

Erstellung eines Konzeptes zu den  
Möglichkeiten der Verbesserung der  
Wertschöpfungskette von Ölpres-  
kuchen nach wirtschaftlichen, ökolo-  
gischen und technischen Kriterien

W. Serro

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

**35/2009**

## **Impressum:**

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:  
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien  
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Bestellmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

# Erstellung eines Konzeptes zu den Möglichkeiten der Verbesserung der Wertschöpfungskette von Ölpres- kuchen nach wirtschaftlichen, ökolo- gischen und technischen Kriterien

Walter Serro, Dr. Helmut Markus Knoflacher,  
Dr. Alexander Kaufmann, Doz. Dr. Joseph Strauss,  
DI Dragana Bandian  
AIT Austrian Institute of Technology GmbH

Seibersdorf, Juni 2009

**Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie**



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie



## Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus der Programmlinie FABRIK DER ZUKUNFT. Sie wurde im Jahr 2000 vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie im Rahmen des Impulsprogramms Nachhaltig Wirtschaften als mehrjährige Forschungs- und Technologieinitiative gestartet. Mit der Programmlinie FABRIK DER ZUKUNFT sollen durch Forschung und Technologieentwicklung innovative Technologiesprünge mit hohem Marktpotential initiiert und realisiert werden.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements und der großen Kooperationsbereitschaft der beteiligten Forschungseinrichtungen und Betriebe konnten bereits richtungsweisende und auch international anerkannte Ergebnisse erzielt werden. Die Qualität der erarbeiteten Ergebnisse liegt über den hohen Erwartungen und ist eine gute Grundlage für erfolgreiche Umsetzungsstrategien. Anfragen bezüglich internationaler Kooperationen bestätigen die in FABRIK DER ZUKUNFT verfolgte Strategie.

Ein wichtiges Anliegen des Programms ist es, die Projektergebnisse – seien es Grundlagenarbeiten, Konzepte oder Technologieentwicklungen – erfolgreich umzusetzen und zu verbreiten. Dies soll nach Möglichkeit durch konkrete Demonstrationsprojekte unterstützt werden. Deshalb ist es auch ein spezielles Anliegen die aktuellen Ergebnisse der interessierten Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen, was durch die Homepage [www.FABRIKderZukunft.at](http://www.FABRIKderZukunft.at) und die Schriftenreihe gewährleistet wird.

Dipl. Ing. Michael Paula  
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie



# Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzfassung .....</b>	<b>1</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>2</b>
<b>Projektabriss .....</b>	<b>3</b>
<b>Bericht .....</b>	<b>7</b>
<b>1. Einleitung .....</b>	<b>7</b>
1.1. Motivation und Basisdaten .....	7
1.2. Bestehende Situation .....	8
1.2.1 Vermarktung von Presskuchen aus der Rapsölproduktion .....	8
1.2.2 Preisentwicklung .....	9
1.3. Optionen der Eiweißnutzung von Rapskuchen .....	10
1.3.1. Marktrelevante Eigenschaften von Rapskuchen in der Futtermittelerzeugung .....	10
1.3.2. Marktrelevante Eigenschaften von Rapskuchen in der Nahrungsmittelproduktion .....	13
1.3.3. Sonstige Verwendungsoptionen .....	16
<b>2. Untersuchungen im Labormaßstab .....</b>	<b>17</b>
2.1. Untersuchungsstrategie mit Puffersystemen bzw. Zusatz von Enzymen und Pilzextrakten .....	17
2.1.1. Proteinanalytik.....	19
2.1.2. Untersuchungsergebnisse .....	19
2.2.1. Versuchsreihe 1 – Extraktion mit deionisiertem Wasser - Verteilungsraten .....	26
2.2.2. Versuchsreihe 2 – Extraktionsverhalten bei unterschiedlichen pH- Werten .....	28
<b>3. Ergebnisse der Studie und Schlussfolgerungen.....</b>	<b>30</b>
3.1. Arbeitspaket 1 .....	30
3.2. Arbeitspaket 2 .....	33
3.3. Arbeitspaket 3 .....	33
3.4. Arbeitspaket 4 .....	34
3.5. Arbeitspaket 5 .....	34

3.6.	Verbesserung der Wertschöpfung eines Folgeproduktes.....	34
3.7.	Zusammenfassung der Ergebnisse .....	36
<b>4.</b>	<b>Ausblick und weiterführende Untersuchungen.....</b>	<b>38</b>
<b>5.</b>	<b>Literatur und Patente .....</b>	<b>39</b>
5.1.	Literatur, Verordnungen.....	40
5.2.	Patente .....	43
<b>6.</b>	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>48</b>
<b>7.</b>	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>48</b>



## Kurzfassung

Die Standardvermarktung von Rapspresskuchen als Tierfutter bringt für die verarbeitenden Unternehmen wegen der relativ niedrigen Marktpreise nur geringe Zusatzeinnahmen bei der Gewinnung von Öl aus Rapssaat. Für die verarbeitenden Unternehmen ist es deshalb sinnvoll, Optionen für höhere Wertschöpfungen aus der Verarbeitung von Presskuchen zu untersuchen. Neben ökonomisch wenig ertragreichen Vermarktungswegen als Brennstoff oder Bodenverbesserungsmittel wird vielfach die Extraktion und getrennte Vermarktung von Proteinen als ökonomisch ertragreiche Variante diskutiert.

Zur Abklärung der damit verbundenen Fragestellungen wurde in diesem Projekt ein zweistufiger Untersuchungsansatz gewählt. Ausgerichtet auf die Zielgruppe der KMU's wurden in der ersten Stufe verschiedene technische Verfahren für die Gewinnung von Proteinen aus Rapspresskuchen vergleichend getestet. Ziel dieser Tests war die Suche nach technisch leicht beherrschbaren Verfahren mit ausreichender Selektivität für die Gewinnung von Proteinen aus Presskuchen.

So wurde in experimentellen Untersuchungen im Labormaßstab ein innovatives Verfahren zur nativen Proteinextraktion in wässriger Lösung bei Raumtemperatur durch Zusatz spezieller Enzyme und Pilzextrakten entwickelt, deren technische Machbarkeit überprüft und nach positivem Ergebnis im Zuge einer Parameterstudie hinsichtlich Extraktionsausbeute optimiert. Eine weitere Methode welche zu einer weitgehenden Anreicherung der Proteine von den stickstofffreien Extraktstoffen und Schalen führt, wurde in experimentellen Versuchen auf deren zu erreichbaren Ausbeuten geprüft.

In der zweiten Stufe wurden die Marktbedingungen für Proteine aus Rapspresskuchen und von alternativen Verwertungsmöglichkeiten für KMU's auf den Grundlagen von Literatur- und Marktanalysen untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass der potenzielle Markt für Proteine aus Rapskuchen gegenwärtig von Produkten aus Sojabasis beherrscht wird. Einzelne Versuche mit Rapsproteinen haben nach mehr als zehnjähriger Entwicklungszeit noch keinen Durchbruch am Markt erreicht. Der Einstieg in diese Vermarktungsschiene ist speziell für KMU's mit sehr hohen ökonomischen Risiken und langen Vorlaufzeiten für Verfahrensentwicklung, Absicherung des Know-hows, Einholung der erforderlichen Zertifizierungen und dem Aufbau von Vertriebschienen verbunden. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist aus ökonomischen Gründen die Verfolgung dieses Vermarktungsweges nur bei ausreichender Verfügbarkeit von Risikokapital zu empfehlen.

