich höhere Peroxidzahl aufwiesen und hier die Schälung nur noch einen geringen Effekt haben konnte.

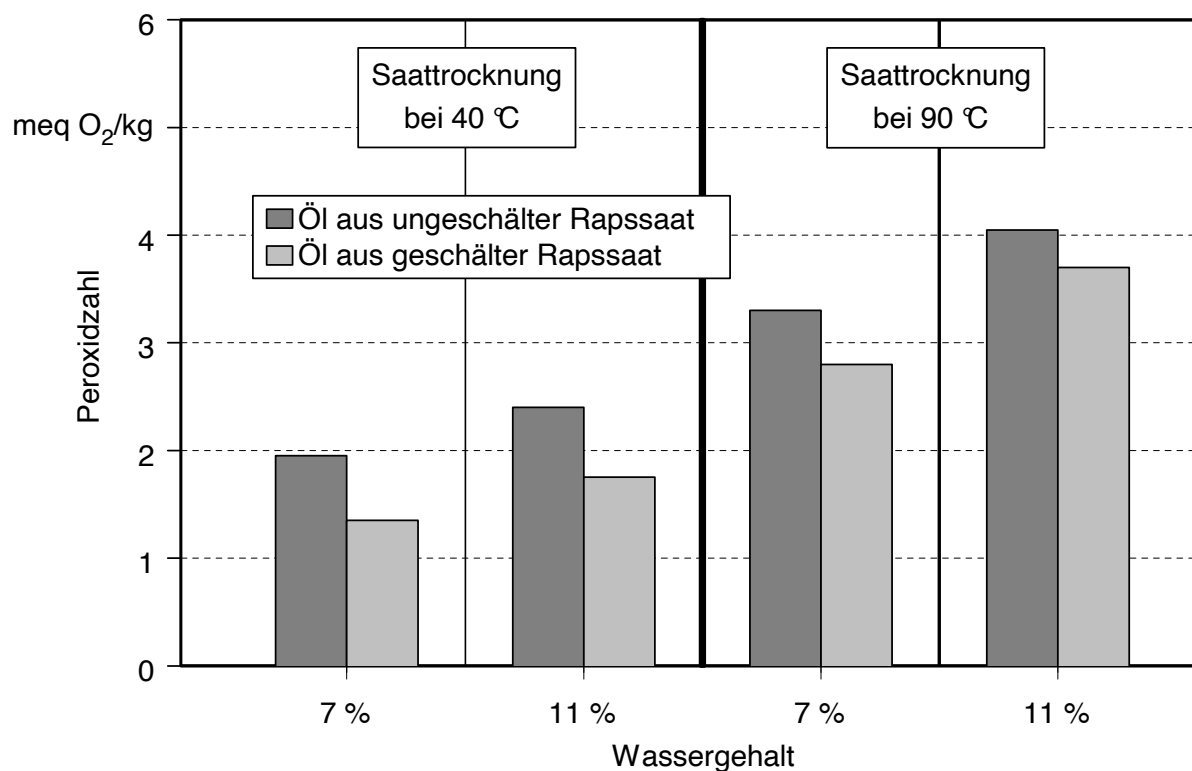


Abbildung 38: Einfluss des Schälprozesses auf die Peroxidzahl nach einer Lagerdauer von 3 Monaten

Einen starken Einfluss hatte der Schälprozess auf den Rauchpunkt, wenn Saaten verwendet wurden, die unter praxisunüblichen Bedingungen gelagert bzw. getrocknet wurden. Während der Rauchpunkt unter diesen Bedingungen für Öle, die aus ungeschälter Saat gewonnen wurden, deutlich niedriger lag (163 °C bei 90 °C Trocknungstemperatur und 11 % Wassergehalt), zeigte sich nach der Schälung ein signifikanter Einfluss der Lager- bzw. Trocknungsbedingungen (174 °C). Wurde die Saat unter praxisüblichen Bedingungen gelagert bzw. getrocknet so konnte kein Einfluss durch den Schälprozess beobachtet werden (174 °C).

Wurden die Öle aus Saaten gewonnen, die unter praxisüblichen Bedingungen gelagert bzw. getrocknet wurden, so hatte der Schälprozess nur einen geringen Einfluss auf den Gehalt an freien Fettsäuren. Je ungünstiger aber die Lagerungs- bzw. Trocknungsbedingungen für die Rapssaat waren, desto größer war der Unterschied in den Gehalten an freien Fettsäuren zwischen Ölen, aus ungeschälter bzw. geschälter Saat. Lag der Gehalt an freien Fettsäuren in Ölen aus ungeschälter Saat nur 6 % niedriger als in Ölen aus geschälter Saat, wenn die Saaten praxisüblich mit 7 % Feuchtigkeit gelagert bzw. bei 40 °C getrocknet worden waren, so betrug der Unterschied in den

Gehalten an freien Fettsäuren zwischen Ölen, aus geschälter bzw. ungeschälter Saat 36 %, wenn die Saat praxisunüblich mit 11 % Feuchtigkeit gelagert bzw. bei 90 °C getrocknet wurde.

Die Oxidationsstabilität der Öle wurde durch den Schälprozess positiv beeinflusst, wenn vor der Schälung eine Trocknung mit hohen Temperaturen stattgefunden hatte. Während der Effekt einer Schälung bei Verwendung praxisüblicher Lager- und Trocknungsbedingungen nicht signifikant war (4,98 h ungeschält; 4,89 h geschält), kam es bei Anwendung zu hoher Trocknungstemperaturen zu einer deutlichen Verbesserung der Oxidationsstabilität (4,91 h ungeschält; 5,28 h geschält). Ein Einfluss der Lagerfeuchte auf diesen Effekt konnte nicht gefunden werden.

5.2.3.3 Einfluss der Saattrocknung

Insgesamt wirkte sich eine zu heiße Trocknung der Rapssaat negativ auf die untersuchten Kenngrößen aus. Lediglich die Oxidationsstabilität der Öle wurde positiv beeinflusst, wenn Rapssaat verwendet wurde, die mit 11 % Feuchtigkeit gelagert und bei 90 °C getrocknet wurde. Offensichtlich führten diese Bedingungen zu einem besseren Übergang antioxidativ wirksamer Substanzen aus der Rapssaat in das Öl. Hierdurch kam es zu einer deutlichen Verbesserung der Oxidationsstabilität.

Auf die Kenngrößen Tocopherolgehalt, Rauchpunkt, Gehalt an freien Fettsäuren oder auch Chlorophyllgehalt wirkte sich eine zu heiße Trocknung negativ aus, insbesondere dann, wenn die Rapssaat mit hohem Wassergehalt eingelagert wurde (11 % Lagerfeuchte). Hier kam es zu einem starken Anstieg des Gehaltes an Chlorophyll (dargestellt in Abbildung 39), von freien Fettsäuren (siehe Abbildung 40) bzw. zu einer drastischen Abnahme des Tocopherolgehalts und Rauchpunkts.

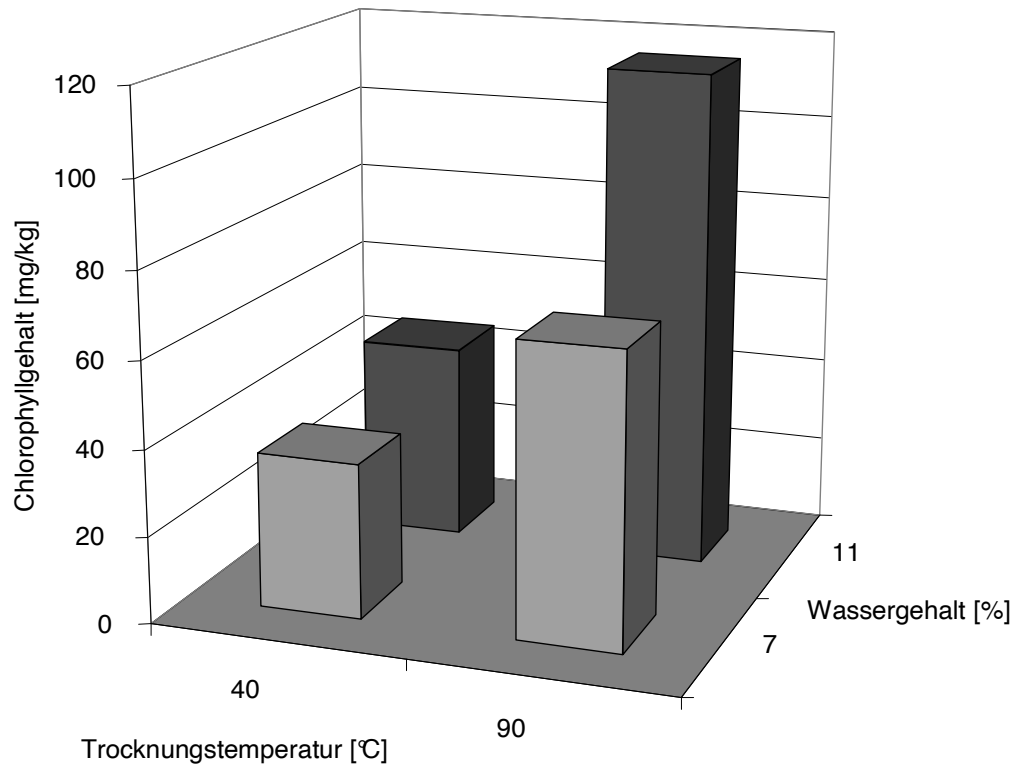


Abbildung 39: Einfluss von Trocknungstemperatur und Lagerfeuchte auf den Chlorophyllgehalt (Lagerdauer 3 Monate)

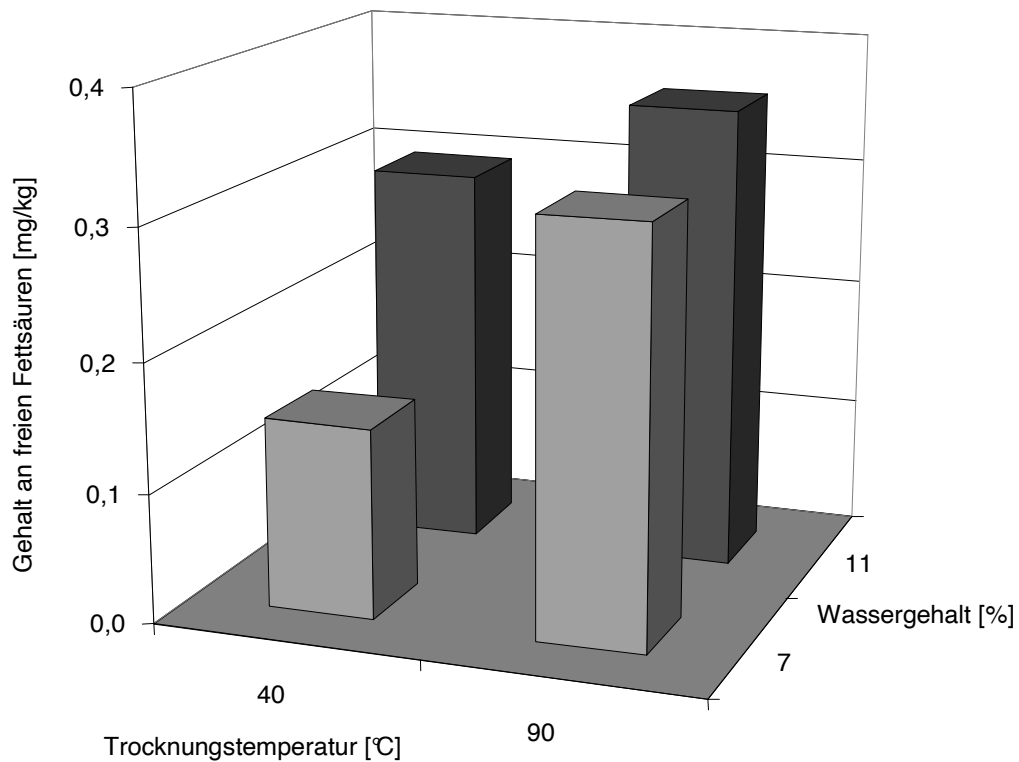


Abbildung 40: Einfluss von Trocknungstemperatur und Lagerfeuchte auf den Gehalt an freien Fettsäuren (Lagerdauer 3 Monate)

5.2.4 Zusammenfassung

Die Untersuchungen zeigen, dass die Lagerfeuchte, insbesondere mit zunehmender Lagerdauer einen starken Einfluss auf die sensorische Beurteilung der Öle hat. Während Saat mit 7 % Feuchtigkeit über 9 Monate gelagert werden konnte, ohne dass es zu gravierenden Einbußen bei der sensorischen Qualität der Öle kam, traten beim Einlagern der Saat mit 9 bzw. 11 % Feuchtigkeit innerhalb von zwei Monaten bzw. einem Monat starke sensorische Fehler auf, welche die Öle für den menschlichen Verzehr ungeeignet machten

Auch auf die chemischen Parameter hatte sowohl Lagerdauer als auch Lagerfeuchte einen signifikanten Einfluss. Insbesondere Parameter, die den Zustand der Öle beschreiben, wie Gehalt an freien Fettsäuren oder Peroxidzahl nahmen mit fortschreitender Lagerungsdauer zu, insbesondere bei erhöhter Lagerfeuchte. Dahingegen wurde der Rauchpunkt durch die Lagerung positiv beeinflusst, da er nach neun Monaten Lagerdauer höher lag, als zu Beginn der Lagerung.

Die Untersuchungen zum Einfluss des Schälprozesses zeigen, dass die Intensität der sensorischen Attribute insgesamt abgemildert wird. D. h., die Intensität der positiven Attribute *saatig* und *nussig*, aber auch der negativen Attribute ist geringer als bei vergleichbarer, ungeschälter Rapssaat. Durch den Schälprozess lässt sich aber die Qualität von Rapssaat, die für die Speiseölgewinnung ungeeignet ist nicht verbessern.

Des Weiteren zeigte sich, dass Fettbegleitstoffe wie Tocopherole oder Chlorophyll leicht reduziert werden. Der Effekt des Schälprozesses auf Parameter, die den Zustand der Öle beschreiben, wie Gehalt an freien Fettsäuren, Peroxidzahl, Rauchpunkt oder auch Oxidationsstabilität ist gering, wenn Rapssaat verwendet wird, die unter praxisüblichen Bedingungen gelagert und getrocknet wurde. Der positive Einfluss einer Schälung ist deutlicher, wenn die Lagerung der Rapssaat unter praxisunüblichen Bedingungen stattgefunden hat.

Eine zu heiße Trocknung der Rapssaat wirkt sich unmittelbar negativ auf die chemischen Parameter sowie die sensorischen Eigenschaften der gewonnenen Öle aus. Wertgebende Bestandteile, wie Tocopherole werden abgebaut, während Verbindungen, wie Peroxide oder freie Fettsäuren, die die Lagerstabilität der Öle verringern, gebildet werden

Insgesamt zeigen die Untersuchungen zum Einfluss der Saatvorbehandlung, dass sich eine Lagerung der Rapssaat bei zu hoher Feuchtigkeit, sowie eine zu heiße Trocknung auf eine geeignete Lagerfeuchte nicht nur gravierend auf die sensorische Qualität der gewonnenen Öle auswirken, sondern auch die chemischen Parameter stark beeinflussen. Während eine Verschlechterung der sensorischen Qualität unmittelbar eine Ablehnung des Produktes nach sich zieht, führt die Beeinflussung der chemischen Parameter zu einer geringeren Lagerstabilität der Öle, auch wenn die Gehalte direkt nach der Pressung noch nicht als kritisch angesehen werden müssen.

5.3 Einfluss der Ölreinigung auf die Qualität von kaltgepresstem Rapsspeiseöl

5.3.1 Parameter der Ölgewinnung

Die bei der Reinigung des Rapsöls unter Verwendung einer Kammerfilterpresse (Typ D18 Firma IBG Monforts/Oekotec) gemessenen Gesamtverschmutzungen, in Abhängigkeit von Filtrationsdauer und verwendeter Rapssaat, zeigt Abbildung 41.

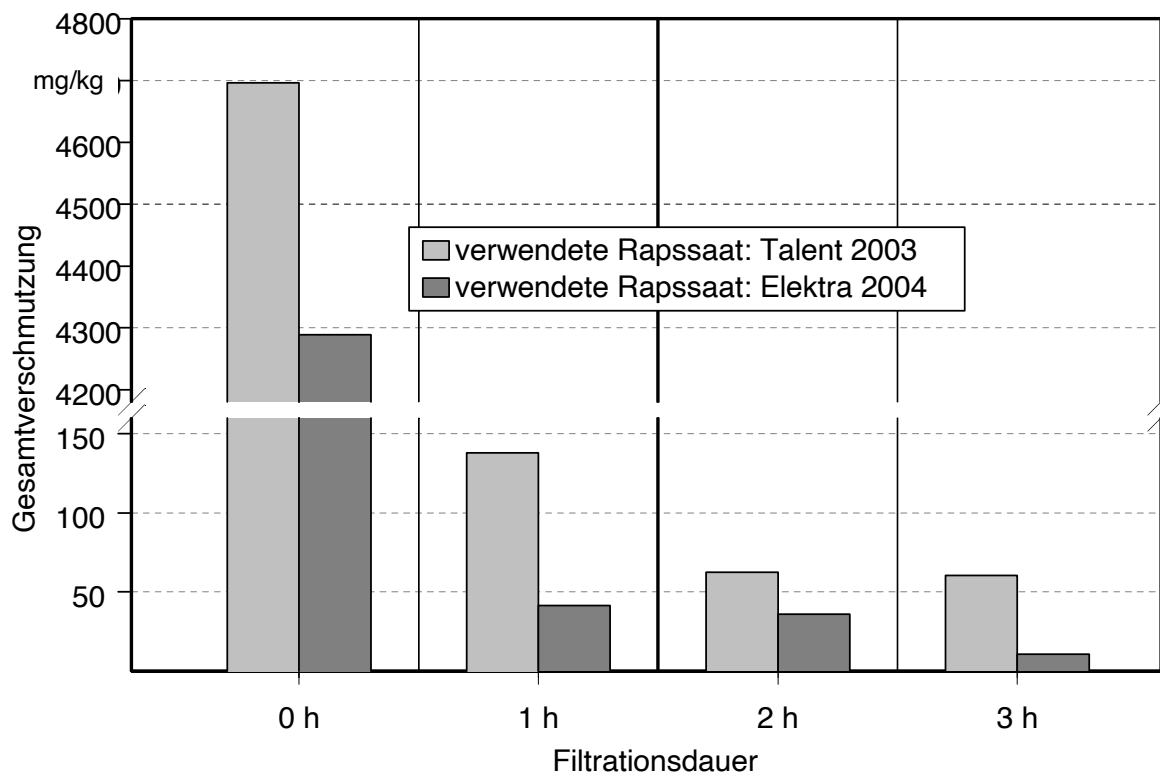


Abbildung 41: Gesamtverschmutzung des Öls nach DIN EN 12662 unter Verwendung einer Kammerfilterpresse in Abhängigkeit von Filtrationsdauer und verwendeter Rapssaat

Aus der Graphik wird eine Abhängigkeit der Reinigungsleistung der Kammerfilterpresse je nach verwendeter Rapssaat deutlich.

Bei beiden Saaten ist eine Abnahme des Trubstoffanteils mit zunehmender Filtrationsdauer zu erkennen, der Massenstrom nahm mit zunehmender Filtrationsdauer, bedingt durch den sich aufbauenden Filterkuchen, ebenfalls ab, wobei er während der gesamten Reinigungsdauer des Trüböls für die Sorte Elektra höher lag als bei der Sorte Talent. Die Partikel des Trüböls aus Rapssaat der Sorte Elektra begünstigen den Aufbau eines effektiveren Filterkuchens mit besserer Drainage, so dass mehr Öl bei gleichem Druck durch die Filtertücher gepresst werden kann. Dies resultiert in deutlich niedrigeren Gesamtverschmutzungen, trotz geringerer Trubstoffkonzentration zu Beginn der Filtration.