Speziell unter den österreichischen Rahmenbedingungen bietet sich jedoch als Marktnische für KMU's die spezialisierte Verarbeitung von Presskuchen aus gentechnisch nicht veränderter Rapssaat als Futtermittel für biologisch arbeitende Betriebe an. Die Qualität der Futtermittel kann dabei durch die Schälung der Rapssaat vor dem Pressvorgang noch erhöht werden.

## Abstract

Sales of rapeseed press cake (RPC) as animal feed is seen to be of low profit as market value is comparable low regarding additional earnings for rapeseed oil producing companies. Thus, RPC manufacturing businesses are looking for alternatives promising higher value products. More recently, extraction and independent commercialization of proteins derived from RPCs as a by-product of rapeseed oil extraction seems to be more economically viable than commercialization of fuels or organic fertilizers.

Here we elucidate the viability of the production and commercialization of RPC derived proteins in the context of small and medium-sized enterprises (SMEs). Underlying a two-stage approach, we first surveyed and evaluated different processes for protein extraction of RPC. By doing so, we focused on finding procedures with ease of operation features without compromising adequate selectivity of protein extraction. During the second phase of the project, market conditions for RPC derived proteins and other alternatives for the utilization of RPC were investigated on the basis of literature research and market analysis.

Of particular interest of this project was the survey of an innovative procedure for enzyme and fungi-mediated protein extraction in aqueous solution at room temperature, allowing for a gentle treatment by maintaining the functional state of the proteins. A technical feasibility study was followed by optimizing extraction yields of this new procedure on a lab-scale basis. A different procedure resulting in the partial separation of hulls and nitrogen-free organic components from the proteins, and more importantly the concentration of the proteins themselves, was subject to further investigation.

The findings of the market analysis showed that at present, the market is dominated by soya-derived proteins. Even though few businesses dealing with RPC derived proteins are currently present on the market since more than 10 years, they did not yet achieve any major success. Market entry, for SMEs in particular, is afflicted with safeguarding intellectual property rights, approval of audits, and finding access to the market; and more importantly bares high economic risks as time to market in process development is long and exhaustive. Noteworthy, we like to highlight that pushing the commercialization of RPC derived proteins is only recommended when sufficient venture capital is provided, particularly concerning the present situation on the financial market.

By all means, the specialization of SMEs on further utilization of GMO-free RPC is seen to be a market niche, in particular for organic-certified businesses within the Austrian regulatory context. Moreover, conducting a separation step in order to remove hulls residues further upstream of the press process provides additional incentives for businesses as it results in high-quality animal feed.

# Projektabriss

## 1. Ausgangssituation - Motivation

Die Standardvermarktung von Rapspresskuchen als Tierfutter bringt für die verarbeitenden Unternehmen wegen der relativ niedrigen Marktpreise nur geringe Zusatzeinnahmen bei der Gewinnung von Öl aus Rapssaat. Für die verarbeitenden Unternehmen ist es deshalb sinnvoll, Optionen für höhere Wertschöpfungen aus der Verarbeitung von Presskuchen zu untersuchen. Neben ökonomisch wenig ertragreichen Vermarktungswegen als Brennstoff oder Bodenverbesserungsmittel wird vielfach die Extraktion und getrennte Vermarktung von Proteinen als ökonomisch ertragreiche Variante diskutiert.

## 2. Inhalte und Zielsetzungen

Inhalt und Ziel der Studie war die Erstellung eines Konzeptes für KMU's, in der auf Basis von Marktrecherchen und –analysen sowie experimentellen Untersuchungen im Labormaßstab nach ökologischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten neue Verwertungsmöglichkeiten für den bei der Ölgewinnung anfallenden Rapspresskuchen angestrebt wurden.

Die Marktrecherchen bzw. –analysen erfolgten in zwei Stufen, wobei in der ersten Stufe die bestehende Situation hinsichtlich Vermarktungsbedingungen, die Preisentwicklung, sowie die Beurteilung der Inhaltsstoffe eingehend hinterleuchtet wurden. In der zweiten Stufe wurde dann Bezug genommen auf alternative Verwertungsmöglichkeiten für KMU's genommen.

Basierend auf einer Literatur- und Patentrecherche wurde in experimentellen Untersuchungen im Labormaßstab neue Verfahren auf deren technische Machbarkeit geprüft und optimiert.

## 3. Methodische Vorgehensweise

### 3.1. Marktrecherche und -analyse

Für einzelne Verwendungsbereiche, beispielsweise in der Tierfutterproduktion, besteht bereits ein etablierter Markt für Ölpreskuchen ([www.ufop.de](http://www.ufop.de)). In anderen Verwendungsbereichen kann die Marktfähigkeit des Produktes hingegen erst nach weiteren Entwicklungsarbeiten erwartet werden. Hier stellt sich aber auch die Frage, ob die dabei erwarteten Produkte auch zu konkurrenzfähigen Preisen auf den Märkten untergebracht werden können.

Neben ökonomischen Aspekten sind für die Verwertbarkeit der Produkte aber auch ihre Qualität und die mit der Verwertung verbundenen Auswirkungen auf die Umwelt von großer Bedeutung. Zusatzaufwendungen für die Verbesserung der Produktqualität oder zur Vermeidung

von Umweltbelastungen können sich als entscheidende Markteintrittsbarrieren erweisen. Die Marktanalyse wurde deshalb als zweistufiges Verfahren geplant und durchgeführt.

In der ersten Stufe wurden jene potenziellen Produkte aus Ölpressekuchen ausgeschieden, bei denen zur Erreichung der notwendigen Qualitätsniveaus oder Umweltstandards aufwendige Aufbereitungsverfahren eingesetzt werden müssen. Grundlagen für diese Bearbeitungsstufe waren Interviews mit ausgewählten Produzenten und potenziellen Nutzern. Mit den verbleibenden Produktoptionen wurde eine Sensitivitätsanalyse über die Auswirkungen der Einführung neuer Produkte auf die Marktsituation von Ölpressekuchen durchgeführt.

Betreffend die verfahrenstechnischen Untersuchungen wurden nachstehende zwei Vorfelduntersuchungen im Labormaßstab durchgeführt, die durch die vorangegangene Recherche als aussichtsreich erachtet wurden.

### **3.2. Native Proteinextraktion aus Rapspresskuchen**

In experimentellen Untersuchungen im Labormaßstab wurde versucht Rohfaser mit Hilfe spezieller Enzyme und Pilzextrakte abzuverdauen, um die Proteine anschließend durch schonende Extraktionsmethoden zu gewinnen. Dabei wurden wässrige gebufferte Lösungen, die zu einer nicht-denaturierenden Extraktion führen angewendet

Anschließend wurde die Proteinlösung durch Zentrifugationsschritte konzentriert und anschließend durch Gefriertrocknung konserviert. Die Überprüfung der nativen Struktur der beiden Hauptproteine erfolgt durch nicht-denaturierende Polyacrylamid-Gelelektrophorese (PAGE) und Bestimmung der Mengenausbeute.

### **3.3. Schlämmung des Rapsschrotes in deionisiertem Wasser**

Als technologisch vereinfachtes Verfahren zur enzymatischen Proteinextraktion (Punkt 3.2.) wurde in Laborexperimenten die wässrige Extraktion mit anschließender Klassierung der beiden festen Fraktionen (stickstofffreie Extraktstoffe+Schalen- und Protein- angereichert) auf deren Trenneffizienz untersucht.

## **4. Ergebnisse**

Die Ergebnisse der Marktrecherche zeigen, dass der potenzielle Markt für Proteine aus Rapskuchen gegenwärtig von Produkten aus Sojabasis beherrscht wird. Einzelne Versuche mit Rapsproteinen haben nach mehr als zehnjähriger Entwicklungszeit noch keinen Durchbruch am Markt erreicht. Der Einstieg in diese Vermarktungsschiene ist speziell für KMU's mit sehr hohen ökonomischen Risiken und langen Vorlaufzeiten für Verfahrensentwicklung, Absicherung des Know-hows, Einholung der erforderlichen Zertifizierungen und dem Aufbau von Vertriebsschienen verbunden.

Der experimentelle Teil der Studie beinhaltet die Entwicklung eines innovativen Verfahrens zur nativen Proteinextraktion in wässriger Lösung bei Raumtemperatur durch Zusatz speziell-

ler Enzyme und Pilzextrakten. Das Verfahren wurde im Labormaßstab auf deren technische Machbarkeit überprüft und nach positivem Ergebnis in einer Parameterstudie optimiert. Mit diesem Verfahren können > 95 % der Proteine nativ extrahiert werden

Weiters wurde im Labormaßstab eine weitere (lower efficiency) Methode, basierend auf einer wässrigen Extraktion mit anschließender Klassierung in einer Zentrifuge auf deren erzielbare Trennleistung untersucht. Dabei wurde eine weitgehende Trennung der Proteine von den Schalen- sowie stickstofffreien organischen Anteile von den Proteinen erreicht (Masseverteilungsraten festgestellt. etwa 80:20 % bei Protein und etwa 70:30 bei stickstofffreien Extraktstoffen und Schalen).

Der mit stickstofffreien Extaktstoffen und Schalen angereicherte Anteil ist von dunkelbrauner granulatformige Konsistenz mit einem hohen Speichervermögen an Wasser. Der proteinangereicherten Anteil von grün-oliver, pastöser Konsistenz, auf und in dem ein rasches und intensives Aufwachsen von Mikroorganismen (Pilze) zu beobachten ist.

Zusammenfassend lassen sich aus der Marktrecherche und den experimentellen Laboruntersuchungen nachstehende Schlussfolgerungen ableiten.

Speziell unter den österreichischen Rahmenbedingungen bietet sich für KMU-Betriebe eine Chance an, den Rapspresskuchen gewinnbringend zu vermarkten, in dem sie bei ihrer Rohstoffauswahl das Augenmerk auf gentechnisch nicht veränderte Rapssaaten (ökologische Landwirtschaft) legen und die Haupt- und Folgeprodukte mittels Zertifizierung für den Einsatz in der ökologischen Landwirtschaft absichern. Denn aufgrund der in Zukunft rückläufig zu erwartenden Verfügbarkeit von Presskuchen aus gentechnikfreien Soja, wird naturgemäß die Nachfrage für Ersatzprodukte im ökologischen Landwirtschaftsbereich ansteigen.

Einen verfolgenswerten Vermarktungsansatz lieferte die Marktrecherche beim Qualitätsvergleich zwischen Rapsextraktionsschrot und Sojaextraktionsschrot, wo ersichtlich hervorgeht, dass es lediglich einem Zusatz von nutzbarem Lysin bedarf, um eine qualitative Gleichstellung mit dem Sojaschrot als Futtermittel zu erzielen. Durchaus überlegenswert ist in diesem Zusammenhang die Herstellung eines "design taylored" Eiweißfutters durch Zusatz der fehlenden Proteinmenge an nutzbarem Lysin.

Weiters gehen aus der Marktrecherche und –analyse hervor, dass die Schwankungsbreiten zwischen Raps, Rapsöl und Rapspresskuchen hinsichtlich Angebot und Nachfrage beim Rapspresskuchen sichtbar stabiler entwickelten als beim Rapsöl, womit der Rapspresskuchen mit einem geringeren Preisverfall konfrontiert wurde. Dies rechtfertigt, dass es trotz ökologischer Anfechtung des Rapsanbaus für die Treibstoffgewinnung es sinnvoll ist, Bemühungen in eine Verbesserung der Wertschöpfung eines Folgeproduktes zu setzen.

Gerade für den vorliegenden Fall, wo lediglich etwa 30 % der Rohstoffmenge als Hauptprodukt anfallen ist für das Anstreben einer Wertschöpfungsmaximierung eine umfassende Betrachtung (Haupt- und Folgeprodukte sowie die gesamte Technologie) nach technologischen

und wirtschaftlichen Kriterien erforderlich. So kann z. B. ein innovatives Verfahren zur nativen Proteinextraktion bei Raumtemperatur in die gesamte Technologie eingreifen und die Wertstoffschöpfung steigern, wenn die Proteine an die Nahrungsmittel- und Kosmetikindustrie vermarktbar sind.

Zieht man die Futtermittelvariante in Betracht, so fällt der Abtrennung der Schalenanteile mit den mindernden Inhaltsstoffen, den Glucosinolaten, Tannine, Phytate und Sinopine im Vorfeld eine hohe Bedeutung zu. Dies kann auf wirtschaftliche Weise mit einem Schalenseparator erfolgen. Durch die Trockenschälung wird die Qualität aufgrund der besseren Verdaulichkeit des Futters angehoben. In diesem Zusammenhang wäre noch zu untersuchen, in welchem Ausmaß die Schälung im Vorfeld den Pressvorgang verändert (z. B. geringere Energieeintrag und niedrigere Temperaturen) bzw. die Ölausbeute und Qualität des Öles gesteigert werden kann.

Eine deutliche Hebung des der Futtermittelqualität als Eiweißfutter kann mit der im Rahmen dieser Studie untersuchten wässrigen Extraktion mit anschließender Klassierung in einen proteinangereicherten Anteil und den stickstofffreien Extrakten + Schalenanteile erzielt werden. Die Laboruntersuchungen zeigen, dass bei einer zu erwartenden Mengenausbeute von etwa 70 - 75 % eine deutliche Proteinanreicherung erzielt werden kann. Allerdings ist aufgrund der großen Mengen an enthärtetem Wasser ein zusätzlich technologischer Aufwand für die Kreislaufführung des Wassers erforderlich, da maximal 10 – 15 Massen-% an Presskuchen bezogen auf die Wassermenge eingerührt werden können. Für die Kreislaufführung des Wassers eignet sich ein druckbetriebenes Membranverfahren. Außerdem muss der Anteil an gelöstem Protein im proteinangereicherten Anteil über Verdampfer aufkonzentriert und getrocknet werden. Auch für den Anteil der stickstofffreien Extrakte und Schalen ist eine Trocknung vorzusehen.