Die erzielten Filterleistungen entsprechen den Ergebnissen aus früheren Untersuchungen, wo Gesamtverschmutzungen von ca. 50 mg/kg bei der Filtration mit einer Kammerfilterpresse erzielt wurden [36].

Abbildung 42 zeigt die Gesamtverschmutzungen vor und nach der Reinigung des Öls durch zwei verschiedene Sedimentationsverfahren.

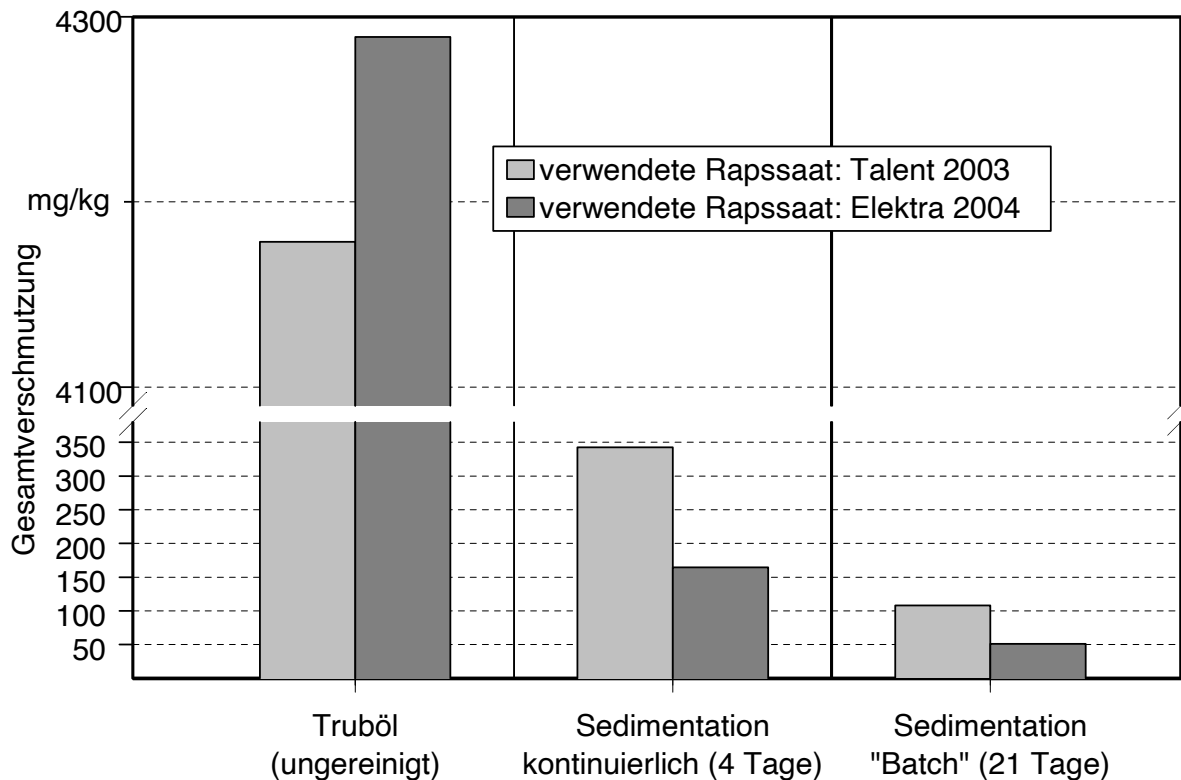


Abbildung 42: Gesamtverschmutzung des Öls nach DIN EN 12662 nach Sedimentation in Abhängigkeit von Filtrationsdauer, -art und verwendeter Rapssaat

Eine Abhängigkeit der Reinigungsleistung von der verwendeten Rapssorte ist erkennbar. Dieser Zusammenhang deutet wiederum auf größere Partikel im Trüböl der Rapssorte Elektra hin, die aufgrund ihrer höheren Dichte schneller absinken und somit die Reinigung begünstigen.

Bedingt durch die längere Sedimentationsdauer von 21 Tagen bei der nicht kontinuierlichen Sedimentation (Batch-Sedimentation) lassen sich geringere Trubstoffgehalte im gereinigten Rapsöl erzielen, als mit einer, durch die kontinuierliche Anordnung vorgegebenen, kürzeren Sedimentationsdauer von nur vier Tagen. Die hierbei erzielten Reinigungsleistungen decken sich mit den Ergebnissen aus früheren Untersuchungen [36].

5.3.2 Sensorische Bewertung der Öle

Abbildung 43 zeigt den Einfluss der Batch-Sedimentation auf die sensorische Bewertung von Rapsöl, im Vergleich zu einer mittels standardisierter Laborfiltration gereinigten Probe.

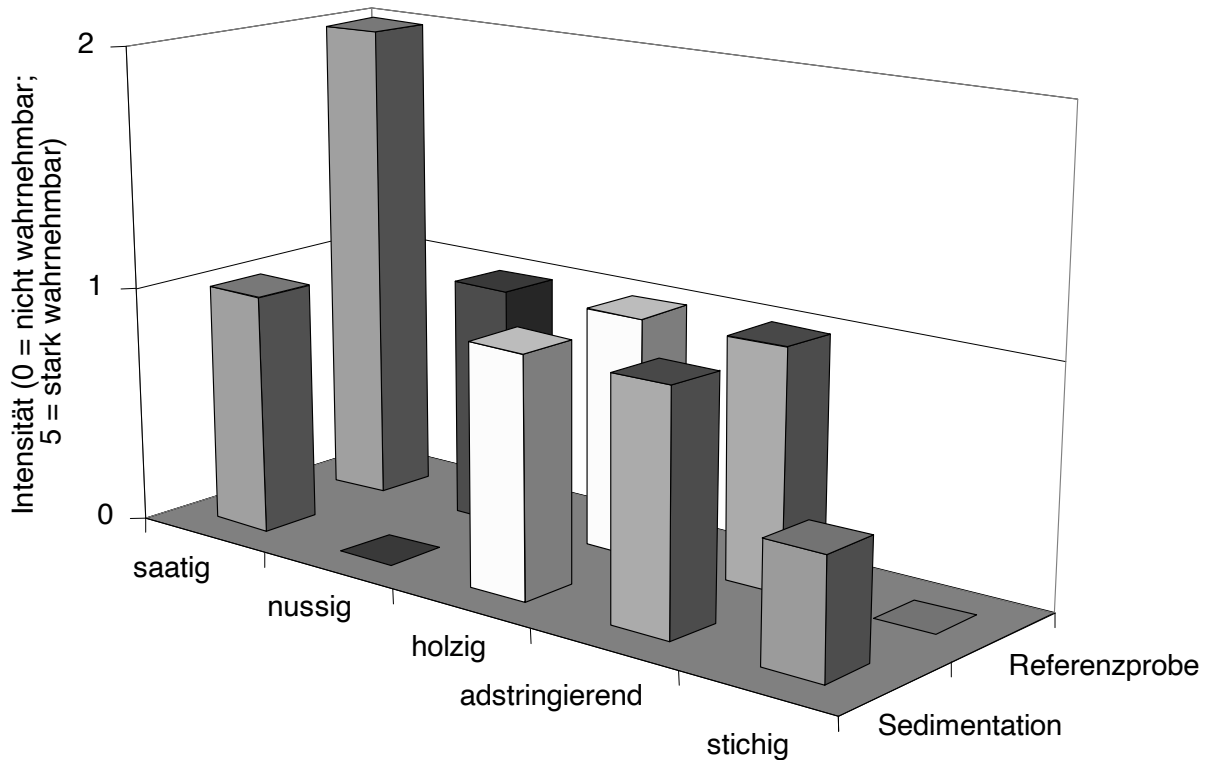


Abbildung 43: Einfluss der Batch-Sedimentation (Dauer 21 Tage) auf die sensorische Beurteilung der Rapsöle

Es zeigte sich, dass der Reinigungsprozess, bei dem das Öl über einen Zeitraum von 21 Tagen in Kontakt mit den Samenpartikeln steht einen Einfluss auf die sensorische Beurteilung der Öle hatte. Während dieser Lagerungsdauer nahmen die für Rapsöle typischen Attribute *saartig* und *nussig* ab. Dadurch bedingt traten negative Attribute stärker in den Vordergrund, so dass das Attribut *stichig* im Öl gefunden wurde.

Der lange Zeitraum in dem das Öl mit dem Trub in Kontakt stand, führte zu einer deutlichen Veränderung des Aromas der Öle während der Reinigung. Die in den zerrissenen Pflanzenzellen freigesetzten Enzyme, oder auch an den Pflanzensamen anhaftende Mikroorganismen, die über die Samenpartikel ins Öl gelangen, reagieren mit dem Substrat Öl und die gebildeten Abbau- bzw. Stoffwechselprodukte führen dann zu einer Verschlechterung der Ölqualität.

Die kontinuierliche Sedimentation führte zu einer geringfügigen Verbesserung der sensorischen Beurteilung der Öle (Abbildung 44).

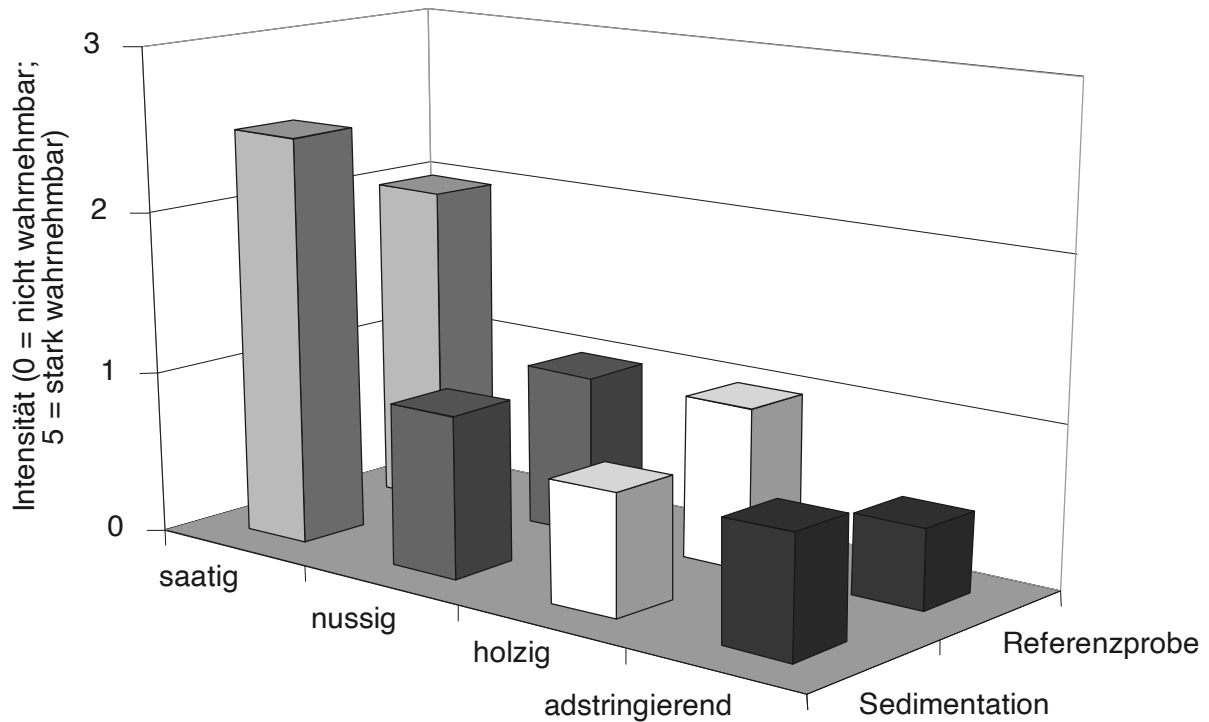


Abbildung 44: Einfluss der kontinuierlichen Sedimentation (Dauer 4 Tage) auf die sensorische Beurteilung der Öle

Die Intensität des Attributes *saartig* nahm im Vergleich zur Referenzprobe während des 4-tägigen Reinigungsprozesses zu, während die anderen Attribute durch den Prozess der Reinigung nicht beeinflusst wurden. Im Vergleich zur Batch-Sedimentation wirkte sich die kürzere Verweilzeit des Öles auf dem Trub positiv auf die sensorische Beurteilung aus.

Eine Reinigung der Öle mittels Kammerfilterpresse zeigte, dass es zu einer Verschlechterung des sensorischen Eindrucks kam (Abbildung 45).

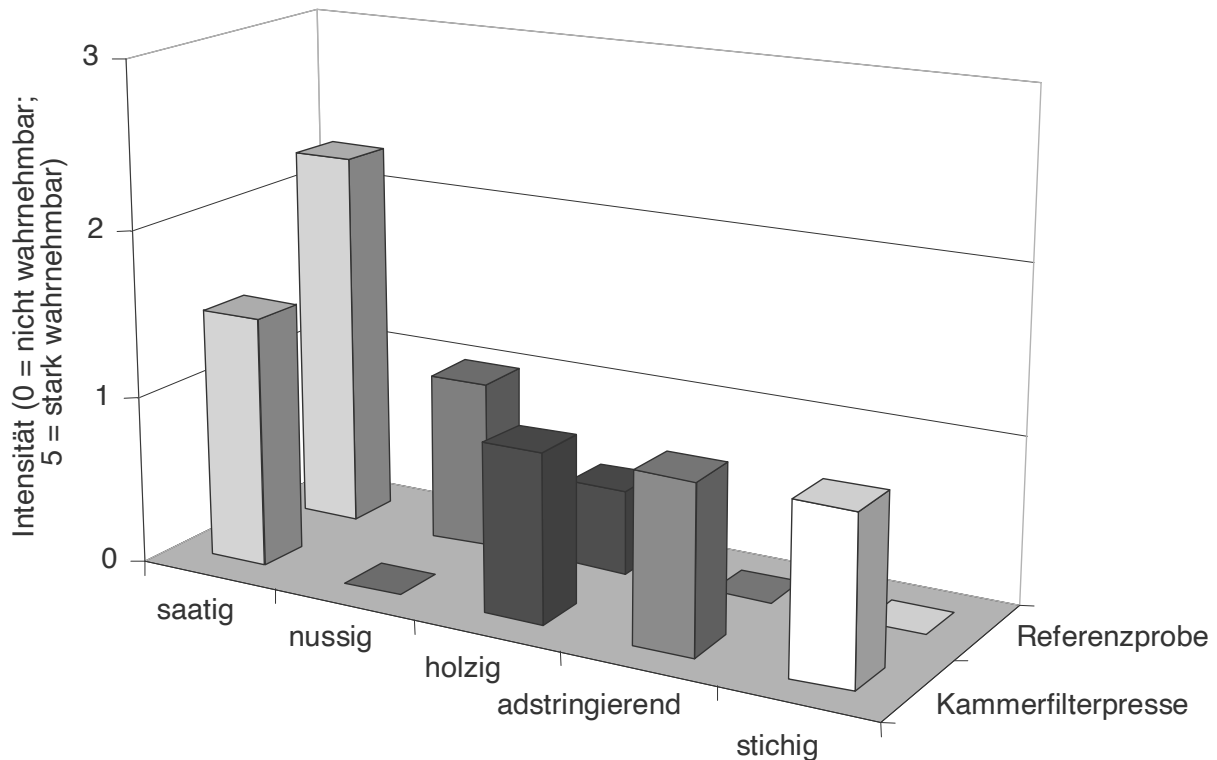


Abbildung 45: Einfluss einer Reinigung mittels Kammerfilterpresse auf die sensorische Beurteilung der Öle

Die Intensität der positiven Attribute *saatig* und *nussig* nahm deutlich ab, während negative Attribute wie *holzig*, *adstringierend* und *stichig* hervortraten. Eine mögliche Erklärung für dieses Ergebnis ist, dass die Passage des Öles durch den Filterkuchen unter Druck einen stärkeren Übergang von unerwünschten Aromastoffen in das Öl ermöglicht.

Aufgrund dieser Ergebnisse wurden weitere Versuche zum Einfluss der Trubstoffe auf den Geschmack der Öle durchgeführt, denn dies ist ein wichtiger Aspekt bei der Vermarktung von naturtrüben Speiseölen während der Lagerung. Zur Untersuchung dieses Einflusses wurden Öle mit definierten Trubstoffgehalten hergestellt und bis zu 16 Wochen in Braunglasflaschen bei Raumtemperatur gelagert.

Abbildung 46 zeigt den Einfluss des Gehaltes an Trubstoffen und der Lagerdauer auf die sensorischen Attribute *saatig* und *ranzig*. Während bei Gesamtverschmutzungen von mehr als 25 mg/kg über einen Zeitraum von 12 Wochen keine Abnahme der Intensität des Attributes *saatig* festgestellt werden konnte, war die Intensität des Attributes *saatig* bei 0 bzw. 25 mg/kg nach 12 Wochen schon deutlich reduziert. Nach einer Lagerdauer von 16 Wochen nahm die Intensität des Attributes *saatig* in den Ölen insgesamt ab.

Das Attribut *ranzig* war in Ölen mit niedriger Gesamtverschmutzung (0 bzw. 25 mg/kg) deutlich eher feststellbar, als in anderen Ölen. So konnte in Ölen mit 0 bzw. 25 mg/kg bereits nach 12 Wochen eine deutlich ranzige Note nachgewiesen werden. Nach einer Lagerdauer von 16 Wochen konnte zwar auch in Ölen mit höheren Gehalten an Trubstoffen das Attribut *ranzig* gefunden werden, aber wiederum war die Ausprägung in Ölen mit niedrigeren Gesamtverschmutzungsgehalten

höher. Möglicherweise werden durch den Trub, während der Lagerung, Verbindungen an das Öl abgegeben, die in der Lage sind, den oxidativen Abbau der Öle zu verzögern.