Der Anteil mit den stickstofffreien Extraktstoffen und Schalen kann als Torfersatz oder Kompoststarter verwendet werden. Diese Variante ist noch in Labor- und Feldversuchen auf deren Effizienz ihrer gewählten Anwendung zu überprüfen. In diesem Zusammenhang soll auch der Rapspresskuchen per se auf dessen Eignung als Bodenhilfsstoff bzw. als Kompoststarter untersucht werden. Zum einen, wegen seiner wasserspeichernden Eigenschaft und zum anderen weil gerade die Rapspflanze eine intensive Stickstoffdüngung benötigt und damit ein Großteil des Stickstoffaufwandes aus mineralischen Düngern durch eine Wiedereinbringung als Stickstoff-Dünger in den Boden eingespart werden könnte. Auch die Beobachtung des schnellen Aufwachsens von Mikroorganismen (Pilzen) besonders bei der proteinangereicherten Fraktion aus der wässrigen Extraktion lässt auf hervorragende Eigenschaften für den Einsatz als Bodenverbesserungsmittel schließen.

# Bericht

## 1. Einleitung

### 1.1. Motivation und Basisdaten

Die im Rahmen der Fabrik der Zukunft (4. Ausschreibung Impulsprogramm "Nachhaltig Wirtschaften") geförderte Studie diente der Erstellung eines Konzeptes, in welchem nach ökologischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten die unterschiedlichen bestehenden Verwertungsmöglichkeiten für den bei Kaltpressung von Raps anfallenden Presskuchen dargestellt und bewertet werden. Außerdem wurde im Zuge von experimentellen Untersuchungen im Labormaßstab ein neuer Verfahrensweg zur nativen Isolierung von Eiweißstoffen aus dem Presskuchen auf deren technische Machbarkeit überprüft.

Bei der Kaltpressung von Ölsaaten fällt ca. 65 % der Ausgangsmenge als Presskuchen an. Dieser setzt sich am Beispiel von Rapssaat wie folgt zusammen aus:

- ca. 40 % Stickstofffreie organische Stoffe
- ca. 35 % Proteine
- ca. 15 % Triglyceride
- ca. 10 % Rohfaser

Die große Anzahl an unterschiedlichen Stoffen bietet eine Vielzahl an Verwertungsmöglichkeiten an. In der Literatur findet man zu diesem Thema viele wissenschaftliche Untersuchungen sowie einige Patente u. a. zur verfahrenstechnischen Extraktion der Eiweißstoffe.

Im Rapskuchen sind die Eiweißstoffe Globulin (Cruziferin), welches etwa 50 % - und den Albumin (Napin), welches etwa 40 % des Eiweißanteils abdeckt, enthalten. Das Cruziferin ist ein Oligomer mit einer relativen Molmasse von ca. 360 kDa. Es besteht aus 6 Untereinheiten zu je einer sauren hydrophilen und einer basisch hydrophoben Polypeptidkette, welche über zwei Disulfidbrücken in nicht konvalenten Bindungen verknüpft sind. Das Cruziferin ist in wässriger Lösung löslich. Das Napin hat eine relative Molmasse von 12 – 15 kDa, ist stark basisch und über einen weiten pH-Bereich in Wasser löslich. Die Disulfidbrücken gewährleisten eine kompakte Struktur.

Aus dieser Zusammensetzung ist ersichtlich, dass bei Anwendung einer entsprechenden Technologie (Separation) höherwertige Produkte gewonnen werden können. So kann z. B. mit einem schonenden Trennprozess hochwertige Eiweißstoffe für die Lebens- und Genussmittelindustrie und Kosmetik gewonnen werden. Weiters ist das Fettsäuremuster der noch im Kuchen verbliebenen Triglyceride zu untersuchen. Für die praktische Verwertung ist auch die

Situation der Reststoffe nach der Trennung nach technischen und marktwirtschaftlichen Kriterien zu prüfen.

Die Verwertungsszenarien gehen von nachstehenden Möglichkeiten (Punkte a. bis k) aus, wobei als Hauptprodukte die Punkte a bis d angestrebt werden. Nachstehende Punkte werden unter Gesichtspunkt "Reststoffe" betrachtet, welche theoretisch gewonnen werden können:

- a. Verwertung von Wertstoffen in der Kosmetik (native Extraktion)
- b. Verwertung von Wertstoffen für die Genuss- und Lebensmittelindustrie
- c. Verwertung der Mineralstoffe als Futterzusatz (wirtschaftliche Ausbeute)
- d. Extraktion mehrfach ungesättigter Fettsäuren, Verwertung
- e. Eiweißersatz für Tierfutter
- f. Verwertung als Heizstoff, technologischer Aufwand für Abtrennung der Proteine
  
- g. Verwertung als organischer Dünger, Untersuchungen über N-Eintrag in Boden (Bio-Verordnung, ev. Biodünger)
- i. Verwertung im Straßenbau (Zusatz bei Asphaltherstellung)
- j. Zusatz zur Holzkohle für Holzvergasung
- k. Verwertung für die Herstellung von Biogas

Die Untersuchungen im Rahmen dieses Projektes berücksichtigen die Handlungsspielräume von KMU's und konzentrieren sich auf die Punkte b, d, e und g. Angestrebt wird hierbei eine optimierte Verwertungskette aller Produkte.

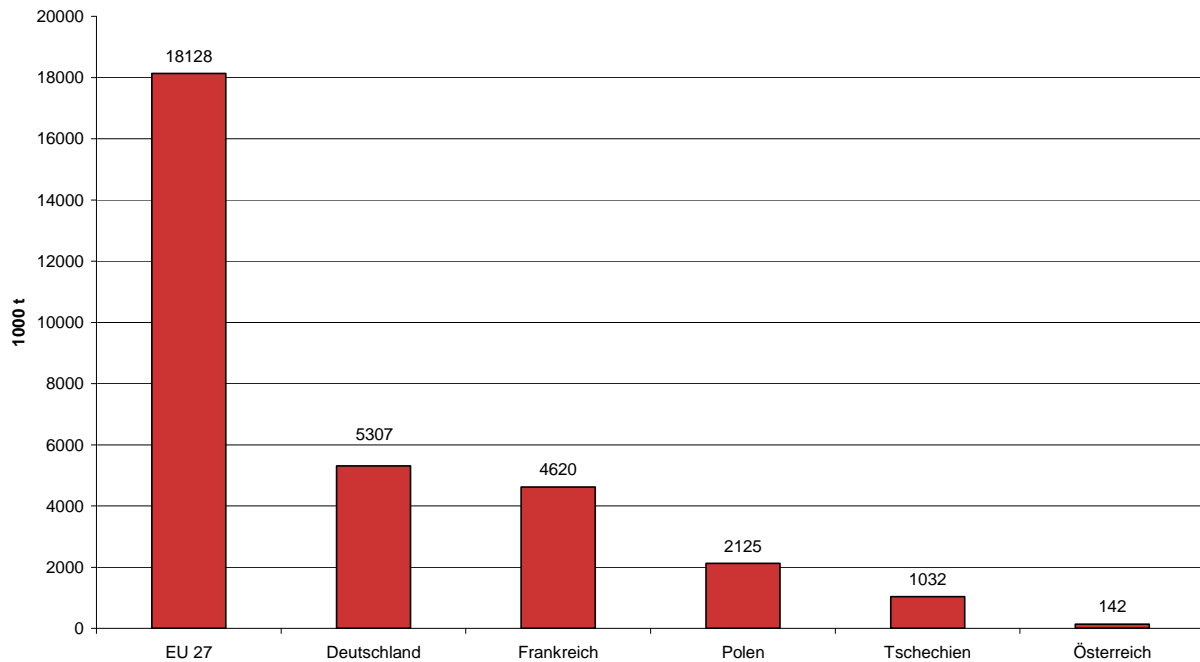
## **1.2. Bestehende Situation**

### **1.2.1 Vermarktung von Presskuchen aus der Rapsölproduktion**

Die Verarbeitungsverfahren und Vermarktungswege von dezentralen Ölsaatenverarbeitungsanlagen wurden für Deutschland, dem Hauptproduzenten von Raps in der EU (Abbildung 1), in einer Befragung erhoben (Uhl et al. 2007). Von den 155 erfassten Betrieben wiesen 37 % Verarbeitungskapazitäten bis 50 kg Rapssaar pro Stunde, 25 % zwischen 50 und 150 kg/h, 25 % zwischen 150 und 500 kg/h, 10% zwischen 500 und 1000 kg/h sowie 4% über 1000 kg/h. Als Produktionsschwerpunkte gaben 72% Rapsölkraftstoff, 13% Speiseöl, 8% Futteröl und 7% Sonstiges an. Ältere, vor 2005 in Betrieb gegangene, Unternehmen sind stärker auf die Produktion von Öl für den Lebens- und Futtermittelmarkt ausgerichtet als neu gegründete Unternehmen, die überwiegend (83%) für den Kraftstoffmarkt produzieren. Die anfallenden Pressrückstände werden zu 58% an Futtermittelwerke abgegeben, zu 42% als Einzelfuttermittel vermarktet, zu 0,1% in Verbrennungsanlagen, 0,05% in Biogasanlagen und zu 0,001% in Kompostieranlagen verarbeitet. Insgesamt werden also fast 100% der Pressrückstände als Futtermittel verwertet.



Rapserte 2007 in der EU und ausgewählten Ländern

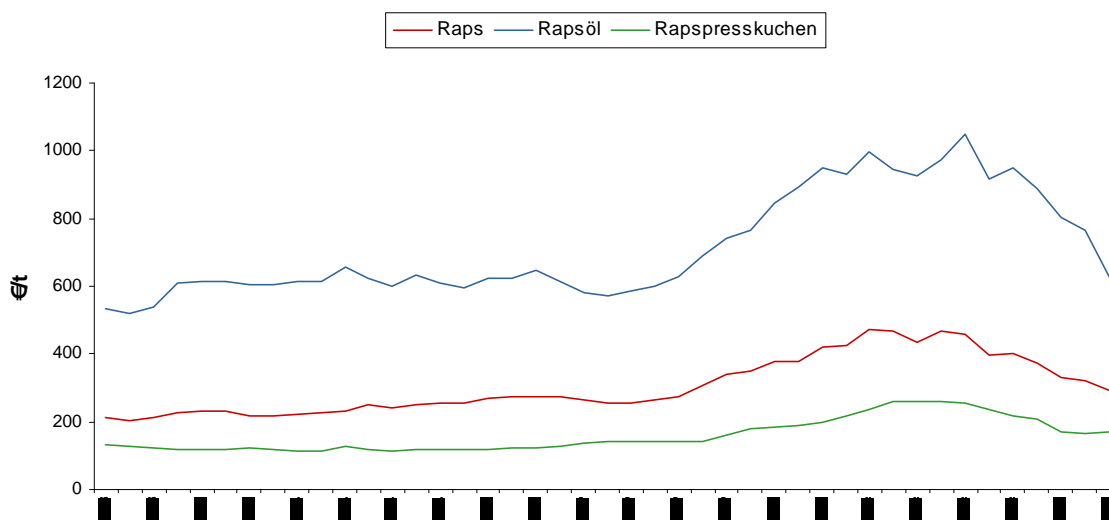


**Abbildung 1: Rapserte 2007 in der EU, den wichtigsten Anbauländern und Österreich; Zahlenangaben in 1000 Tonnen). (Quelle: Eurostat 2008)**

Die Ergebnisse der Befragung bestätigen weitgehend die Einschätzung von Experten (Schumann 2006). Als Hauptgrund für die Konzentration der Presskuchenvermarktung im Futtermittelbereich wird die geringe Wertschöpfung in alternativen Vermarktungsmöglichkeiten wie Düngung oder energetischen Nutzungen gesehen. Nicht untersucht wurden dabei jedoch die Optionen der Extraktion und gezielte Vermarktung von Proteinen, wie sie beispielsweise bei Sojabohnen durchgeführt wird.

### 1.2.2. Preisentwicklung

In den letzten Jahren unterlagen die Preise für Raps und seine Verarbeitungsprodukte Öl und Presskuchen starken Veränderungen (Abbildung 2). Besonders auffallend ist das Preishoch für Raps, Öl und Presskuchen über einen Großteil des Jahres 2008. Ein kontinuierlicher Preisanstieg war schon seit Mitte 2007 zu verzeichnen. Ende 2008 scheint diese Hochphase zu Ende gegangen zu sein. Die Preise nähern sich wieder dem Niveau des Jahres 2006.



**Abbildung 2: Großhandelspreise (€/t) für Raps, Rapsöl und Rapspresskuchen von Juli 2005 bis Jänner 2009 (Quelle: UFOP-Marktinformation Ölsaaten und Biokraftstoffe, diverse Ausgaben)**