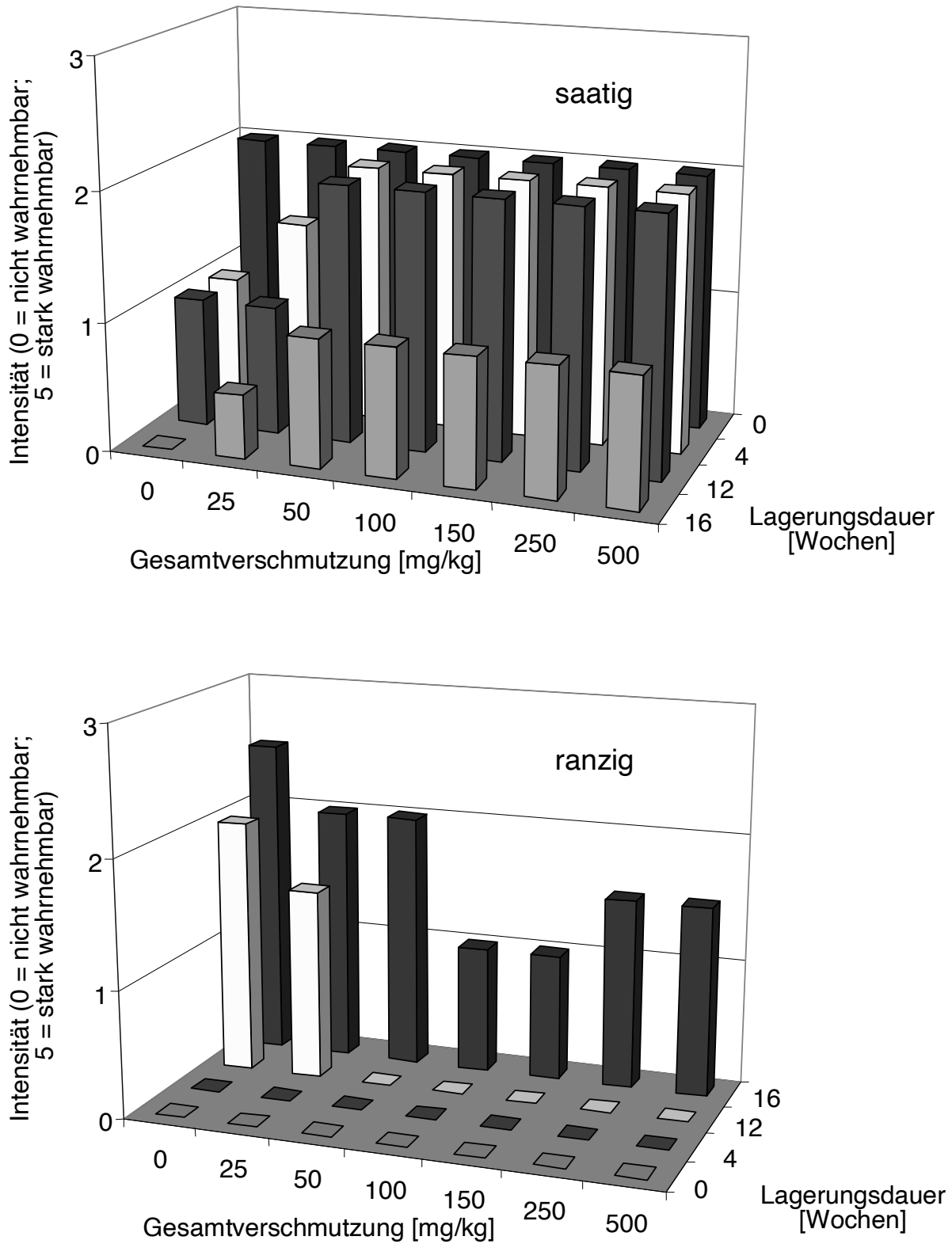


Abbildung 46: Ausprägung der sensorischen Attribute saatig und ranzig von Ölen mit unterschiedlichen Gesamtverschmutzungen

5.3.3 Chemisch-physikalische Kennwerte der Öle

Bei Betrachtung der chemischen Kenngrößen fällt auf, dass lediglich der Gehalt an freien Fettsäuren mit der Gesamtverschmutzung zunimmt, wohingegen andere Parameter wie Peroxidzahl oder auch Oxidationsstabilität und Chlorophyllgehalt unbeeinflusst bleiben. Dabei wird der Gehalt an freien Fettsäuren erst bei hoher Gesamtverschmutzung auch durch die Lagerdauer beeinflusst. Bei einer Gesamtverschmutzung von 500 mg/kg konnte auch ein Anstieg des Gehaltes an freien Fettsäuren mit der Lagerdauer beobachtet werden, während die Gehalte für Öle mit niedrigerer Gesamtverschmutzung unabhängig von der Lagerdauer waren (siehe Abbildung 46).

Es zeigt sich, dass der Anteil an Trubstoffen im Öl einen Einfluss auf den Abbau der Triglyceride hat und zur Bildung freier Fettsäuren führt, die dann wiederum zu einer deutlichen Verschlechterung der Ölqualität führen können. Der Zeitraum der durchgeführten Untersuchungen war zu kurz, um die Auswirkungen der erhöhten Gehalte an freien Fettsäuren auf die Qualität der Öle über einen längeren Zeitraum zu dokumentieren. Im Untersuchungszeitraum zeigte sich, dass die sensorische Beurteilung für Öle mit hohen Gehalten an Trubstoffen besser ausfiel als für Öle, die nahezu von Trubstoffen befreit waren, obwohl in Ölen mit hohen Trubstoffgehalten höhere Gehalte an freien Fettsäuren gefunden wurden. Offensichtlich laufen zwei Prozesse ab, einerseits die Bildung freier Fettsäuren, die eine deutlich größere Anfälligkeit für oxidative Abbauprozesse haben und andererseits die Extraktion antioxidativ wirksamer Substanzen aus den Trubstoffen. Beide Prozesse überlagern sich. Dies führt dazu, dass Öle mit höheren Gehalten an Trubstoffen, die zu höheren Gehalten an freien Fettsäuren im Öl führen, im Untersuchungszeitraum trotzdem sensorisch besser beurteilt werden. Es ist allerdings zu erwarten, dass sich dieses Phänomen mit zunehmender Lagerdauer umkehrt und zu deutlich schlechteren Qualitäten der Öle führt, wenn der Anteil an Trubstoffen im Öl hoch ist.

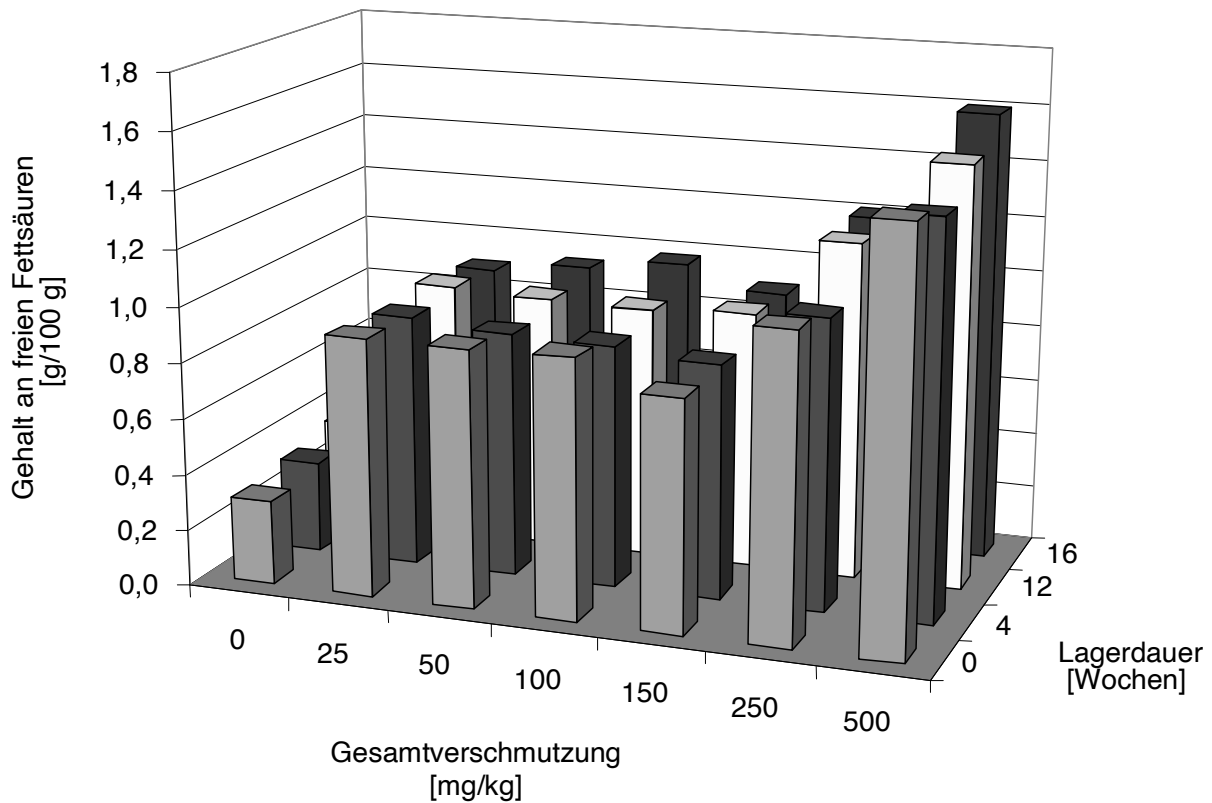


Abbildung 47: Gehalt an freien Fettsäuren in Ölen mit unterschiedlichen Trubstoffkonzentrationen (Gesamtverschmutzung)

Die Abbildung 48 bis Abbildung 50 zeigen den Einfluss der verschiedenen Reinigungsverfahren auf den Gehalt an freien Fettsäuren sowie die Peroxidzahl und Oxidationsstabilität. Dabei wurde insbesondere der Gehalt an freien Fettsäuren durch das Reinigungsverfahren signifikant beeinflusst. Bei Verwendung der Batch-Sedimentation über 21 Tage lag der Gehalt an freien Fettsäuren deutlich höher als bei den anderen Verfahren. Bedingt durch den höheren Gehalt an freien Fettsäuren nach Reinigung mittels Batch-Sedimentation über 21 Tage, lag der Rauchpunkt bei Ölen, die mit Hilfe dieses Verfahrens gereinigt wurden, niedriger. Durch die längere Verweildauer des Öls auf den Trubstoffen kam es zu einem enzymatisch bzw. mikrobiell bedingten Abbau der Triglyceride und in Folge dessen zu einem Anstieg des Gehalts an freien Fettsäuren.

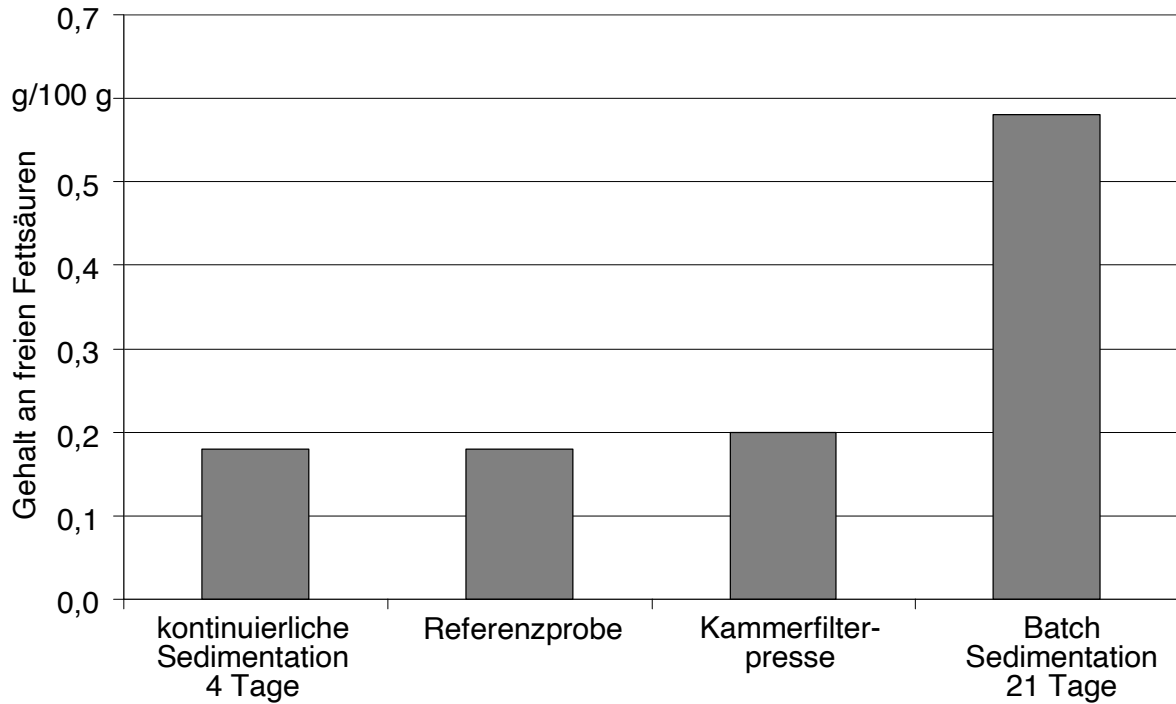


Abbildung 48: Einfluss der Ölreinigung auf den Gehalt an freien Fettsäuren

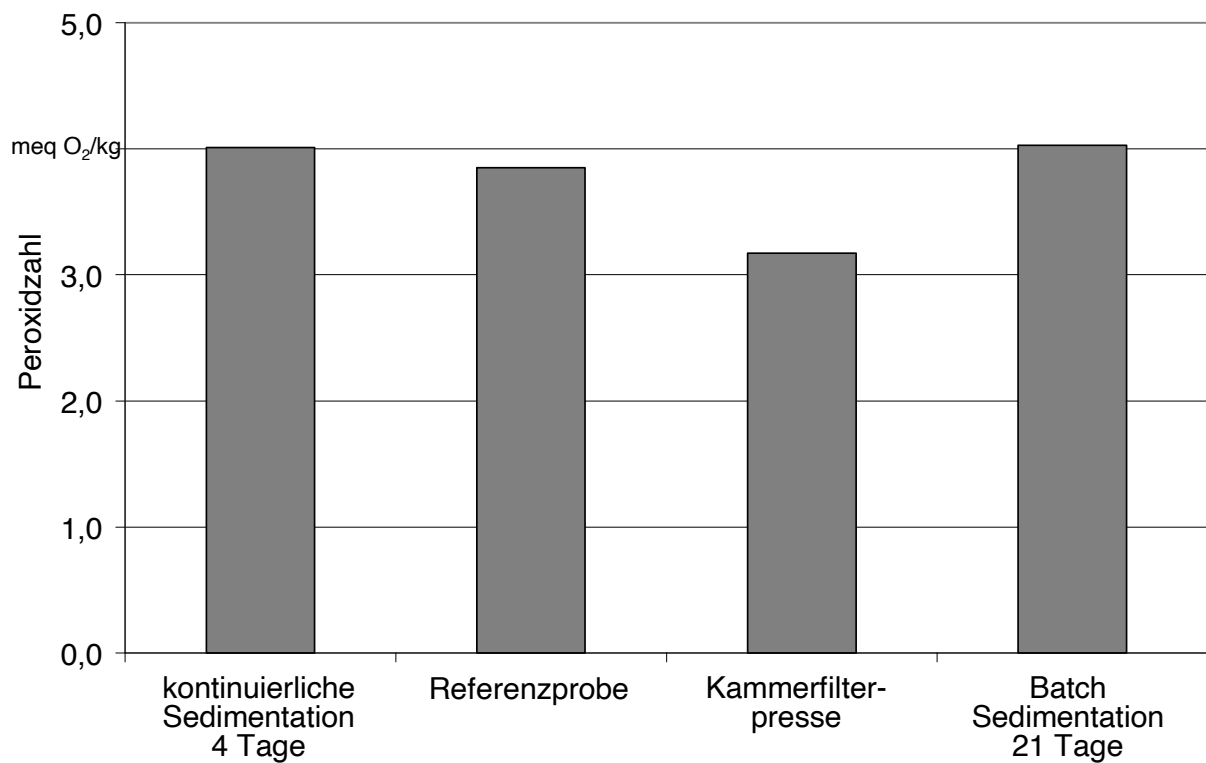


Abbildung 49: Einfluss der Ölreinigung auf die Peroxidzahl

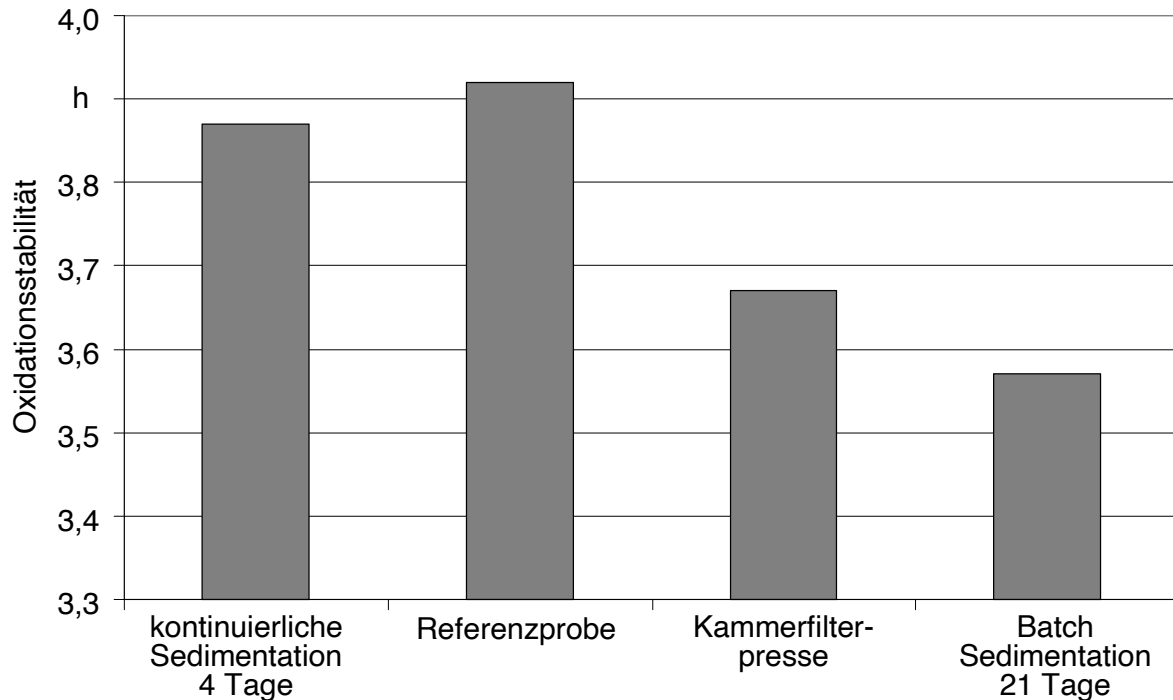


Abbildung 50: Einfluss der Ölreinigung auf die Oxidationsstabilität

Bei den Parametern Peroxidzahl und Oxidationsstabilität war der Einfluss des Reinigungsverfahrens schwächer ausgeprägt, aber auch hier zeigten die Öle aus der Batch-Sedimentation eine höhere Peroxidzahl bzw. eine niedrigere Oxidationsstabilität.

Andere Parameter wie der Gehalt an Tocopherolen, die Fettsäurezusammensetzung oder auch der Gehalt an Phosphor bzw. Chlorophyll wurden durch das Reinigungsverfahren nicht beeinflusst.

Es lässt sich außerdem festhalten, dass die sensorische Qualität der Öle durch enthaltene Trubstoffe verbessert wird, auch wenn der Gehalt an freien Fettsäuren im Öl mit höheren Gehalten an Trubstoffen deutlich zunimmt und nach 16 Wochen fast den, in den Leitsätzen für Speisefette und -öle definierten Grenzwert erreicht. Höhere Trubstoffgehalte sind demnach nur für Öle, die schnell konsumiert werden ratsam – eine Lagerung über einen längeren Zeitraum sollte vermieden werden.

5.3.4 Zusammenfassung

Die Ergebnisse des Arbeitsschwerpunktes zur Ölreinigung zeigen, dass einerseits ein möglichst kurzer Kontakt des Öls mit den Saatpartikeln notwendig ist, um die Entwicklung negativer Aromakomponenten im Öl während des Reinigungsprozesses zu vermeiden und andererseits eine kontinuierliche Extraktion des Filterkuchens durch das Öl, wie dies in der Kammerfilterpresse stattfindet, ebenfalls zur Ausbildung negativer Aromakomponenten führt.

Vergleicht man die drei untersuchten Reinigungsverfahren, die sich hinsichtlich Verfahren, Sedimentation oder Filtration, aber auch hinsichtlich Verweildauer des Öls auf dem Trub unterscheiden, so ist festzustellen, dass das beste Ergebnis mit der kontinuierlichen Sedimentation über ei-

nen Zeitraum von 4 Tagen erzielt wurde. Die Reinigung mittels Kammerfilterpresse bzw. Batch-Sedimentation führte dagegen zu deutlich schwächer ausgeprägten positiven Attributen sowie zur Bildung negativer Aromakomponenten, wie in Abbildung 51 dargestellt.