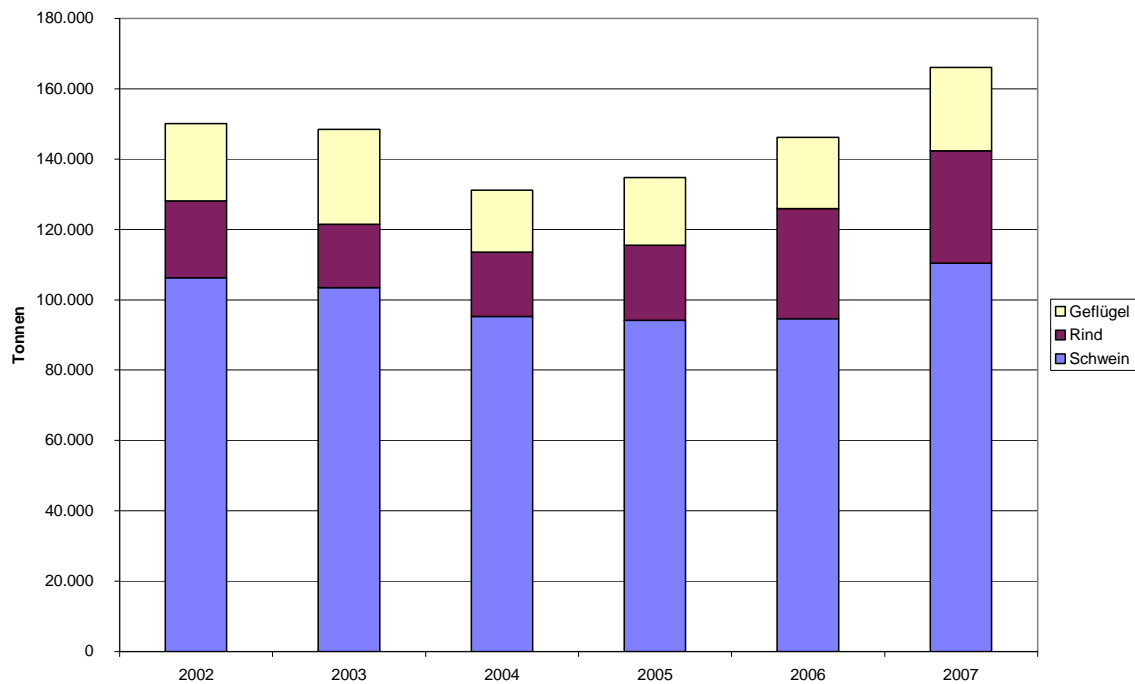
Der Rückgang der Rapsölpreise ist nicht unwesentlich auf die sich abschwächende Nachfrage aus dem Treibstoffsektor zurückzuführen (UFOP-Marktinformationen). Der Boom bei den Biokraftstoffen könnte sich, nachdem immer mehr Zweifel an der ökologischen Sinnhaftigkeit laut werden, auf längere Sicht abschwächen. Speiseöl wird diesen möglichen Nachfragerückgang wohl nicht vollständig kompensieren können.

Bei den Preisänderungen ist auffallend, dass das Rapsöl größeren Schwankungen unterliegt als der Rapspresskuchen. Zu Beginn des Jahres 2006 lag das Verhältnis von Presskuchenpreis zu Ölpreis knapp unter 0,2, stieg dann bis 2008 auf bis zu 0,28 an und ist dann wieder zurückgefallen, lag aber Anfang 2009 immer noch auf 0,27. Das Verhältnis liegt also nach den Preisrückgängen deutlich höher als vor der Hochpreisphase. Der Rapspresskuchen ist also mit einem geringeren Preisverfall konfrontiert als das Rapsöl. Angebot und Nachfrage entwickeln sich beim Presskuchen sichtlich stabiler als beim Rapsöl.

### 1.3. Optionen der Eiweißnutzung von Rapskuchen

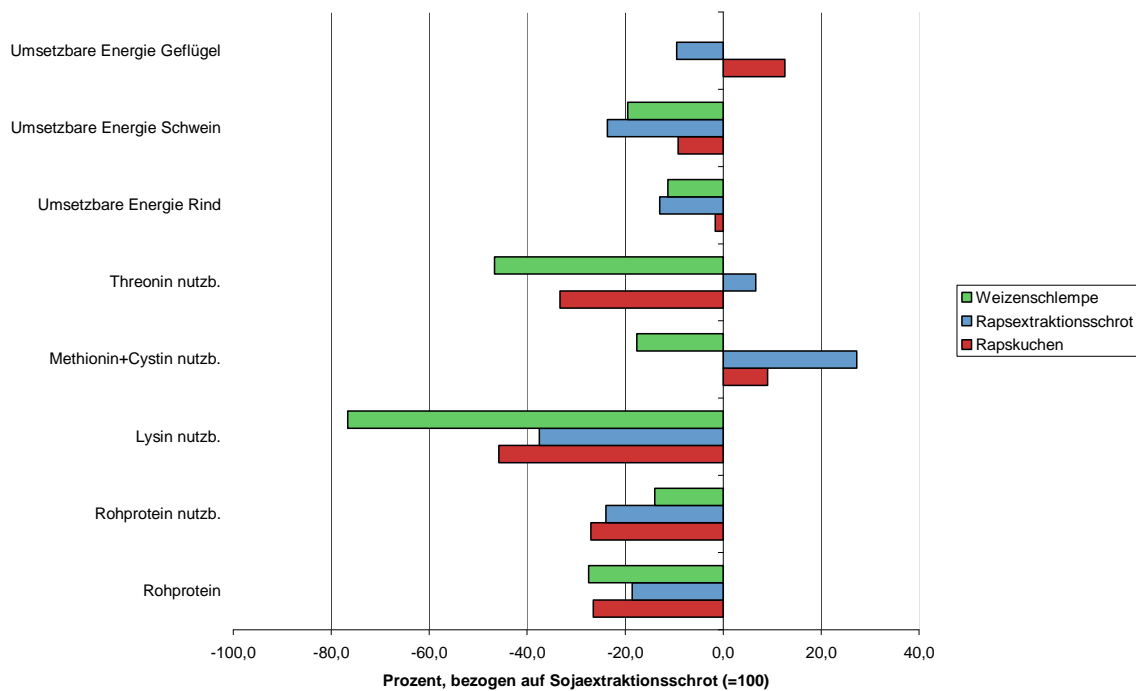
#### 1.3.1. Marktrelevante Eigenschaften von Rapskuchen in der Futtermittelerzeugung

Die Nachfrage nach eiweißhaltigem Beimischfutter steigt in Österreich seit 2005 kontinuierlich an, 2007 betrug der Gesamtverbrauch rund 166 tausend Tonnen. Der größte Anteil wird für die Schweinefütterung (66% im Jahr 2007), deutlich geringere Anteile werden für die Rinderfütterung (19 %) und die Geflügelfütterung (14%) verbraucht (Abbildung 3).



**Abbildung 3: Verbrauch an eiweißhaltigen Futtermitteln in Österreich zwischen 2002 und 2007. (Datenquellen: Bundesinnung der Müller und Verband der österreichischen Futtermittelindustrie)**

Rapskuchen und -extraktionsschrot stehen als eiweißhaltiges Mischfuttermittel vor allem in Konkurrenz mit Sojaextraktionsschrot und Getreideschlempen. Eine wesentliche Rolle für die Preisbildung der einzelnen Futtermittel spielen die Qualitätsmerkmale der Produkte, wie beispielsweise Proteingehalte und Gehalte an verwertbaren Energien. Die einzelnen Qualitätskomponenten wirken sich bei den Nutztierarten unterschiedlich aus. Dadurch ergeben sich bei den Futtermitteln für die Hauptnutztierarten Rinder, Schweine und Geflügel unterschiedliche Konkurrenzbedingungen zwischen den angeführten Produkten.