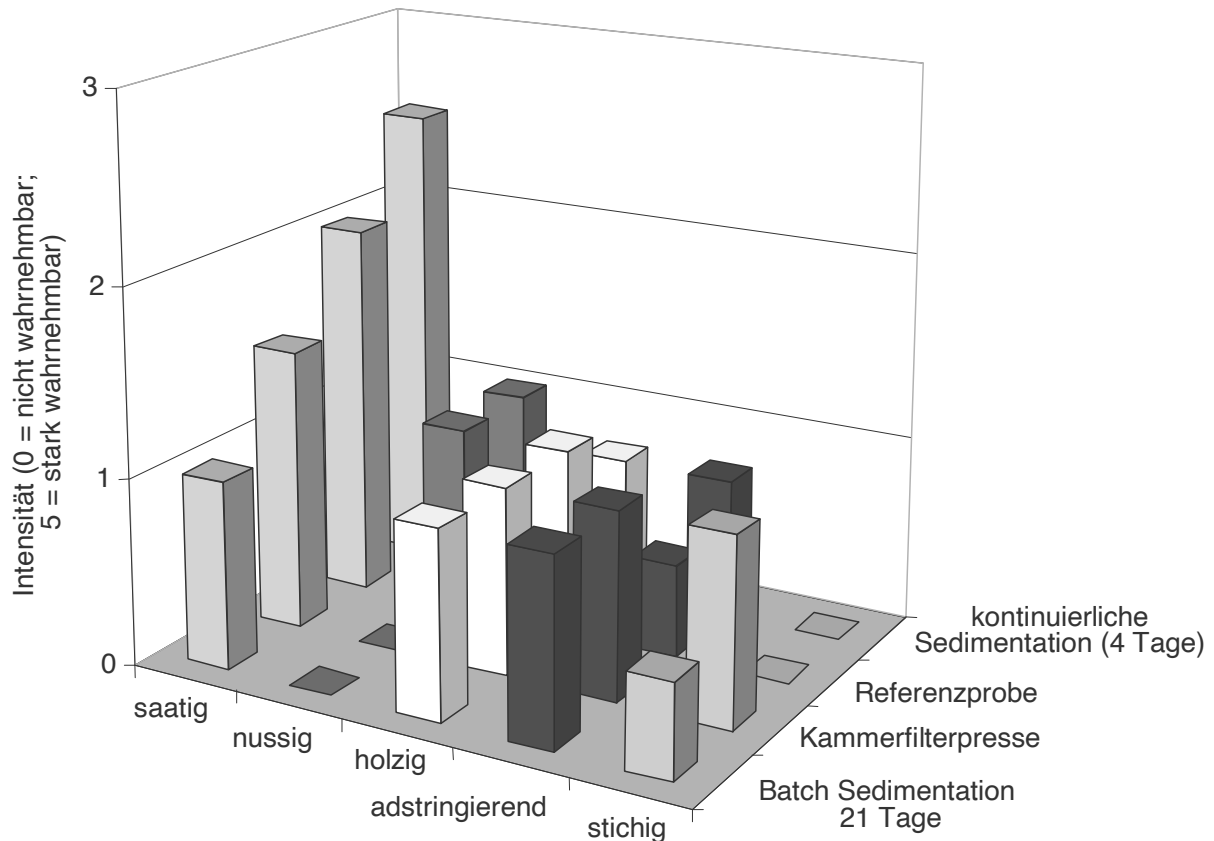


Abbildung 51: Gegenüberstellung des Einflusses verschiedener Reinigungsverfahren auf die sensorische Beurteilung

5.4 Einfluss von Fremdbestandteilen in der Saat

Ein nicht zu vernachlässigender Aspekt bei der Herstellung von qualitativ hochwertigem Rapspeiseöl ist der Einfluss von Fremdbestandteilen in der Saat. Während der Ernte gelangen Fremdbestandteile wie Schotenteile, fremde Saaten (Klettenlabkraut, Kamille), Stengelteile oder mineralische Verunreinigungen in die Rapssaat. Des Weiteren führt eine unsachgemäße maschinelle Ernte zu erhöhten Bruchkornanteilen. Von diesen Verunreinigungen der Rapssaat ist zu erwarten, dass sie nicht nur die chemischen Parameter der Öle beeinflussen, sondern auch Auswirkungen auf die sensorische Beschaffenheit der Öle haben.

5.4.1 Einfluss von Besatz auf die Qualität von kaltgepresstem Rapsspeiseöl

Ein Öl aus gereinigter Saat, ohne Besatz, zeichnet sich durch einen ausgeprägt saatigen Geschmack aus, der eine Spargelnote aufweisen kann. Mit steigendem Anteil an Besatz nahm die Intensität der negativen Attribute zu und die Intensität des Attributs *saatig* fiel stark ab. Die Intensität der Attribute *strohig*, *holzig*, *röstig* und *verbrannt* stieg in Abhängigkeit des Anteils an Besatz an. Ein bitterer Nachgeschmack wurde erst bei einem Besatzanteil von 25 Gew.% festgestellt und war nur schwach wahrnehmbar. Dieser hohe Anteil an Besatz wird aber in der Praxis wahrscheinlich nie erreicht und diente nur zur Verdeutlichung des Einflusses von Besatz in der Rapsaat auf den sensorischen Eindruck. Die Ergebnisse zeigt Abbildung 52.

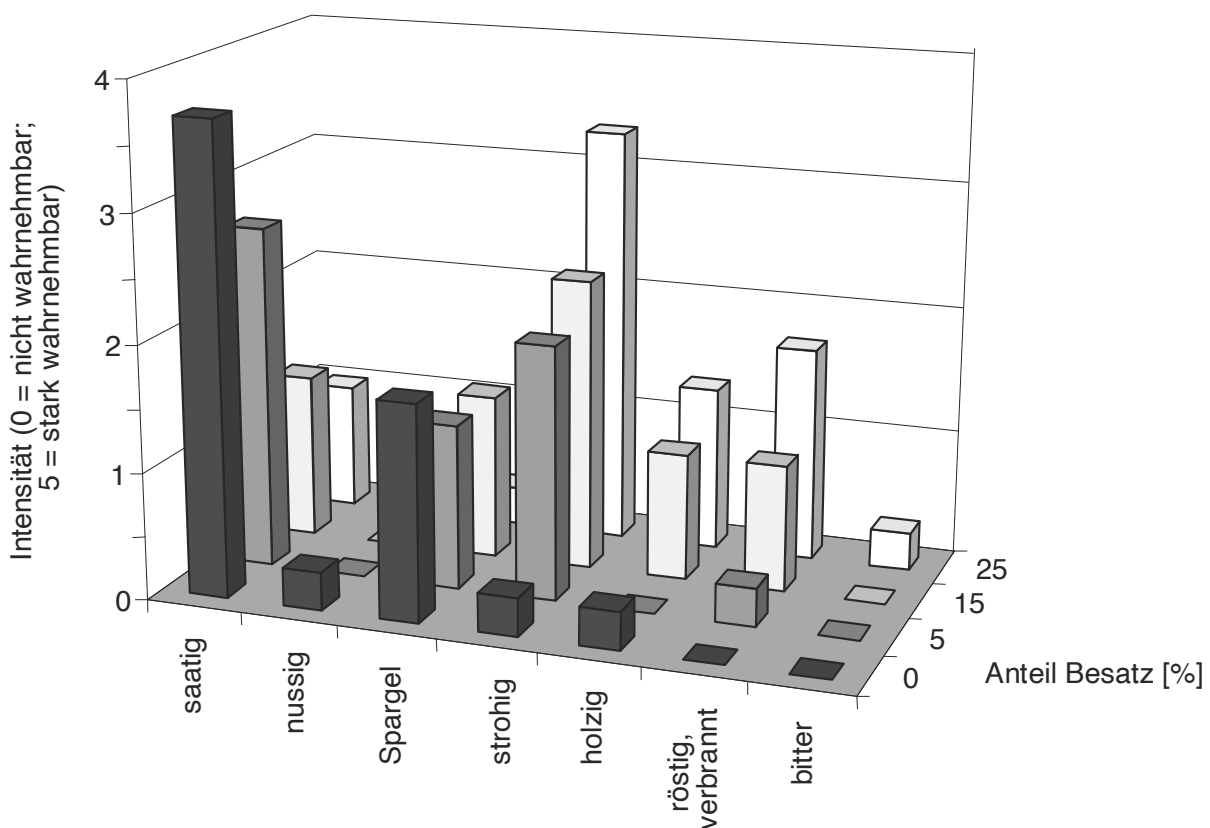


Abbildung 52: Sensorische Beurteilung der mit Besatz verunreinigten Rapssaat

Eine Wiederholung der Untersuchung, zeigte ein ähnliches Ergebnis. Auch hier nahm mit steigenden Anteilen an Besatz die Intensität der positiven Attribute *saatig* und *nussig* ab, aber statt röstiger und holziger Geschmacksnoten bildete sich insbesondere ein stichiges und modriges Aroma aus, wie in Abbildung 53 dargestellt.

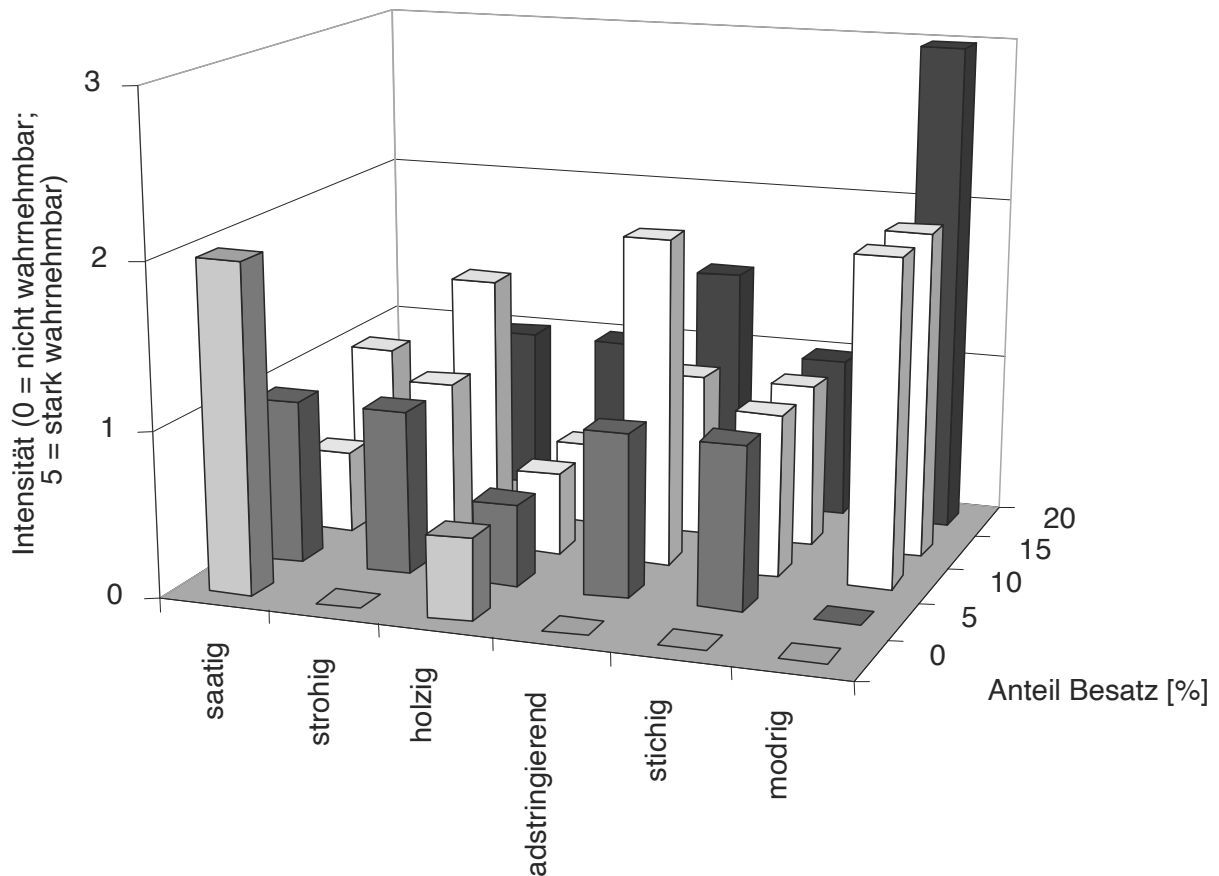


Abbildung 53: Sensorische Beurteilung der mit Besatz verunreinigten Rapssaat

Eine Trennung des Besatzes in vier Fraktionen zeigte, dass die Zusammensetzung des Besatzes einen starken Einfluss auf das Aroma des gewonnenen Rapsöls hatte. Durch Sieben wurde eine grobe (Stängel- und Schotenbestandteile), mittel-grobe (kleinere Stängel- und Schotenbestandteile), mittel-feine (Fremd- und Rapssamen) sowie feine (Bruchkorn, mineralische Verunreinigungen) Fraktion gewonnen. Abbildung 54 zeigt, dass die verschiedenen Fraktionen sich unterschiedlich auf die sensorische Beurteilung der gewonnenen Öle auswirkten. Während die Fraktionen fein, mittelfein und mittel-grob insbesondere zu holzigen, strohigen und röstigen Aromakomponenten führten, war das vorherrschende Attribut der groben und feinen Fraktion *modrig*.

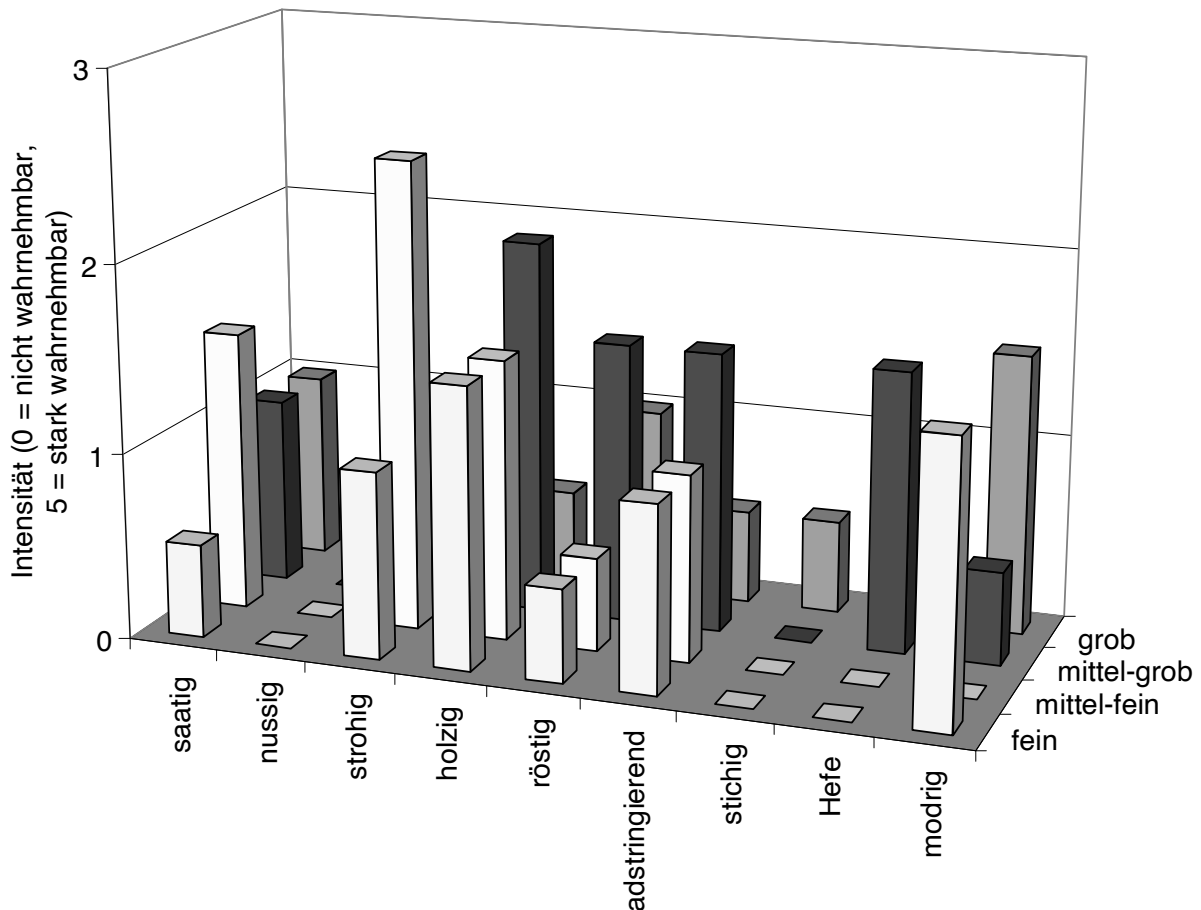


Abbildung 54: Einfluss unterschiedlicher Siebfractionen auf die sensorische Beurteilung von Rapsspeiseöl (5 % Besatzfraktion in der Rapssaat)

5.4.2 Einfluss von Klettenlabkraut und Sklerotien auf die Qualität von kaltgepresstem Rapsspeiseöl

Die Samen des Klettenlabkrauts ähneln in ihrer Größe den Rapssamen, so dass eine Reinigung nicht immer vollständig erfolgt. Samen von Klettenlabkraut wurden der gereinigten Rapssaat in definierten Anteilen (5, 10, 15 und 20 %) zugesetzt, aber in keinem Ansatz konnte ein signifikanter Geschmacksfehler festgestellt werden.

Auch ein Zusatz von definierten Anteilen (5, 10, 15, 20 %) an Sklerotien zur gereinigten Saat führte in keinem Ansatz zur Ausbildung eines signifikanten Geschmacksfehlers.

5.4.3 Einfluss von Bruchkorn auf die Qualität von kaltgepresstem Rapsspeiseöl

Die sensorische Beurteilung der Öle zeigte, dass bereits relativ geringe Anteile an Bruchkorn bei einer Lagerdauer von 12 Tagen bei Raumtemperatur zu einem sehr unangenehmen, säuerlich-vergorenen Geschmackseindruck der Öle führten, der als *stichig* bezeichnet wurde. Dieser Geschmacksfehler trat noch wesentlich deutlicher und schneller hervor, wenn die Saaten bei 40 °C gelagert wurden. Auch die Pressung von Bruchsaat, die 10 Wochen bei 8 °C kühl gelagert worden war, ergab ein Öl mit einem stark stichigen Fehlgeschmack.

Somit zeigt sich, dass selbst eine kühle Lagerung der Saaten mit erhöhten Bruchkornanteilen die Ausbildung von stichigen Geschmackseindrücken nicht über einen längeren Zeitraum verhindern kann.

Dabei hatte die Höhe des Anteils an Bruchsaat in der Rapssaat über einen weiten Bereich keinen Einfluss auf die sensorische Beurteilung des gewonnenen Rapsspeiseöls. Nach 6 Tagen Lagerung der Rapssaat bei 40 °C, dargestellt in Abbildung 55, zeigte sich erst bei einem Anteil von 20 % Bruchsaat eine Veränderung des Geschmackprofils im Vergleich zu Rapsöl, das aus Rapssaat mit geringeren Anteilen an Bruchsaat hergestellt worden war. Es entwickelte sich neben dem Attribut *stichig* auch ein wahrnehmbarer modriger Geschmackseindruck.

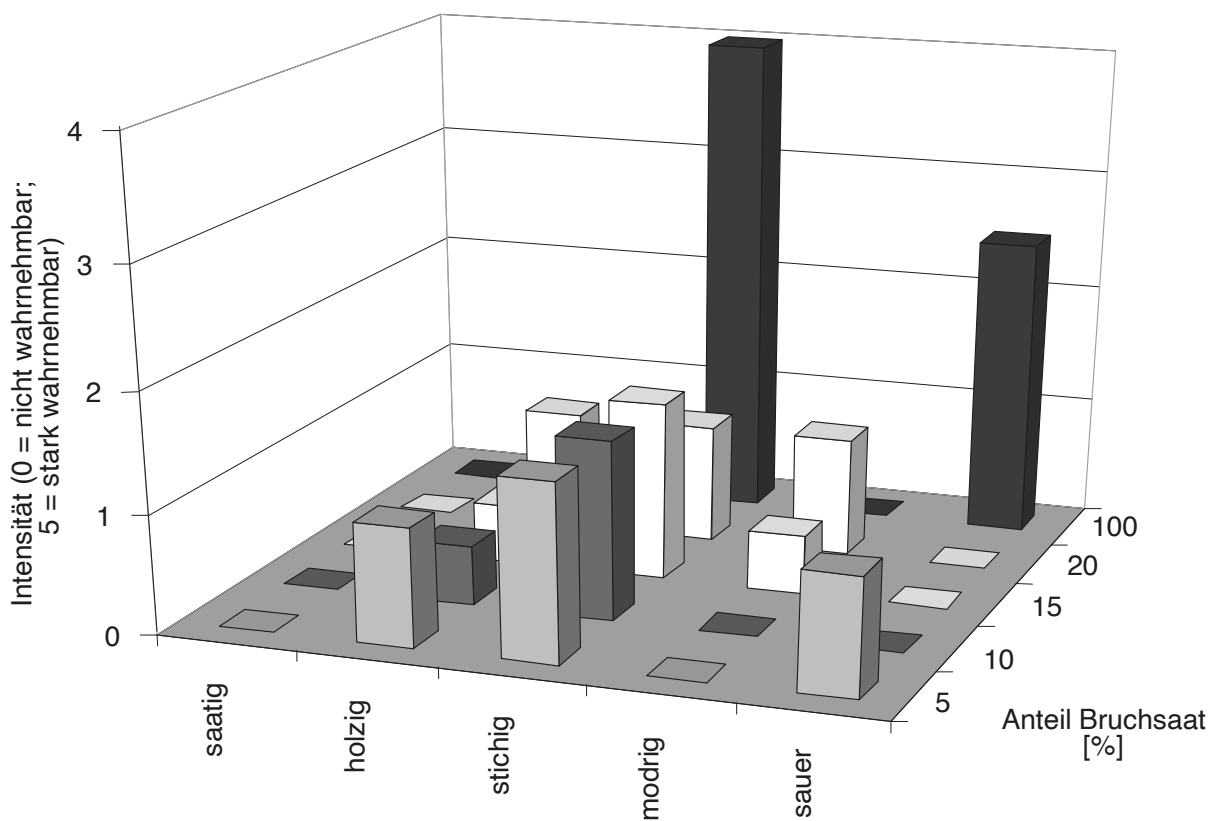


Abbildung 55: Sensorische Beurteilung der Öle aus Rapssaat mit definierten Anteilen an Bruchsaat nach Lagerung bei 40 °C für 6 Tage

Abbildung 56 zeigt, dass die Intensität der positiven Attribute *saatig* und *nussig* bei einer Lagerung von Rapssaat mit 5 % Bruchkornanteil bei 40 °C mit fortschreitender Lagerdauer schnell abnimmt, während es gleichzeitig zur Ausbildung der negativen Attribute *modrig* und *stichig* kommt.

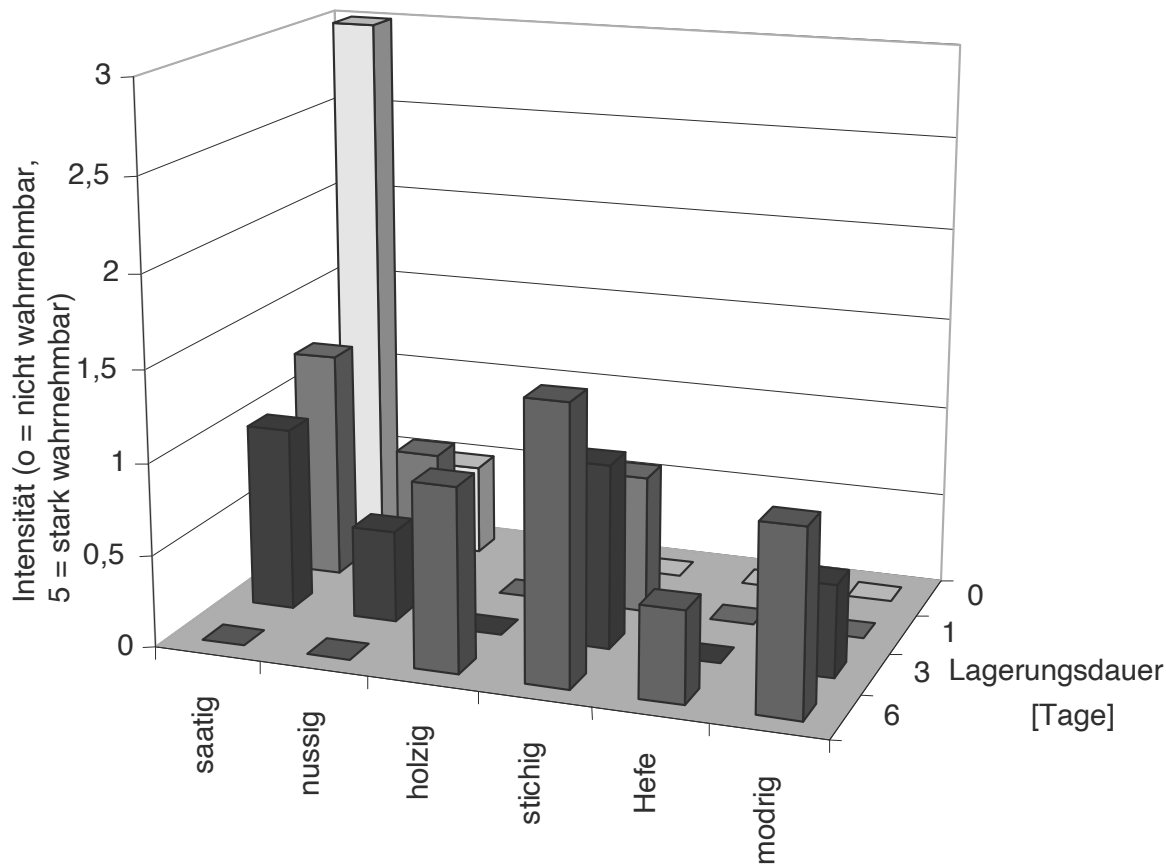


Abbildung 56: Sensorische Beurteilung der Öle aus Rapssaat mit 5 % Bruchsaat nach 0, 1, 3 und 6 Tagen Lagerung bei 40 °C

Ein Einfluss von Bruchkorn in der Rapssaat auf die verschiedenen chemischen Kenngrößen der Öle konnte unter den beschriebenen Bedingungen nur für den Gehalt an freien Fettsäuren gefunden werden. Abbildung 57 zeigt den Anstieg der Gehalte an freien Fettsäuren während der Lagerung von Rapssaat, die mit Bruchsaat versetzt wurde.

Da im Bruchkorn die Trennung der Enzyme von ihren Substraten nicht mehr gegeben ist, laufen enzymatische Reaktionen ab, die zu einer Spaltung der Triglyceride und zur Bildung von freien Fettsäuren führen. Der Anteil an freien Fettsäuren im gewonnenen Öl stieg dabei mit dem Anteil an Bruchkorn in der Rapssaat, der Lagerungsdauer und insbesondere der Lagerungstemperatur an. Da eine Temperaturerhöhung um 10 K zu einer Verdopplung der Reaktionsgeschwindigkeit führt, wurden deutlich höhere Gehalte an freien Fettsäuren gefunden, wenn die Rapssaat bei 40 °C gelagert wurde.

Ein Effekt auf die Oxidationsstabilität der Öle durch Bruchkorn war nur zu beobachten, wenn reine Bruchsaat gelagert und gepresst wurde. Hierbei kam es zu einem Anstieg der Oxidationsstabilität, da durch den Lagerungsprozess antioxidative wirksame Substanzen bei der anschließenden Pressung leichter aus dem Korn extrahiert werden konnten. Auf andere Parameter, wie Tocopherolgehalt, Peroxidzahl oder auch Fettsäurezusammensetzung hatte ein Anteil an Bruchkorn in der Rapssaat keinen Einfluss.

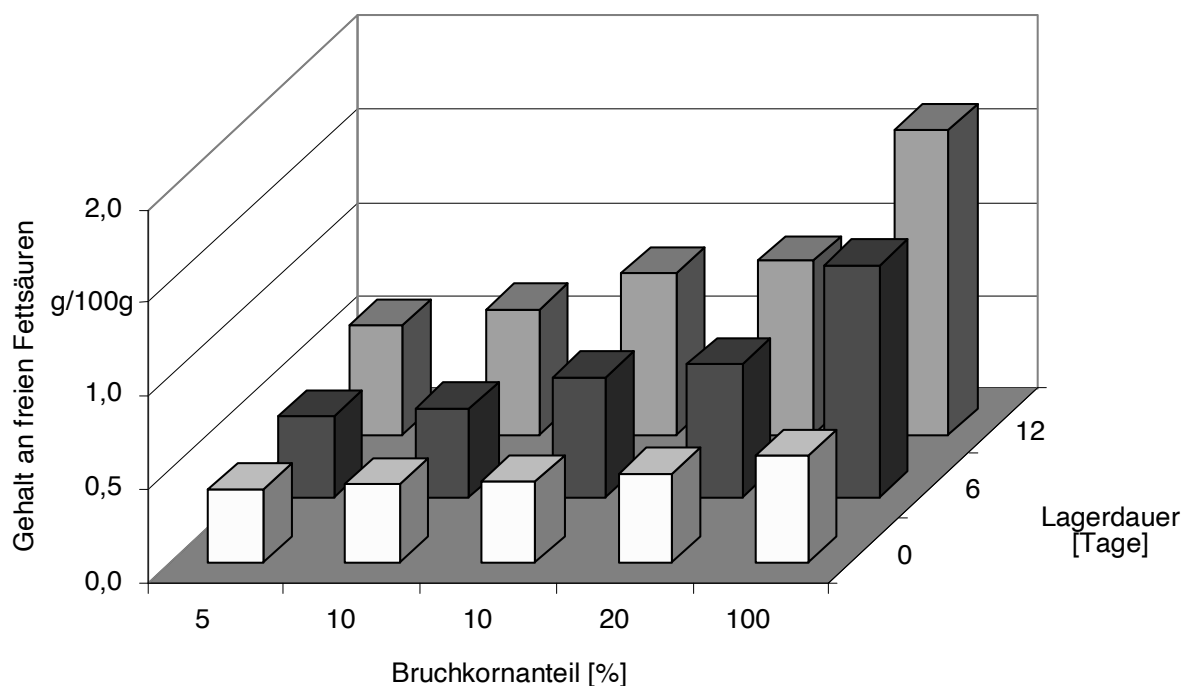


Abbildung 57: Bildung freier Fettsäuren in Abhängigkeit von Bruchkornanteil und Lagerdauer

5.4.4 Einfluss von Auswuchs auf die Qualität von kaltgepresstem Rapsspeiseöl

Durch zu feuchte Witterung vor der Ernte kann es bereits in der Rapsschote zu einem Auskeimen der Rapskörner kommen. Die durchgeführten Untersuchungen sollten den Einfluss von Auswuchssaat auf die Beschaffenheit der Öle zeigen.

Die Öle aus Saat mit Auswuchs wiesen einen unangenehmen Geruch und Geschmack auf. Der Eindruck wurde mit Begriffen wie „kalter Zigarettenrauch“ und „kalter Aschenbecher“, aber auch *modrig*, *stichig* und *röstig*, *verbrannt* charakterisiert. Die für Rapsöl typische saartige Note wurde dadurch völlig überdeckt und die Öle waren für den menschlichen Verzehr völlig ungeeignet. Es zeigte sich, dass bereits nach einer Keimung von einem Tag, die aus der Saat gewonnenen Öle nicht mehr verzehrfähig waren.

Beim Keimen der Saat werden vielfältige Stoffwechselreaktionen in Gang gesetzt. Unter anderem werden die Speicherlipide als Energielieferant abgebaut oder die abgespaltenen Fettsäuren dienen als Bausteine für die verschiedensten Produkte. Abbildung 58 zeigt den Anstieg der freien Fettsäuren in teilweise gekeimter Saat von 0,25 g/100 g auf 0,47 g/100 g. Bereits nach einer Lagerdauer von 4 Tagen kam es zu einer starken Zunahme der freien Fettsäuren im gewonnenen Öl. Der Anstieg der freien Fettsäuren erfolgte dabei exponentiell, so dass die Gehalte in der Praxis nach der Ernte während der anschließenden Lagerung weiter stark ansteigen würden.

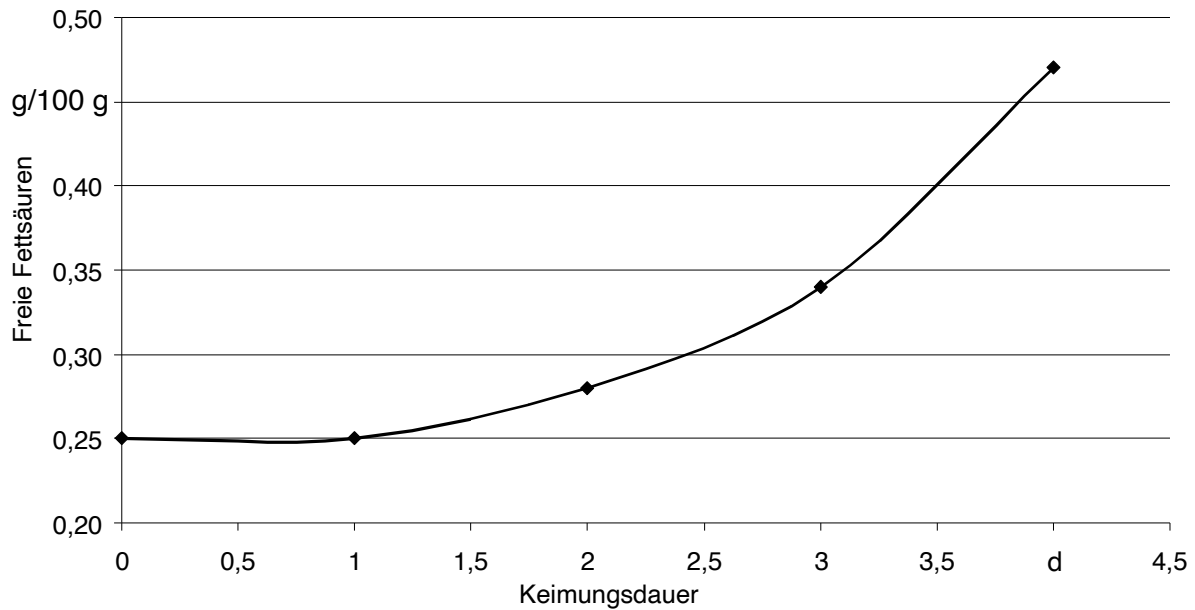


Abbildung 58: Anstieg des Gehaltes an freien Fettsäuren im Öl aus gekeimter Saat in Abhängigkeit der Keimdauer in Tagen

5.4.5 Zusammenfassung

Die durchgeführten Untersuchungen zum Einfluss von Fremdbestandteilen in der Saat zeigen einen starken Einfluss von Besatz, Bruchsaat sowie gekeimter Saat auf die Qualität von kaltgepresstem Rapsspeiseöl. Insbesondere die sensorische Beschaffenheit der Öle wird bereits durch relativ geringe Anteile von Verunreinigungen der gepressten Rapssaat stark negativ beeinflusst, so dass die gewonnenen Öle für den menschlichen Verzehr nicht mehr geeignet sind. Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass vor allem eine sorgfältige Auswahl der für die Herstellung von kaltgepresstem Rapsspeiseöl verwendeten Rapssaat dringend notwendig ist, um qualitativ hochwertiges Rapsspeiseöl herstellen zu können. Beim Saatmanagement ist darauf zu achten, dass gut gereinigte Saat bei einer möglichst niedrigen Lagertemperatur eingelagert wird, da es sonst sehr schnell zur Bildung von unerwünschten Aromakomponenten kommen kann, die unmittelbar auch im Öl wieder gefunden werden.

5.5 Auswirkungen von flüchtigen Verbindungen auf die sensorischen Attribute

5.5.1 Flüchtige Verbindungen für das Attribut *röstig* bei Ölen aus erhitzter Saat

Das im Öl gefundene sensorische Attribut *röstig* lässt sich auch mittels Gaschromatographie der flüchtigen Aromakomponenten nachweisen. Abbildung 59 zeigt die übereinander gelegten Chromatogramme der flüchtigen Verbindungen eines Rapsöls, das aus zu heiß getrockneter Saat gepresst worden ist (B) sowie eines Rapsöls, das mit einer kleinen Pressdüse (6 mm), hoher Schneckendrehzahl (95 min^{-1}) sowie hoher Presskopftemperatur ($90 \text{ }^\circ\text{C}$) gewonnen wurde.

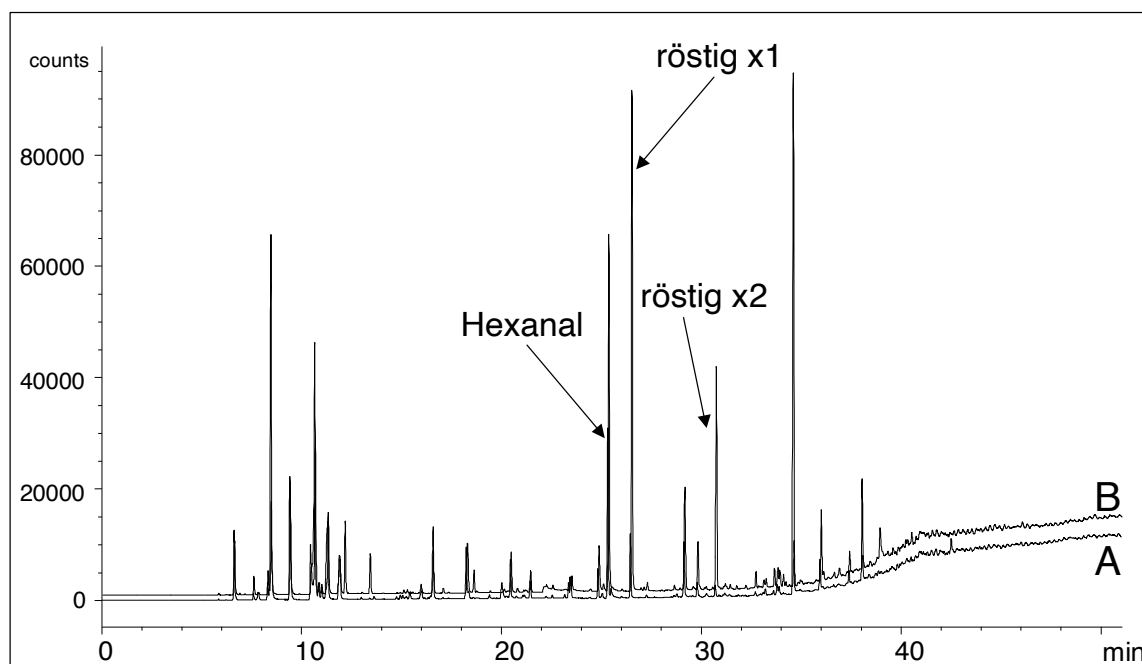


Abbildung 59: Chromatogramme flüchtiger Verbindungen in Ölen aus thermisch geschädigter Saat

Es zeigt sich, dass in beiden Ölen neben Hexanal, als Schlüsselsubstanz für eine oxidative Schädigung der Öle auch zwei Substanzen ansteigen bzw. zu finden sind, die mit einem röstigen Geschmackseindruck in Verbindung gebracht werden.

5.5.2 Flüchtige Verbindungen bei Ölen aus gekeimter Saat

Die Chromatogramme der flüchtigen Verbindungen aus gekeimter Saat zeigen im Vergleich zu solchen aus intakter Saat zusätzliche Signale, die auf die Bildung von charakteristischen flüchtigen Verbindungen während der Keimung hinweisen. Abbildung 60 lässt dies deutlich erkennen.