**Abbildung 4: Differenzen der Qualitätsmerkmale von Rapskuchen, Rapsextraktionsschrot und Weizenschlempe im Vergleich zu Sojaextraktionsschrot (=100%). (Datenquelle: Weiß & Schöne 2006 und Wiedner 2008)**

Rapskuchen weist, wegen des Restölgehaltes, für Rinder und Geflügel annähernd gleich hohe Nutzenergiegehalte wie Sojaextraktionsschrot auf (Weiß & Schöne 2006; Hüttmann 2007). Die energetischen Vorteile des Restölgehaltes sind jedoch mit den Nachteilen von geringeren Gehalten an Proteinen und einigen essentiellen Aminosäuren verbunden (Abbildung 4). Während bei Methionin und Cystin höhere Gehalte vorliegen als bei Sojaextraktionsschrot, liegen die Gehalte an nutzbaren Proteinen um 25 -30% niedriger. Besonders gravierend sind die Unterschiede bei der essentiellen Aminosäure Lysin, deren Gehalte um 40 – 50 % unter jenen von Sojaextraktionsschrot liegen. Durch thermische Behandlung können die qualitativen Nachteile von Extraktionsschrot in der Rinderfütterung weitgehend ausgeglichen werden (Peschel 2004). Weizenschlempe aus der Ethanolproduktion weist ungünstigere Werte bei essentiellen Aminosäuren, aber etwas bessere Werte beim nutzbaren Rohprotein auf als Rapskuchen.

In der Schweinefütterung begrenzen die Restgehalte an Glucosinolaten die Einsatzmengen von Rapskuchen (Weiß & Schöne 2006), da beim Pressen die Relativgehalte im Pressrückstand gegenüber jenen in der Rapssaat erhöht werden. Durch die Toastung von Extraktionsschrot bei der Herstellung werden die Glucosinolaten weitgehend zerstört, aber auch Nährwertverluste verursacht. Neben Glucosinolaten mindern Tannine, Phytate und Sinapine die Futteraufnahmen, die Verdaulichkeit der Proteine und führen auch zu Fischgeschmack bei Hühnereiern. Die Gehalte dieser Inhaltsstoffe in den Pressprodukten können entweder durch Schälen der Körner vor dem Pressen oder langfristig durch züchterische Maßnahmen, meist durch gentechnische Eingriffe, reduziert werden.

Die Verwendung von gentechnisch veränderten Rapsorten in der Verarbeitung führt aber mittel- und langfristig zu ökonomischen Nachteilen bei der Verwertung von Presskuchen oder Extraktionsschrot als Futtermittel. Grund dafür sind die Novel-food Verordnungen der Europäischen Union (EU 1997; EU 2003a; EU 2003b) sowie der Vorgaben des Österreichischen Lebensmittelbuches. Durch den global zunehmenden Einsatz von gentechnisch veränderten Sorten beim Anbau von Soja und Raps nimmt das Angebot von Presskuchen und Extraktionsschrot aus gentechnisch nicht veränderten Sorten laufend ab. Da die Produktion von gentechnikfreien tierischen Produkten auf die Verwendung von gentechnisch nicht veränderten Futtermitteln angewiesen ist, wird bei diesen mit zunehmenden Preiserhöhungen gerechnet (Girsch und Balarezo 2005).

Dass man mit dem Angebot von gentechnikfreien Futtermitteln bereits merkbar höhere Preise erzielen kann als mit gentechnisch modifizierten, zeigt der Sojemarkt. So wurde im März in Deutschland gentechnikfreies Sojaschrot um 361 Euro je Tonne gehandelt, Sojaschrot, das diese Anforderung nicht erfüllt, hingegen um nur 301 Euro je Tonne (10.3.2009, Produktenbörse Stuttgart, Quelle: agrarheute.com). Die Differenz von 60 Euro je Tonne ist durchaus beträchtlich. Es dürfte auch bei der Verarbeitung von Raps attraktiv werden, bei der Beschaffung des Rohstoffs auf die Trennung von gentechnikfreiem und gentechnisch modifiziertem Raps zu achten, wenn nicht überhaupt die gesamte Pressmenge von gentechnikfreiem Raps gestellt werden kann.

### **1.3.2. Marktrelevante Eigenschaften von Rapskuchen in der Nahrungsmittelproduktion**

Die Diskussion der Nutzungsmöglichkeiten von Pressrückständen aus der Rapsölproduktion für Nahrungsmittel konzentriert sich auf bestimmte Inhaltsstoffe, vor allem Proteine (Barth & Metges 2007; Bos et al. 2007). Neben den Aspekten der Gewinnungsverfahren stehen vor allem die Aspekte der Anwendungsmöglichkeiten im Zentrum der Diskussionen (Natsch 2006; Bos et al. 2007; Krause et al. 2007; Manamperi et al. 2007). Nicht eingegangen wird in den Publikationen dabei auf betrieblich wichtige Fragen wie Investitions- und Betriebskosten der Verfahren, Absatzmöglichkeiten der verbleibenden Produktionsrückstände oder rechtliche Rahmenbedingungen für die Produktion von Nahrungsmitteln oder Nahrungsmittelzusätzen. Wesentliche Gründe dafür sind die bisher erreichten technologischen Entwicklungsstände der Verfahren, vor allem bedingt durch die Eigenschaften der Rapsproteine. Abweichend von anderen Pflanzensamenproteinen enthalten sie hohe Anteile (40 - 50%) an schwer abtrennbaren Albuminen. Für die Abtrennung der Proteine ist deshalb ein größerer technologischer Aufwand notwendig als bei anderen Ausgangsprodukten. Ein weiteres Problem stellen die bereits oben beschriebenen charakteristischen Inhaltsstoffe von Rapsamen dar, durch die bei ungeeigneten Verfahrensschritten, auch die Eigenschaften der Rapsproteine verändert werden. Insgesamt ist deshalb bei der Gewinnung von Proteinen aus Raps mit einem höheren technologischen Aufwand zu rechnen als bei konkurrierenden Produkten, beispielsweise Soja (Krause et al. 2007).

Erst wenige Unternehmen (Axara, Burcon) bieten Proteinisolate am Markt an. Burcon hat seit den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts an der Entwicklung der Verfahren gearbeitet und im Jahr 1998 ein Patent für die Extraktion von Proteinen aus Ölsaaten (US Patent 5,844,086) erhalten. Abgesichert durch zahlreiche weitere Patente wurden im Jahr 2004 die Produkte Puratein® und Supertein® auf den Markt gebracht. Im Oktober 2008 erfolgte die Freigabe für die Verwendung in Lebensmitteln (GRAS Status). Vor der Freigabe wurden die Produkte als Zusatzstoffe für die Tierfutterproduktion angeboten. Während der gesamten Entwicklungszeit kooperierte das Unternehmen mit dem global agierenden Verarbeitungsunternehmen von Agrarprodukten Archer Daniels Midland. Funktionell eignen sich Puratein® zum Emulgieren von Speisen und Supertein® für die Bildung von transparenten Lösungen und Schäumen. Axara hat bisher die Isolate von Napin und Kruziferin erst auf einer Pilotanlage hergestellt.