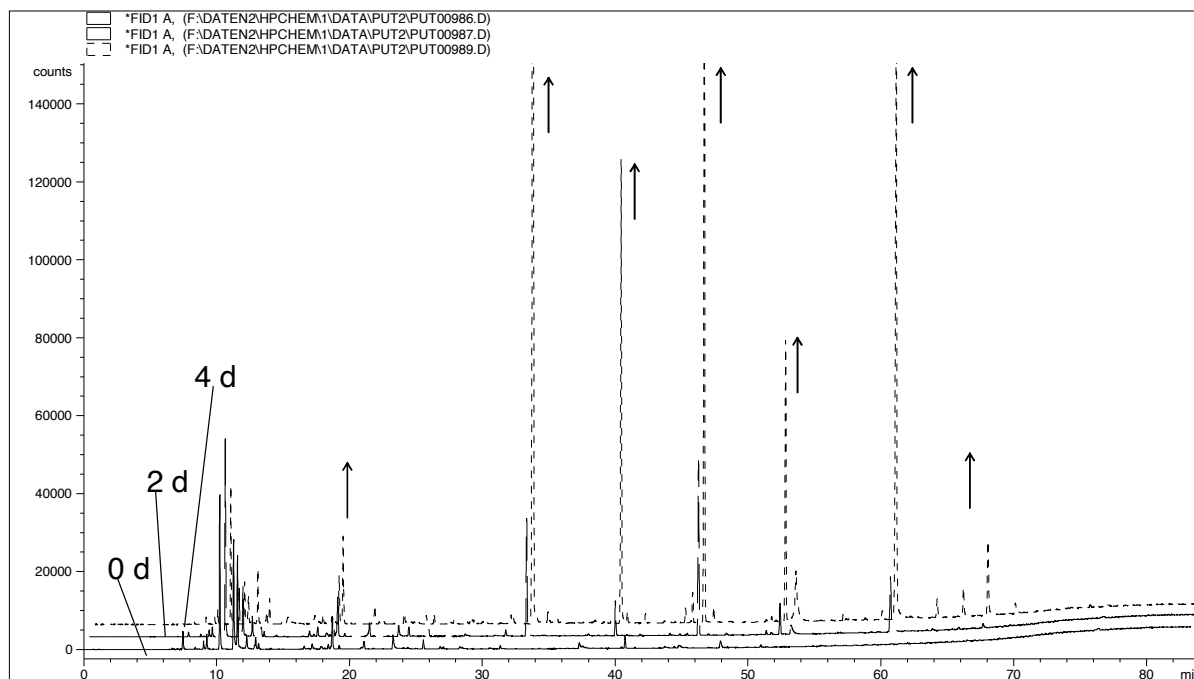


Abbildung 60: Chromatogramme flüchtiger Verbindungen in Ölen aus teilweise gekeimter Saat (Keimungsdauer 0, 2 und 4 Tage)

Durch Übereinanderlegen von Chromatogrammen der flüchtigen Verbindungen aus Rapsölen, hergestellt aus intakter Saat bzw. Saaten im Stadium der fortgeschrittenen Keimung lässt sich die Zunahme dieser Verbindungen mit der Keimungsdauer leicht erkennen.

Außerdem wurden die über die Säule aufgetrennten flüchtigen Verbindungen alternativ mit Hilfe der Nase charakterisiert. Dazu wurde die Wasserstoff-Flamme des Flammen-Ionisationsdetektors am Ausgang der Trennsäule am Gaschromatographen gelöscht und die ausströmenden Substanzen in einen Glaskonus zum Abriechen weitergeleitet. Die sensorische Charakterisierung der gaschromatographisch aufgetrennten Substanzen wurde unabhängig von drei Personen durchgeführt.

Dabei konnte eine besonders Aroma intensive Verbindung mit dem sensorischen Attribut „faule Kartoffel/verbrannt“ wahrgenommen werden. Daneben wurden auch schwächere Gerüche nach *Pilz*, *saurer Milch*, *modrig* und *erdige Kartoffeln* sowie *modrig-röstig* wahrgenommen. Einige Beispiele der gefundenen Eindrücke zeigen Tabelle 4 und Abbildung 61. Eine eindeutige Identifizierung über GC-MS Kopplung und darauf aufbauend eine Eichung mit Standardsubstanzen zur Quantifizierung steht noch aus.

Tabelle 4: *Sensorische Charakterisierung aromawirksamer Komponenten aus Rapsöl, gepresst aus gekeimter Saat nach vier Tagen Keimung*

| | Prüfer A | Prüfer B | Prüfer C |
|-----------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Rt [min] | Eindruck | Eindruck | Eindruck |
| 6,27 | Zwiebel | | |
| 8,40 | Alkohol | | |
| 11,75 | saure Milch | saure Milch | saure Milch |
| 18,29 | scharf | scharf | |
| 21,93 | Vanille | Vanille | |
| 22,20 | | | röstig |
| 31,10 | kartoffelig | | schwach röstig |
| 32,70 | | scharf | scharf |
| 33,40 | | | schwach röstig |
| 40,40 | modrig, Kartoffel ++ | modrig, Kartoffel ++ | modrig, Kartoffel ++ |
| 42,30 | | | Kartoffel |
| 43,20 | modrig, röstig + | modrig, röstig + | modrig, röstig + |
| 43,46 | pilzig + | pilzig + | pilzig + |
| 44,59 | | modrig + | zwieblig |
| 46,13 | faule Kartoffeln +++++ | faule Kartoffeln +++++ | faule Kartoffeln +++++ |
| 48,30 | gammelig + | gammelig + | modrig |
| 50,95 | | würzig, Maggi + | |
| 52,20 | | ?? | |
| 53,30 | würzig | | |
| 53,90 | | würzig | |
| 58,90 | | Vanille | |
| 61,48 | Kartoffel | | |
| 69,70 | stechend | | |

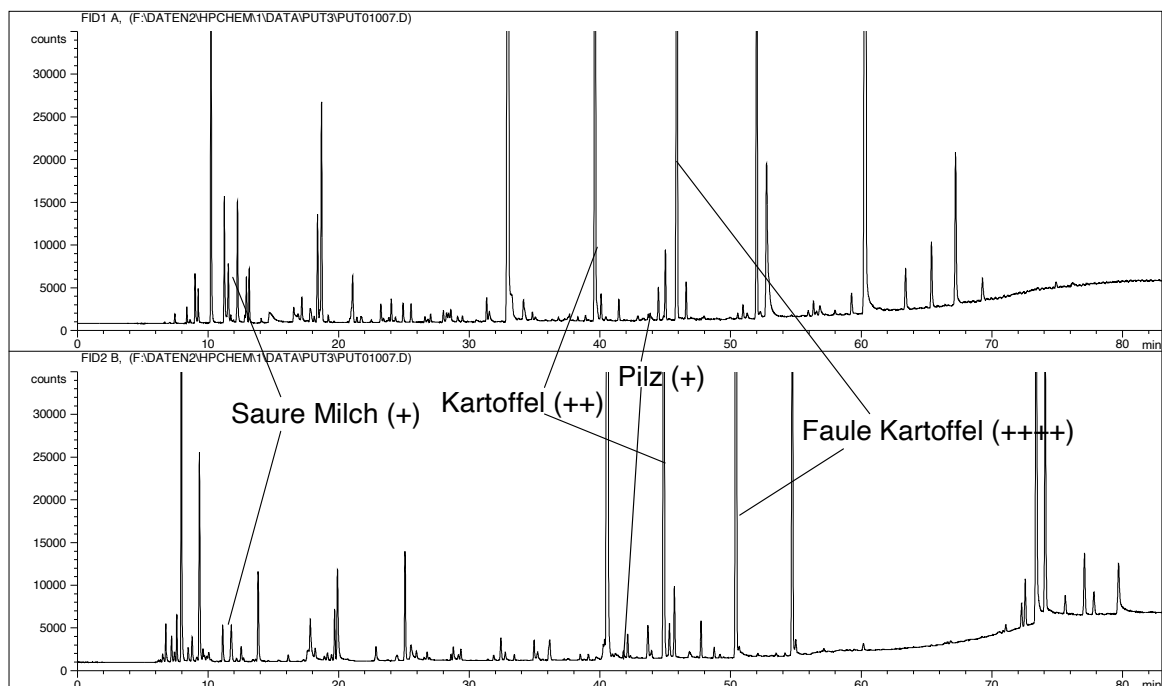


Abbildung 61: Chromatogramme flüchtiger Verbindungen in Ölen aus gekeimter Saat

5.5.3 Flüchtige Verbindungen für das Attribut *stichig* bei Ölen aus Saaten mit unterschiedlichen Bruchkornanteilen

Die flüchtigen Bestandteile eines stichigen Rapsöls, gepresst aus reinem Bruchkorn nach 6 Tagen Lagerung bei 40 °C, wurden per GC getrennt und wiederum von drei Personen unabhängig mit der Nase charakterisiert. Einige Signale ließen sich klar sensorisch als unangenehm empfundene Eindrücke beschreiben. Während Verbindung X1 (siehe Abbildung 62) noch als *aromatisch*, *röstig*, *aldehydisch* beschrieben wurde, erhielt die Substanz X2 Begriffe wie *krautig*, *holzig*, *verbrannt*, *unangenehm* oder *röstig*, und Verbindung X3 wurde als *muffig*, *modrig*, *faulig* oder *dumpf* charakterisiert.

X1 liegt in der Retentionszeit zwischen 32,8 und 33,0 Minuten, X2 ziemlich genau bei 39 Minuten und X3 zwischen 46,1 und 46,4 Minuten auf der unpolaren Säule.

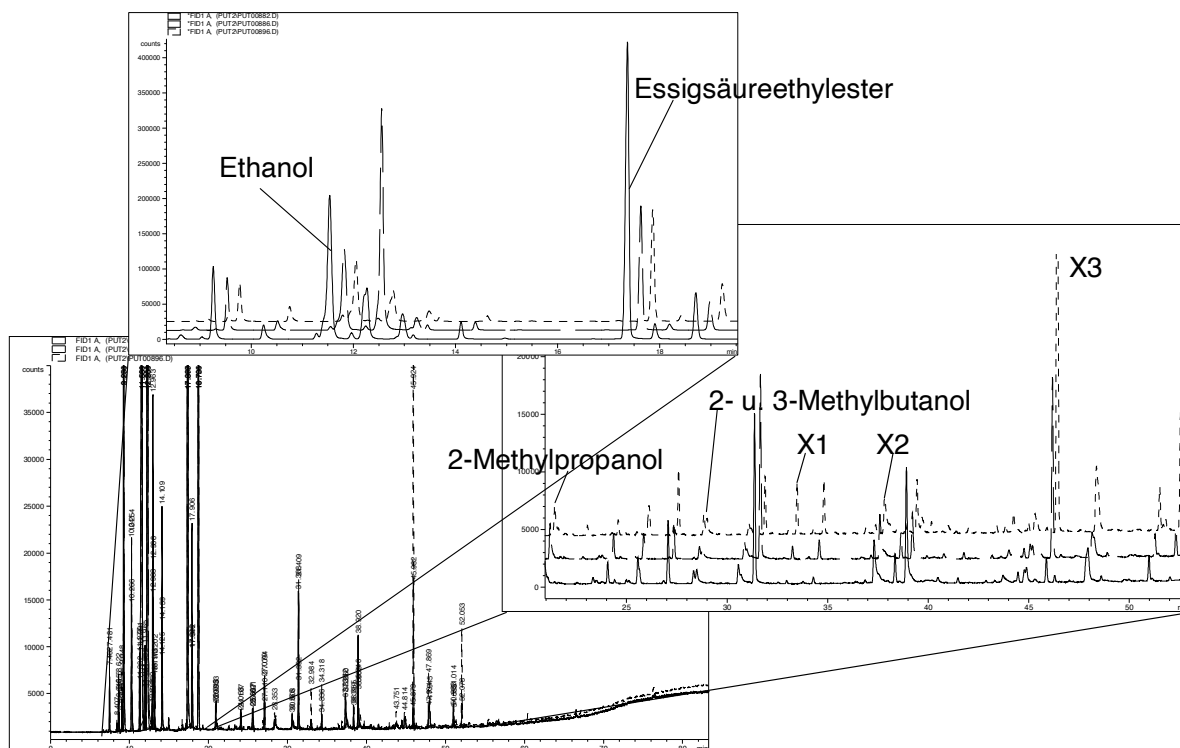


Abbildung 62: Chromatogramm flüchtiger Verbindungen in Ölen aus Saat mit Bruchkornanteilen (5, 15, 100 %) nach 12 Tagen Lagerung bei Raumtemperatur

Beim Übereinanderlegen der Chromatogramme von Rapsölen aus Rapssaat mit 5, 10 und 100 % Bruchkornanteil nach 6 Tagen Lagerung bei 40 °C ist erkennbar, dass bestimmte Peaks zu- oder abnehmen, also möglicherweise Einfluss auf die sensorischen Eigenschaften des Öles haben und durch den Bruchkornanteil in der Saat beeinflusst werden. Eindeutig identifiziert worden sind des Weiteren Ethanol, Essigsäureethylester, 2-Methylpropanol und 2/3-Methylbutanol, die als Indikatoren für einen mikrobiellen Abbau dienen. Es gibt noch weitere Peaks im Chromatogramm, die stark zu- oder abnehmen, aber keinen direkten sensorischen Beitrag leisten.

In Tabelle 5 ist für die aufgeführten Substanzen bzw. Peaks, innerhalb der Versuchsreihe, 6 Tage Lagerdauer bei 40 °C, die Zu- bzw. Abnahme, in Abhängigkeit vom Bruchkornanteil dargestellt.

Tabelle 5: Einfluss unterschiedlicher Bruchkornanteile in der Rapssaat nach 6 Tagen Lagerung bei 40 °C bzw. 12 Tagen Lagerung bei Raumtemperatur auf verschiedene flüchtige Aromakomponenten im Rapsöl

| Substanz | Retentionszeit [min] | 6 Tage Lagerung bei 40 °C | 12 Tage Lagerung bei Raumtemperatur |
|----------------------|----------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| Ethanol | 11,5 | steigend | sinkend |
| Essigsäureethylester | 17,3 | steigend | sinkend |
| 2-Methylpropanol | 20,9 | steigend | konstant |
| 2/3-Methylbutanol | 28,5 | stark steigend | schwach steigend |
| X1 | 32,8 – 33,0 | steigend | steigend |
| X2 | 39,0 | steigend | sinkend |
| X3 | 46,1 – 46,6 | stark steigend | stark steigend |

Im Versuchsansatz mit Lagerung bei Raumtemperatur, ist das Bild uneinheitlich. Nur 2/3-Methylbutanol und Signal X3 steigen. 2-Methylpropanol bleibt konstant und Ethanol, Essigsäureethylester, X1 und X2 sinken.

5.5.4 Flüchtige Verbindungen bei Ölen aus intakter Saat mit unterschiedlichen Besatzanteilen

Abbildung 63 zeigt das Chromatogramm der flüchtigen Verbindungen eines Öles aus gereinigter Rapssaat (A) und aus Rapssaat mit Besatz (B-E).

Der innere Standard der Probe ist zum einen iso-Butylacetat bei einer Retentionszeit von 10,624 min und zum anderen Nonan-1-ol bei 30,454 min. Die höchsten Konzentrationen finden sich bei Substanzen wie Hexanal bei 13,062 min und Hexan-1-ol bei 21,907 min. Daneben lassen sich aber auch noch eine ganze Reihe bisher nicht identifizierter Substanzen erkennen. So steigt ein Peak (x1) im Bereich von 5,327 min. sowie ein Peak (x2) im Bereich von 25,307 min. mit zunehmendem Anteil an Besatz stark an. In Tabelle 6 ist die Zunahme der Peakflächen für die Peaks x1 und x2, sowie einer Reihe von Indikatorsubstanzen für einen oxidativen Abbau gegenübergestellt.

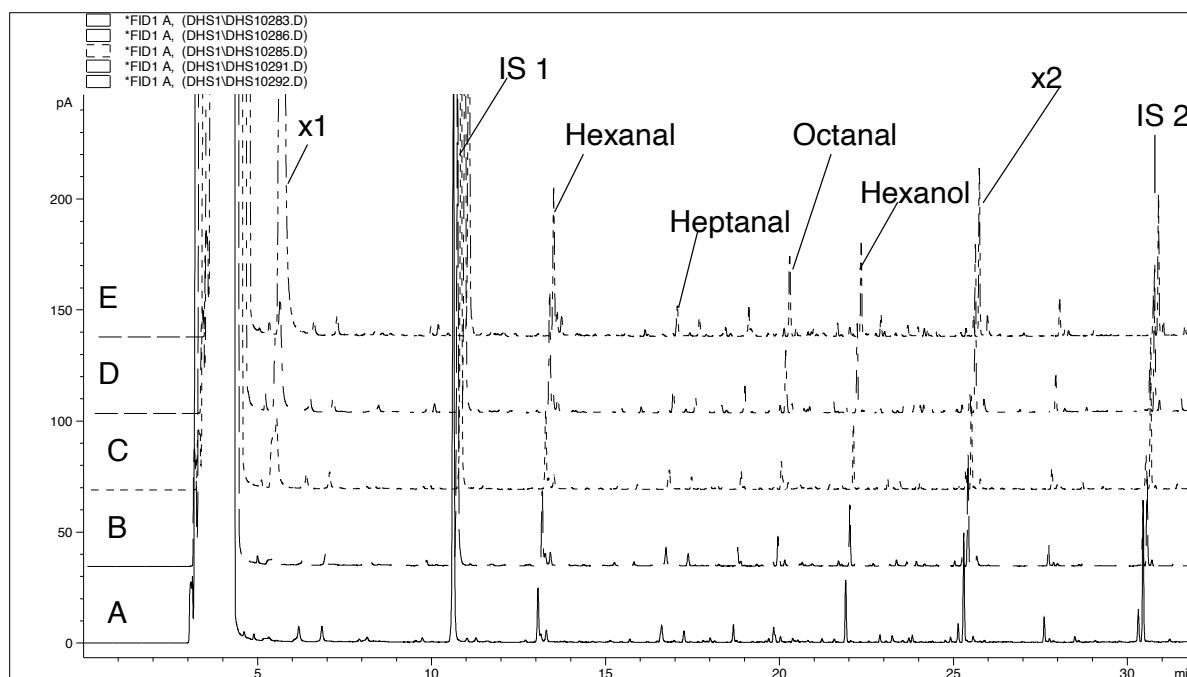


Abbildung 63: Chromatogramm flüchtiger Verbindungen in Ölen aus Saat mit unterschiedlichen Besatzfraktionen (0, 5, 10, 15, 25 %)

Tabelle 6: Vergleich der Flächen von signifikanten Peaks im Chromatogramm (Abbildung 63) zueinander, in frisch gepresstem Rapsöl (A) und welchem mit 25 % Besatz (E)

| | Retentionszeit [min] | Rapsöl „frisch gepresst“ | Rapsöl + 25 % Besatz |
|------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
| x1 | 5,327 | n.n. | 2641,15 |
| Hexanal | 13,073 | 12,04 | 206,13 |
| Heptanal | 16,628 | 30,65 | 48,64 |
| Octanal | 19,857 | 25,02 | 112,32 |
| Hexan-1-ol | 21,907 | 69,84 | 104,73 |
| x2 | 25,307 | 123,99 | 192,18 |

Die Ergebnisse lassen vermuten, dass die Peaks x1 und x2 im Chromatogramm für den Nachweis einer Verwendung von Rapssaat mit hohen Anteilen an Besatz zur Herstellung von kaltgepresstem Rapsspeiseöl verwendet werden können.

5.5.5 Flüchtige Verbindungen bei Ölen aus Saaten nach feuchter Lagerung

Die Gehalte an Isothiocyanaten und Säurenitrilen in Ölen aus feucht gelagerten Saaten ließen sich mit Hilfe der dynamischen Headspace-Gaschromatographie quantifizieren (siehe Abbildung 64).

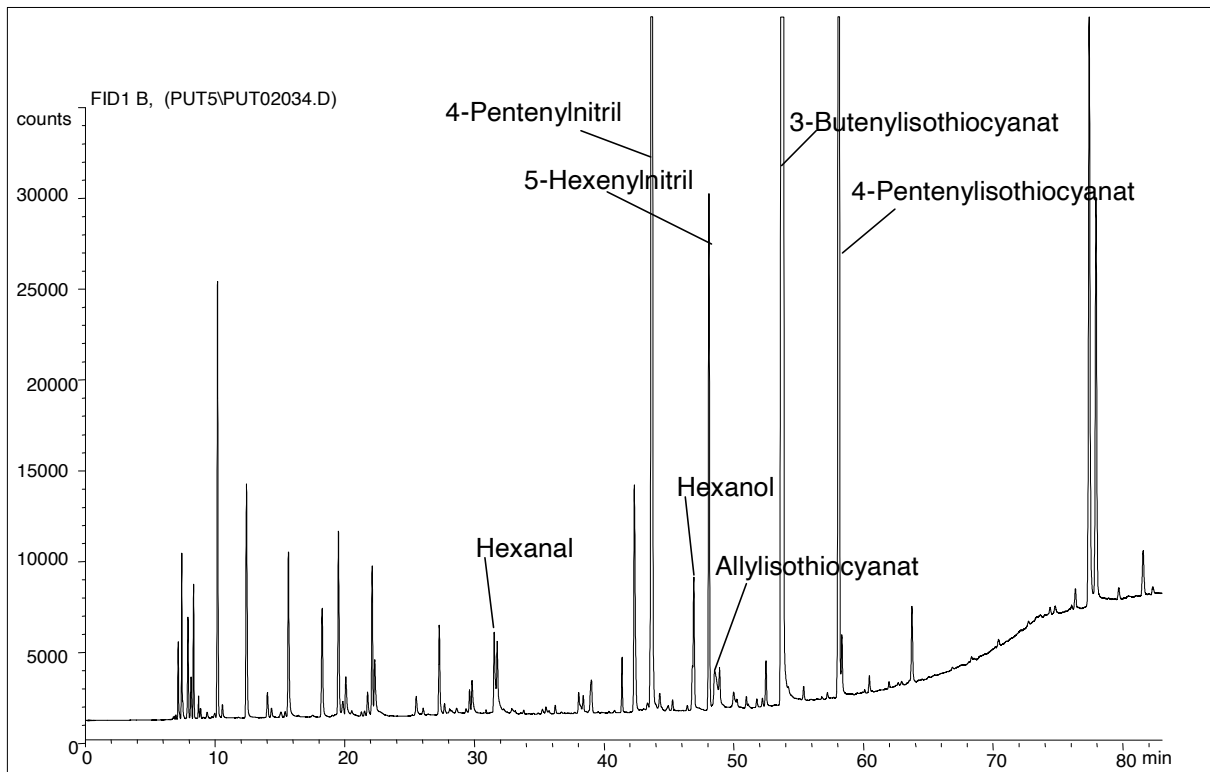


Abbildung 64: Chromatogramm flüchtiger Verbindungen in Öl mit dem Geschmacksfehler „modrig“.

So weisen Proben schon nach kurzer Lagerzeit deutlich erhöhte Gehalte an Isothiocyanaten und Säurenitrilen im Bereich von 20 bis über 50 mg/kg im Öl auf, wie in Abbildung 65 dargestellt.

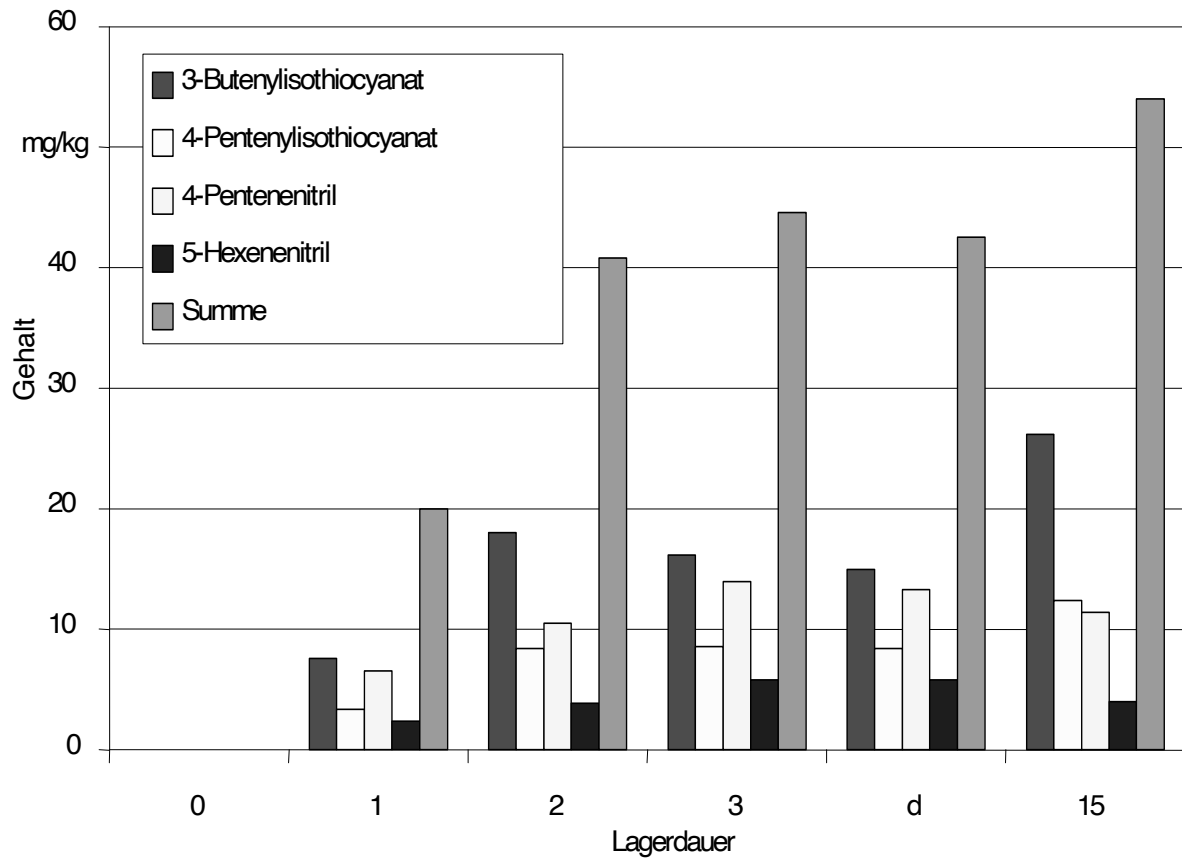


Abbildung 65: Gehalt an Isothiocyanaten und Säurenitrilen in Ölen aus Saat mit 15 % Wassergehalt in Abhängigkeit der Lagerdauer

Die Anwesenheit dieser Schlüsselsubstanzen kann als ein Hinweis auf eine zu feuchte Lagerung dienen.

6 Qualitätsstandard „kaltgepresstes Rapsspeiseöl“

Zur Auswahl der relevanten Qualitätsmerkmale, die zur Beschreibung aller wichtigen Eigenschaften des Produktes notwendig sind, sollte man von den Erwartungen und Wahrnehmungen des Verbrauchers ausgehen. Dieser nimmt zunächst einmal die Verpackung mit ihrer Form, Art und dem Etikett wahr. Sodann erkennt er bei Glasverpackung Klarheit bzw. Trüb und eventuell die Farbe des Produktes. Das Etikett kann ihm Hinweise auf die Verarbeitung, Herkunft und Qualität geben. Beim Verzehr des Produktes stehen neben Farbe und Konsistenz vor allem Geruch und Geschmack im Mittelpunkt. Wichtige Qualitätsaspekte für natives, kaltgepresstes Rapsspeiseöl sind:

- **Geschmack und Geruch**
- **Verarbeitung ausgesuchter Rohwaren**
- **Schonende Herstellung**
- **Frische**
- **Lebensmittelsicherheit (Rückstände, Rückverfolgbarkeit)**
- **Regionalität**

Auch in den Leitsätzen wird dem Geschmack und Geruch eine Vorrangstellung eingeräumt. Allerdings beinhaltet das Attribut *arteigen* eine individuell auslegbare Beschreibung für alle kaltgepressten Öle, sei es ein Leinöl, Sonnenblumenöl, Kürbiskernöl oder auch Rapsöl. Einige häufiger auftretende Geschmacksfehler werden dagegen explizit aufgeführt, wobei in kaltgepressten Rapsspeiseölen am häufigsten die Geschmacksfehler *modrig* und *stichig* wahrnehmbar sind, die hier noch fehlen.

In der Tat sind die positiven Aromanoten für kaltgepresstes Rapsöl nur schwer zu beschreiben. Auch konnten bislang noch keine Schlüsselverbindungen isoliert werden, die für das typische Aroma von einwandfreiem kaltgepresstem Rapsspeiseöl verantwortlich sind. In den Arbeiten zum Projekt wurden *saatig* und *nussig* als treffendste Begriffe gewählt.

Einige Attribute können noch nicht eindeutig als positiv oder negativ eingestuft werden. Das Attribut *grün* wird häufig für einen frischen Eindruck, der an Kräuter und grüne Pflanzenbestandteile erinnert verwendet. Neu angelegte Prüfer verwenden auch gern das Attribut *Spargel* (gekocht, im Feinkostsalat). Das Attribut *holzig* tritt besonders häufig in geringer Intensität in Ölen auf, die aus Saat von bestimmten Standorten stammen. Bei höherer Intensität wird dieses Attribut eher negativ wahrgenommen und das Öl auch meist mit einem weiteren Geschmacksfehler schlecht bewertet. Auch das Attribut *adstringierend* wird von den Prüfern der Prüfergruppe häufig in geringer Intensität vergeben. Dieses Attribut beschreibt ein belegtes Gefühl im Mundraum, ähnlich wie bei tanninhaltigem Rotwein. Es wird auch häufig vergeben, wenn nach dem eigentlichen Verkosten ein raues Gefühl an den Zähnen beim Ausspülen des Mundes mit Wasser wahrgenommen wird.

Ein weiterer Diskussionspunkt bei der Arbeit mit der Prüfergruppe war das Attribut *röstig*. Viele kaltgepresste Öle werden in geringer Intensität mit dem Attribut *röstig* beschrieben. In kaltgepressten Ölen sollte ein Röstaroma aber aufgrund der Herstellungsweise nicht nachweisbar sein und sollte deshalb zu den Geschmacksfehlern zählen. In geringer Intensität wird es aber eher als angenehm eingestuft. Erst bei einer stärkeren Wahrnehmung stört es den gesamten Aroma-Eindruck und führt dann zur Abwertung.

Eindeutig negativ werden dagegen die Attribute *ranzig*, *verbrannt*, *bitter*, *stichig*, *Hefe*, *modrig*, *rauchig*, *Maggi*, *Ananas*, *kratzend* oder *fischig* eingestuft. Diese Geschmacksfehler führen sofort zu einer klaren Ablehnung des Produktes durch die Prüfer, auch in geringer Intensität.

Der in den Leitsätzen für Speisefette und -öle vorgegebene Gehalt an freien Fettsäuren wird von allen guten kaltgepressten Rapsspeiseölen problemlos eingehalten und könnte sogar , um die Hälfte gesenkt werden. Der Gehalt an freien Fettsäuren gibt einen Hinweis auf die Qualität der eingesetzten Rohwaren. Intakte Rapssaat hat einen sehr niedrigen Gehalt an freien Fettsäuren, da alle Fettsäuren in Triglyceriden gebunden sind. Erst mit steigendem Anteil an hydrolytischen Reaktionen durch Beschädigung der Saat und Freisetzen von Enzymen bzw. Keimungsaktivitäten der Saat bei zu hoher Feuchtigkeit oder Befall mit Mikroorganismen steigt der Anteil an freien Fettsäuren im Öl rasch an.

Die Peroxidzahl wird ebenfalls von allen guten kaltgepressten Rapsspeiseölen problemlos eingehalten und könnte bis auf 6 meq O₂/kg Öl abgesenkt werden. Die Peroxidzahl ist ein Maß für den Fortschritt des Fettverderbs und wird durch die Anwesenheit von Hydroperoxiden, einer ersten Zwischenstufe des oxidativen Fettabbaus, bestimmt. Allerdings steigt diese Kennzahl nicht linear mit dem Fortschritt des oxidativen Verderbs an, sondern fällt nach einiger Zeit wieder ab, da diese Zwischenprodukte weiter reagieren zu verschiedenen Folgeprodukten. Die Anisidinzahl erfasst hingegen die Abbauprodukte der Hydroperoxide und nimmt im Laufe der Oxidation stetig zu. Der Anstieg dieses Messwertes erfolgt also mit fortschreitender Oxidation. Deshalb wird gern auf die Totoxzahl zurück gegriffen. Sie ist eine Kombination aus dem doppelten Wert der Peroxidzahl zuzüglich der Anisidinzahl und steigt ebenfalls kontinuierlich an. Da die Totoxzahl sowohl die Vorstufen der Oxidation, also die Hydroperoxide, als auch die aromaaktiven Folgeprodukte erfasst, ist sie besser geeignet den oxidativen Zustand von Speiseölen zu beschreiben.

Die Beschränkung des Gehaltes an Verunreinigungen hat für raffinierte Öle eine weitaus größere Bedeutung als für kaltgepresste Öle. Bei raffinierten Speiseölen erwarten die Verbraucher ein Öl ohne jede Trübung auch bei kalter Lagerung. Anders sieht das bei den kaltgepressten Ölen aus. Hier überschreitet mehr als die Hälfte der Öle auf dem Markt den Wert für unlösliche Verunreinigungen. Teilweise sind die Öle unzureichend filtriert, teilweise werden sie aber auch bewusst als naturtrübe Öle verkauft. Somit wäre es sinnvoll den Grenzwert für den Gehalt an petrolether-unlöslichen Verbindungen in einem Qualitätsstandard nicht zu berücksichtigen.

Nach der Erukasäure-VO sind in Deutschland nur Rapsöle mit einem Anteil an Erukasäure unter 5 g/100 g handelbar. Dies wird von allen Ölen auf dem Markt zur Zeit eingehalten. Bei den meisten Ölen liegt der Gehalt an Erukasäure unter 1 %, wobei viele Öle sogar weniger als 0,5 % Erukasäure enthalten.

Qualitätsparameter für den Qualitätsstandard kaltgepresstes Rapsspeiseöl

Als Schlussfolgerung aus den Arbeiten zu diesem Projekt und aus den Erfahrungen mit Qualitätsstandards auf verwandten Gebieten lassen sich eine Reihe von Parametern zur Überprüfung der unterschiedlichen Qualitätsaspekte in kaltgepresstem Rapsspeiseöl aufführen. Die entsprechenden Prüfverfahren sind in Tabelle 7 aufgeführt.

Andererseits ergibt sich die Forderung aus der Praxis, den Untersuchungsaufwand für die einzelnen Proben nicht über Gebühr auszudehnen. Auch wenn kaltgepresstes Rapsspeiseöl ein Produkt mit besonderen Qualitätsansprüchen ist, so sollte dennoch kleineren Betrieben eine ausreichende Qualitätssicherung mit vertretbarem finanziellem Aufwand ermöglicht werden.

- **Geruch und Geschmack:** *saatig, auch nussig, leicht holzig; stichig, modrig, hefig, strohig, ranzig, röstig, verbrannt, rauchig, fischig oder tranig*
frei von Fehlgeschmack wie
- **Chlorophyll:** < 30 mg/kg
- **Phosphor:** < 50 mg/kg
- **FFA:** < 1 g/100 g
- **Erukasäure:** < 1 g/100 g
- **Totoxzahl** < 20
- **Oxidationsstabilität:** > 4 h
- **trans-Fettsäuren:** < 0,1g/100 g
- **Polymere Triglyceride:** < 0,05g/100 g
- **Steradiene:** < 0,15 mg/kg

Tabelle 7: Prüfverfahren für die Methoden des Qualitätsstandards

| Kenngröße | Methode |
|--|--|
| Geruch und Geschmack | Gemäß des innerhalb des Projektes erarbeiteten Prüfschemas |
| Chlorophyll | ISO ⁺ CD 15669 |
| Phosphorgehalt | F-I 5a (00) (DGF) |
| Freie Fettsäuren | C-III 4 (97) (DGF) |
| Erukasäure | ISO ⁺ 5509:2000 |
| Totoxzahl | Berechnet aus 2 x Peroxidzahl (C-VI 6a (02) (DGF)) + 1 x Anisidinzahl (C-VI 6e (84) (DGF)) |
| Oxidationsstabilität (Rancimat 120 °C) | C-VI 6f (DGF) |
| <i>trans</i> -Fettsäuren | ISO ⁺ 5509:2000 |
| Polymere Triglyceride | C-III 3c (02) (DGF) |
| Steradiene | C-VI 8b (99) (DGF) |

⁺ ISO = International Organisation of Standardization

Der Geruch und Geschmack steht als unverzichtbares Qualitätskriterium an erster Stelle. Ein Produkt, das sich vorrangig durch seinen Geruch und Geschmack von raffinierten Ölen unterscheidet und darüber seinen Mehrwert rechtfertigt, muss bei diesem Kriterium höchsten Ansprüchen genügen. Zurzeit lässt sich dieser Qualitätsaspekt nur mit geschulten Prüfergruppen zweifelsfrei überprüfen. Die Mittel der instrumentellen Analytik können hierbei die Ergebnisse der Prüfergruppen nur teilweise absichern.

Die Einhaltung eines Gehaltes an Chlorophyll von unter 30 mg/kg dient der Sicherung eines ausreichenden Zeitraumes für das Mindesthaltbarkeitsdatum von einem Jahr. Darüber hinaus werden dadurch ungereinigte bzw. ungeeignete Saatpartien von der Verarbeitung ausgeschlossen, aber darüber hinaus wird auch verhindert, dass Öle auf den Markt kommen, die zu heiß gepresst wurden. Eine Oxidationsstabilität von mindestens 4 h bei 120 °C im Rancimattest ist ebenfalls ein wichtiger Hinweis für eine ausreichende Lagerstabilität.

Die Einhaltung eines Gehaltes an freien Fettsäuren unter 1 g/100 g dient als Hinweis auf die Verwendung intakter Rohware von guter Qualität.

Rapssorten mit einem Gehalt an Eruksäure von unter 1 g/100 g sind in Deutschland schon auf dem Markt etabliert und dienen dem guten Image des Produktes. Eruksäure ist eng mit den Erinnerungen an Rapsöl aus der Kriegszeit verknüpft, als dieses, die nicht mehr in ausreichenden Mengen verfügbaren höherwertigen Speiseöle, zum Teil ersetzte.

Der Gehalt an *trans*-Fettsäuren von unter 0,01 g/100 g dient dem Nachweis der schonenden Herstellung ohne Erhitzung. Dies lässt sich ebenfalls durch einen Anstieg der Steradiene oder polymeren Triglyceride feststellen. Ein weiterer Faktor für den Anstieg der polymeren Triglyceride ist eine Überlagerung der Öle.

Die Frische der Öle lässt sich noch besser durch die Peroxidzahl in Verbindung mit der Totoxzahl belegen. Dieser aus zwei Messgrößen zusammengesetzte Parameter schließt überlagerte Produkte ebenfalls aus.

7 Wirtschaftliche Verwertbarkeit und Nutzen der Ergebnisse für kleine und mittlere Unternehmen

Derzeit werden in Deutschland in ca. 230 dezentralen Ölgewinnungsanlagen kaltgepresste Pflanzenöle, sowohl für die Verwendung als nachwachsender Rohstoff, als auch als Speiseöl hergestellt.

Bei kaltgepresstem Rapsspeiseöl handelt es sich im Vergleich zum raffinierten Rapsöl um ein Nischenprodukt, das zum Teil noch gravierende Mängel in der Qualität aufweist, insbesondere bei den sensorischen Eigenschaften. Durch die vorgestellten Ergebnisse bezüglich der Zusammenhänge zwischen dem Produktionsprozess und den Beschaffenheitsmerkmalen von kaltgepresstem Rapsöl werden die Produzenten kaltgepresster Rapsspeiseöle in die Lage versetzt, dieses Nischenprodukt zu einem Premium-Produkt zu entwickeln und auf dem Markt zu etablieren. Als Vorbild dient hier das Olivenöl, bei dem es durch konsequente Entwicklung eines Qualitätsstandards gelungen ist, ein hervorragendes Image und steigenden Absatz zu erreichen.