Die Herstellung von Proteinisolaten erfordert nahrungsmitteltechnisches Know-how und entsprechende Anlagen. Sie kann nicht einfach an die Verarbeitung von Raps in Ölmühlen angeschlossen werden. Durch die Herstellung eines Nahrungsergänzungsmittels tritt man in die Nahrungsmittelbranche ein mit all den damit verbundenen rechtlichen, technischen und kommerziellen Herausforderungen. Insbesondere ist dabei zu bedenken, dass erhebliche Investitionen und F&E-Ausgaben erforderlich sind, um Proteine aus Rapspresskuchen zu entsprechend absetzbaren Produkten weiterzuverarbeiten, sind. Seit ihrer Gründung vor 10 Jahren hat Burcon mehr als 8 Mio € für Forschung und Entwicklung ausgegeben. Zuletzt (2008) 1,3 Mio € (Burcon, annual report 2008). Weiters sind entsprechend qualifizierte Beschäftigte erforderlich. Wie der Fall Burcon zeigt, ist der Zeitraum bis ein Produkt grundsätzlich auf den Markt bringbar relativ und erfordert eine langfristige Investitionsperspektive. Da man sich in einem neuen Markt bewegt, sind auch entsprechend neue Vertriebswege aufzubauen.

Dazu siehe auch eine entsprechende Meldung zur Markteinführung von Rapsproteinprodukten von Burcon:

**„Die Markteinführung von Rapsproteinen rückt näher (20.06.2007):**

*Nachricht Burcon NutraScience Corporation (WKN: 157 793, TSX-V: BU) hat gestern in einer gemeinsamen Erklärung mit seinem Partner Archer Daniels Midland (NYSE: ADM) den Beginn des Genehmigungsverfahrens für seine beiden Rapsproteine Puratein® und Supertein™ bekannt gegeben. Die erforderlichen wissenschaftlichen Tests, einschließlich toxikologischer Untersuchungen, sollen im kommenden Quartal beginnen. In der Regel dauern derartige Tests 90 Tage, sodass mit einem Ergebnis bis spätestens Ende dieses Jahres gerechnet werden kann. Das Interessante an der Meldung sind jedoch weniger die Tests selbst, denn deren Ergebnis dürfte wenig Überraschendes zu Tage fördern. Immerhin wird Raps(protein) seit Jahrzehnten im "tierischen Großversuch" als Kraftfutter verfüttert. Hinzu kommt, dass das Verfahren bei der FDA im Kern ein Kenntnissgabeverfahren ist. ADM und Burcon schließen die Tests ab und liefern die wissenschaftliche Dokumentation einschließlich ihres Resümees ab. Die Behörde kann dann noch Fragen stellen, aber die Verantwortung für die Markteinführung liegt bei ADM. Dieses Verfahren nach dem "US GRAS-Standard" (Generally Regarded As*

Safe) gewährleistet ein hohes Maß an Selbstkontrolle, denn ADM kann es sich nicht leisten, später haftbar gemacht zu werden. Das eigentlich Spannende an der Meldung liegt in etwas anderem: Ein als konservativ bekanntes Unternehmen wie ADM würde nicht die Freigabe für das Genehmigungsverfahren erteilen und Geld in die Hand nehmen - und sei es auch nur eine verhältnismäßig geringe Summe - wenn nicht die Absicht bestünde, mit den Produkten in absehbarer Zeit auf den Markt zu kommen. Das ist die eigentliche Botschaft an den Markt, die Nahrungswissenschaftler und Produktentwickler bei großen Nahrungsmittelkonzernen verstehen werden: Die Markteinführung der Proteine rückt näher, ADM und Burcon meinen es ernst! Es wird erwartet, dass Puratein(R) und Supertein(TM) neben den Proteinen aus Sojabohnen, Milch und Eiern am wachsenden Multi-Milliarden-Dollar-Markt für Protein als Nahrungsmittelzutat teilhaben wird. Die Proteine können potenziell in Fertignahrung, als Nahrungsergänzungsmittel oder in Körperpflegeprodukten eingesetzt werden. Die Rapsproteine sind für industrielle Anwendungen interessant, weil sie tierisches Eiweiß in vielen Anwendungen preiswert durch pflanzliches Eiweiß ersetzen können. Die Einsatzmöglichkeiten reichen vom Saucenbinden bis zum Kuchenbacken über Riegel bis hin zur Getränkeindustrie, wo erstmals Softdrinks mit Proteinen möglich sind. Rapsprotein ist nicht Teil der herkömmlichen menschlichen Nahrung in Nordamerika. Deshalb werden die oben erwähnten wissenschaftlichen Fütterungsversuche, einschließlich toxikologischer Beurteilungen, durch dritte Forschungsorganisationen durchgeführt. Die wissenschaftlichen Untersuchungen werden das Bestätigungsverfahren "U.S. GRAS" unterstützen und auch den Antrag auf aufsichtsrechtliche Genehmigung gemäß dem "Novel Foods Process" in der EU und in anderen Ländern wie Kanada ermöglichen. Die gesamten Kosten des aufsichtsrechtlichen Genehmigungsverfahrens werden derzeit auf 1,1 Mio. USD geschätzt. "Dies ist ein wichtiger Schritt auf dem Weg zur Kommerzialisierung der ersten Rapsproteine in Nahrungsmittelqualität," sagte Johann F. Tergesen, President und COO von Burcon. "Wir freuen uns darauf, zu zeigen, dass Puratein® und Supertein™ gesundheitlich unbedenkliche Nahrungszutaten sind. Zusammen werden wir weiter diese spannende und nachhaltige neue Proteinquelle entwickeln." Burcon NutraScience ist ein Forschungs- und Entwicklungsunternehmen mit dem Ziel, ein Portfolio von Patenten über die Zusammensetzung, Verwendung und Herstellung von Pflanzenproteinen rund um die firmeneigene Technologie zur Extraktion und Reinigung von Proteinen zu entwickeln. Das Ziel von Burcons Forschung ist es, das patentierte Herstellungsverfahren dazu zu nutzen, um aus dem preiswerten Pressgut (Kuchen), das bei der Ölproduktion aus Ölsaaten anfällt, hochreine Pflanzenproteine mit wertvollen Eigenschaften hinsichtlich Ernährung, Funktion und arzneilichen Verwendungen zu gewinnen. Gemeinsam mit Archer Daniels Midland konzentriert Burcon seine Anstrengungen darauf, die ersten kommerziellen Rapsproteine, Puratein® und Supertein™, zu entwickeln. Raps wird wegen seines hohen Nährwerts geschätzt und ist die am zweithäufigsten angebaute Ölsaart nach Soja. Burcon will mit den beiden Proteinen Puratein® and Supertein™ neben anderen Proteinen aus Soja, Milchprodukten oder Eiern am wachsenden Milliardenmarkt für Nahrungsmittelzusätze, Fertiggerichte und Pflegemittel teilhaben (Sven Olsson - GOLDINVEST.de, [http://www.ariva.de/Die\\_Markteinfuehrung\\_von\\_Rapsproteinen\\_rueckt\\_naehere\\_n2319125](http://www.ariva.de/Die_Markteinfuehrung_von_Rapsproteinen_rueckt_naehere_n2319125)).“

Rapsproteine sind immer noch in der Phase der Markteinführung. Gegenwärtig besteht noch kein substanzieller Markt für Rapsproteine, durchschnittliche Marktpreise können daher eben-

falls noch nicht angegeben werden. Ein Vergleich mit dem bereits am Markt etablierten Sojaprotein zeigt, dass bei den