Bislang kann das beim Verbraucher meist sehr positive Image von kaltgepresstem Rapsspeiseöl, das auf den hervorragenden ernährungsphysiologischen Eigenschaften, die sich aus der Fettsäurezusammensetzung ergeben, beruht, durch sehr heterogene Qualitäten am Markt beeinträchtigt werden. Es ist daher für das Produkt „kaltgepresstes Rapsspeiseöl“ dringend notwendig, gute Qualitäten für den Verbraucher durch ein entsprechendes Gütesiegel klar kenntlich zu machen. Auch in vielen anderen Bereichen des Lebensmittelhandels hat die CMA, als Vergabestelle für Gütesiegel, mit diesem System gute Erfolge erzielt. Durch diesen Qualitätsstandard für kaltgepresstes Rapsspeiseöl in Verbindung mit dem entsprechenden Gütesiegel wird es möglich sein, dem Verbraucher ein Produkt von gleichbleibend hoher Qualität anzubieten. Im Gegenzug ergibt sich für den Konsumenten eine Produkt- und Qualitätssicherheit, durch die das Image von kaltgepresstem Rapsöl beim Verbraucher positiv beeinflusst wird und die Chancen, sich auf dem Markt als Speiseöl weiter zu etablieren, verbessert werden.

Der entwickelte Qualitätsstandard für kaltgepresstes Rapsspeiseöl leistet einen innovativen Beitrag zur Schaffung neuer Märkte für kaltgepresstes Rapsspeiseöl und wirkt sich dadurch positiv auf dessen Absatz aus.

Zusammenfassung

Im Forschungsvorhaben „Untersuchung von Einflussfaktoren auf die Qualität von kaltgepresstem Rapsöl als Speiseöl und Festlegung eines Qualitätsstandards“ zeigte sich, dass der sensorische Eindruck als entscheidendes Kriterium für die Bewertung von kaltgepresstem Rapsspeiseöl herangezogen werden muss; chemische Kenngrößen spielen nur eine zweitrangige Rolle.

Der sensorische Eindruck der Öle wird nur in geringem Umfang durch die Bedingungen der Ölpressung beeinflusst, wohingegen vor allem die Qualität der eingesetzten Rapssaat und die Reinigung des Öls von ganz entscheidender Bedeutung sind. Dabei üben die Art der Trocknung und Lagerung der Rapssaat einen großen Einfluss auf die sensorische Qualität der gewonnenen Speiseöle aus, aber auch Besatz, Auswuchs und Bruchsaat in der Rapssaat verschlechtern bereits in geringen Anteilen den sensorischen Eindruck der Öle. Bei der Reinigung des Öls zeigen die Untersuchungen, dass zu lange Verweilzeiten des Öls auf dem Trub, aber auch ein intensiver Kontakt des Öls mit dem Trub den Geruch und Geschmack negativ beeinflussen.

Dem Saatmanagement kommt eine besondere Bedeutung für die Produktion von qualitativ hochwertigem kaltgepresstem Rapsspeiseöl zu. Dies schließt eine sorgfältige Auswahl der Rapssaat sowie eine geeignete Saatvorbehandlung ein. Insbesondere der Zeitraum, zwischen der Ernte und der Einlagerung der Rapssaat bis zur weiteren Verarbeitung, ist für die Qualität des gewonnenen Rapsspeiseöls von entscheidender Bedeutung. Hier ist darauf zu achten, dass die Rapssaat sehr rasch nach der Ernte schonend bei ca. 40 °C auf einen Wassergehalt von 7 % getrocknet wird, da bereits kurze Lagerzeiten mit höheren Wassergehalten zu einer gravierenden Verschlechterung der sensorischen Beurteilung der gewonnenen Öle führen. Bereits ein Wassergehalt von 9 % führte zu deutlichen Einbußen in der sensorischen Qualität der Öle. Es ist empfehlenswert, die gewonnenen Öle möglichst rasch, ohne längere Standzeiten des Öls auf dem Sediment zu reinigen. Die Filtration mit einer Kammerfilterpresse, führte im Vergleich mit einem kontinuierlichen Sedimentationsverfahren zu einer geringfügigen Verschlechterung der sensorischen Qualität der Öle.

Unter Berücksichtigung der im Vorhaben erarbeiteten Ergebnisse und den bereits existierenden Richtlinien für Speiseöle, wurden Kenngrößen für die Aufstellung eines Qualitätsstandards für kaltgepresstes Rapsspeiseöl vorgeschlagen. Hier ist vor allem die sensorische Beurteilung der Öle zu nennen, da Geschmack und Geruch für den Verbraucher das wichtigste Auswahlkriterium darstellen. Außerdem definieren sich native, kaltgepresste Öle in erster Linie durch ihren sensorischen Eindruck, so dass dieser Qualitätsaspekt von entscheidender Bedeutung ist. Daneben werden aber auch Kenngrößen aufgeführt, die es erlauben, die Öle hinsichtlich ihrer Oxidationsstabilität, des Nachweises einer schonenden Pressung sowie des Frischezustandes zu beurteilen.

Um den Markt der kaltgepressten Rapsspeiseöle für den Verbraucher transparenter zu gestalten, kann nun auf dieser Grundlage, von den interessierten Kreisen, ein Qualitätsstandard verabschiedet werden, der basierend auf den vorhandenen rechtlichen Vorgaben, ein qualitativ hochwertiges kaltgepresstes Rapsspeiseöl definiert. Die Beachtung der erarbeiteten Zusammenhänge ermöglicht die Produktion von kaltgepresstem Rapsspeiseöl mit gleichbleibend hoher Qualität, welches den Anforderungen des Qualitätsstandards entspricht und die Erwartungen der Verbraucher erfüllt.

Quellenverzeichnis

- [1] EUROPÄISCHE UNION (1991): Verordnung (EWG) Nr. 2568/91 der Kommission über die Merkmale von Olivenölen und Oliventresterölen sowie Verfahren zu ihrer Bestimmung ABl. Nr. L 248 vom 05.09.1991
- [2] APARICIO, R.; APARICIO-RUIZ, R. (2000): Authentication of vegetable oils by chromatographic techniques. In: Journal of Chromatography A, Volume 881, Nr. 1-2, S. 93-104
- [3] BARGALE, P. C.; SINGH, J. (2000): Oil Expression Characteristics of Rapeseed for A Small Capacity Screw Press. In: Journal of Food Science Technology, Jg. 37, S. 130-134
- [4] BELITZ, H.-D.; GROSCH, W.; SCHIEBERLE P. (2001): Lehrbuch der Lebensmittelchemie. 5. Auflage. Berlin: Springer-Verlag, 1059 Seiten
- [5] BERNESSON, S. (1990): Pressning av Rapsfrö pa Gardsniva – Forschungsbericht. Uppsala, Schweden: Institutionen för Landbruksteknik, Eigenverlag, 41 Seiten
- [6] BÖRNER, G.; SCHÖNEFELDT, J. (1999): Verfahrenstechnik der dezentralen Ölsaatenverarbeitung. In: Dezentrale Ölsaatenverarbeitung, KTBL Fachgespräch vom 24. - 25. Februar 1999 in Stuttgart-Hohenheim, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL), KTBL-Schriften-Vertrieb im Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup, S. 16-22
- [7] BRÜHL, L. (1995): Determination of Trans Fatty Acids in Cold Pressed Oils. In: European Journal of Medical Research, Nr.1, S. 89-93
- [8] BRÜHL, L.; FIEBIG, H.-J. (1995): Qualitätsmerkmale kaltgepresster Speiseöle. In: Fat Science Technology, Jg. 97, Nr. 6, S. 203-208
- [9] BUNDESANZEIGER (1999): Leitsätze für Speisefette und -öle. In: Deutsches Lebensmittelbuch: Leitsätze 2000, S. 303-315
- [10] BUNDESMINISTERIUM FÜR JUGEND, FAMILIE, FRAUEN UND GESUNDHEIT (1982): Verordnung über den Höchstgehalt an Erukasäure in Lebensmitteln (Erukasäure-Verordnung) vom 24. Mai 1977 (BGBl. I, S. 782) geändert durch Verordnung vom 26. Oktober 1982 (BGBl. I, S. 1446)
- [11] BUNDESMINISTERIUM FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ, ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (Hrsg.) (2004): Gesetz über den Verkehr mit Lebensmitteln, Tabakerzeugnissen, kosmetischen Mitteln und sonstigen Bedarfsgegenständen (Lebensmittel- und Bedarfsgegenstandesgesetz LMBG). BGBl I 1974, S. 1945, S. 1946; BGBl I; 1975, S. 2652. Stand: Neugefasst durch Bek. v. 9.9.1997, BGBl I, S. 2296; zuletzt geändert durch Art. 4 u. Art. 5 G v. 13. 5.2004, BGBl I, S. 934
- [12] CENTRALE MARKETING-GESELLSCHAFT DER DEUTSCHEN AGRARWIRTSCHAFT MBH (CMA) (Hrsg.) (2000): Raps-Speiseöl - Herstellung - Qualität - Markt – Absatz. In: Vorträge der 2. und 3. Rapsöltage. Bonn: CMA, Eigenverlag, 94 Seiten
- [13] CERT, A.; MOREDA, W.; PÉREZ-CAMINO, M. C. (2000): Chromatographic analysis of minor constituents in vegetable oils. In: Journal of Chromatography A, Volume 881, Nr. 1-2, S. 131-148
- [14] CODEX STANDARD FOR NAMED VEGETABLE OILS (CX-STAN 210-1999) (1999)

- [15] DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNG E.V. (Hrsg.) (2000): Ernährungsbericht 2000. Frankfurt: Druckerei und Verlag Heinrich GmbH, 394 Seiten
- [16] DUNNING, J. W. (1953): History and Latest Development in Expeller and Screw Press Operations on Cottonseed. In: Journal of American Oil Chemists' Society, Jg. 30, S. 486-492
- [17] GERTZ, C. (1990): Untersuchung und lebensmittelrechtliche Beurteilung von raffinierten und nicht raffinierten pflanzlichen Speiseölen und Fetten. In: Fat Science Technology, Jg. 90, Nr. 2, S. 45-50
- [18] GERTZ, C. (1993): Native und nicht raffinierte Speisefette und -öle. In: Fat Science Technology, Jg. 93, Nr. 4, S. 545-548
- [19] GOMBOS, J.; WOIDICH, H. (1987): Einfluß von Gewinnung und Verarbeitung auf die Inhalts- und Begleitstoffe der Pflanzenöle (Teil 2). In: Ernährung, Jg. 11, Nr. 8, S. 539-545
- [20] IRFAN, I.; PAWELZIK, E. (1999): The effect of rapeseed treatment by microwave and radio-frequency application on oil extraction and oil quality. Part 2: Influence on oil quality. In: Fett/Lipid, Jg. 101, Nr. 5, S. 168-171
- [21] JANSEN, H. D.; STEFFEN, M. C. (1992): Abpressen von Öl aus Nachwachsenden Rohstoffen. In: Die Mühle und Mischfuttertechnik, Jg. 129, Nr. 17, S. 211-214
- [22] JANSEN, H. D.; STEFFEN, M. CH. (1990): Ölgewinnung in kleinen und mittleren Anlagen durch Pressung und Extraktion. In: Pflanzliche Öle im chemisch-technischen Sektor – Tagungsband zum Expertenkolloquium am 12./13. November 1990 im Wissenschaftszentrum Bonn und Dokumentation der Forschungsvorhaben. Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Reihe A: Angewandte Wissenschaft, Heft 391, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup, S. 115-126
- [23] KLEIN, H. (1999): Erfahrungen aus den Untersuchungen von Nahrungsfetten und -ölen aus dem Handel - Teil 1. In: Ernährung, Jg. 23, Nr. 11, S. 452-460
- [24] KLEIN, H. (1999): Erfahrungen aus den Untersuchungen von Nahrungsfetten und -ölen aus dem Handel - Teil 2. In: Ernährung, Jg. 23, Nr. 12, S. 496-504
- [25] KLEIN, H. (2000): Erfahrungen aus den Untersuchungen von Nahrungsfetten und -ölen aus dem Handel - Teil 3. In: Ernährung, Jg. 24, Nr. 1, S. 9-18
- [26] KOLLMANN, I. (1991): Lagerverluste und Qualitätsveränderungen bei Ölraps. In: Raps, Jg. 9, Nr. 2, S. 92-95
- [27] NIEWIADOMSKI, H. (1990): Rapeseed - Chemistry and Technology. 1st ed. Vol.23. , Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 433 Seiten
- [28] OBERNDORFER, CH.; LÜCKE, W. (1999): The effect of rapeseed treatment by microwave and radio-frequency application on oil extraction and oil quality. Part 1: Influence on mechanical oil extraction. In: Fett/Lipid, Jg. 101, Nr. 5, S. 164-167
- [29] OBERNDORFER, CH.; PAWELZIK, E.; LÜCKE, W. (2000): Prospects for the application of dielectric heating processes in the pre-treatment of oilseeds. In: European Journal of Lipid Science Technology, Jg. 102, Nr. 7, S. 487-493
- [30] PATHAK, P. K.; AGRAWAL, Y. C.; SINGH, B. P. N. (1991): Effect of Elevated Drying Temperature on Rapeseed Oil Quality. In: Journal of American Oil Chemists' Society, Jg. 68, Nr. 8, S. 580-582

- [31] PETERSON, C. L.; AULD, D. L.; THOMPSON, J. D. (1983): Experiments with vegetable oil expression. In: Transactions of the ASAE, Jg. 26, Nr. 5, S. 1298-1302
- [32] POKORNY, J.; et al. (1993): Quality Criteria of Crude Rapeseed Oil. In: Proceedings of the World Conference on Oilseed Technology and Utilization, American Oil Chemists' Society, IL, S. 420-421
- [33] PRIOR; M., E.; VADKE; S., V.; SOSULSKI; W., F. (1991): Effect of heat treatments on canola press oils. Part 1: Non-triglyceride components. In: Journal of the American Oil Chemists' Society, Jg. 68, S. 401-406
- [34] PRIOR; M., E.; VADKE; S., V.; SOSULSKI; W., F. (1991): Effect of heat treatments on canola press oils. Part 2: Oxidative stability. In: Journal of the American Oil Chemists' Society, Jg. 68, S. 407-411
- [35] REMMELE, E.; THUNEKE, K.; WIDMANN, B.; WILHARM, T.; SCHÖN, H. (2000): Begleitforschung zur Standardisierung von Rapsöl als Kraftstoff für pflanzenölaugliche Dieselmotoren in Fahrzeugen und Blockheizkraftwerken. – Endbericht zum Forschungsvorhaben. „Gelbes Heft“ Nr. 69. München: Hrsg. und Druck: Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, 217 Seiten
- [36] REMMELE, E.; WIDMANN, B.; BREUN, J.; ROCKTÄSCHEL, A. (2000): Reinigung kaltgepresster Pflanzenöle aus dezentralen Anlagen - Endbericht zum Forschungsvorhaben. „Gelbes Heft“ Nr. 75, München: Hrsg. und Druck: Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, 161 Seiten
- [37] ROYAL SWEDISH ACADEMY OF SCIENCE (1993): First international symposium on rapeseed oil in human nutrition. In: Scandinavian Journal of Nutrition, Jg. 37, S. 49-71
- [38] SCHNEIDER, F. H. (1979): Schälung von Rapssaat durch definierte Verformung. Teil 1: Untersuchungen zur Saatanatomie. In: Fette Seifen Anstrichmittel, Jg. 81, S. 11-16
- [39] SCHNEIDER, F. H. (1979): Schälung von Rapssaat durch definierte Verformung. Teil 2: Untersuchungen zum Schälverhalten. In: Fette Seifen Anstrichmittel, Jg. 81, S. 53-59
- [40] SCHNEIDER, F. H.; KHOO, D. (1986): Trennpresen - Versuch einer Bestandsaufnahme experimenteller Arbeiten. In: Fette Seifen Anstrichmittel, Jg. 88, S. 329-340
- [41] SCHNEIDER, F. H.; RAß, M. (1997): Trennpresen geschälter Rapssaat - Zielsetzung und verfahrenstechnische Probleme. In: Fett/Lipid, Jg. 99, S. 91-98
- [42] STÖVER H.-M.; MÜNCH, E.-W.; SITZMANN, W. (1988): Gewinnung von Mineralölsubstituten aus Ölsaaten. In: Fat Science Technology, Jg. 90, Nr. 12, S. 547-550
- [43] TRAUTWEIN, E. A.; RIECKHOF, D.; KUNATH-RAU, A.; ERBERSDOBLER, H. F. (1999): Replacing saturated fat with PUFA-rich (sunflower oil) or MUFA-rich (rapeseed, olive and high-oleic sunflower oil) fats resulted in comparable hypocholesterolemic effects in cholesterol-fed hamsters. In: Annals of Nutrition and Metabolism, Jg. 43, S. 159-172
- [44] VELDSINK, J. W.; et al. (1999): Heat pretreatment of oilseeds: effect on oil quality. In: Fett/Lipid, Jg. 101, S. 244-248
- [45] WIDMANN, B.A. (1992): Qualitätskriterien bei der Gewinnung von Pflanzenölen in Kleinanlagen für die Nutzung als nachwachsende Rohstoffe. In: Kurzfassung der Vorträge zur 50. int. Tagung LANDTECHNIK am 22./23. Oktober, Freising-Weihenstephan, VDI-Verlag, S. 135-136

- [46] WIDMANN, B.A. (1994): Gewinnung und Reinigung von Pflanzenölen in dezentralen Anlagen - Einflussfaktoren auf die Produktqualität und den Produktionsprozess. „Gelbes Heft“ Nr. 51. München: Hrsg. und Druck: Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, 217 Seiten
- [47] WIDMANN, B.A. (1994): Verfahrenstechnische Maßnahmen zur Minderung des Phosphorgehaltes von Rapsöl bei der Gewinnung in dezentralen Anlagen. In: Forschungsbericht Agrartechnik, MEG Nr. 262. Institut für Landtechnik Weihenstephan
- [48] WIDMANN, B.A. (1994): Verfahrenstechnische Maßnahmen zur Minderung des Phosphorgehaltes von Rapsöl bei der Gewinnung in dezentralen Anlagen. Dissertation, Arbeitskreis Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft (Weihenstephan), 157 Seiten
- [49] WIDMANN, B.A. (1998): Production of vegetable oils in decentral plants and aspects of quality management - Investigations on plants in practice to optimise the process. In: Biomass for Energy and Industry, Proceedings of the International Conference Würzburg, Germany, 8-11 June 1998, Rimpf, Deutschland: C.A.R.M.E.N., S. 124-127
- [50] WIDMANN, B.A. (1999): Vegetable Oil Production in Decentralised Plants and Aspects of Quality Management - Investigations at Plants in Practice to Optimise the Process. In: Energy and Agriculture towards the Third Millennium , Agriculture Unicultural University of Athens, S. 236-243
- [51] WIDMANN, B.A.; STELZER, T.; REMMELE, E.; KALTSCHMITT, M. (2001): Produktion und Nutzung von Pflanzenölkraftstoffen. In: Energie aus Biomasse: Grundlagen, Techniken und Verfahren, M. Kaltschmitt; H. Hartmann (Hrsg.), Springer Verlag, S. 537-583
- [52] WILLNER; T.; JESS; U.; WEBER; K. (1997): Effect of process parameters on the balance of tocopherols in the production of vegetable oils. - Fett/Lipid, Jg. 99, S. 138-147
- [53] ZAJIC, J.; BARES, M.; VOLHEIN, E.; CMOLIK, I. (1986): Über den Einfluß der Klimatisierung auf den Gehalt an Phospholipiden im gepressten Rapsamenöl. – Fette Seifen Anstrichmittel (88 Seiten). 67-69

Berichte im Rahmen dieser Schriftenreihe

Berichte aus dem TFZ:

| | |
|---|---|
| 1 | Qualitätssicherung bei der dezentralen Pflanzenölerzeugung für den Nicht-Nahrungsbereich Projektphase 1: Erhebung der Ölqualität und Umfrage in der Praxis |
| 2 | Erprobung der Brennwerttechnik bei häuslichen Holzhackschnitzelheizungen mit Sekundärwärmetauscher |
| 3 | Daten und Fakten zur dezentralen Ölgewinnung in Deutschland |
| 4 | Untersuchungen zum Feinstaubausstoß von Holzzentralheizungsanlagen kleiner Leistung |
| 5 | Qualität von kaltgepresstem Rapsöl als Speiseöl und Festlegung eines Qualitätsstandards |

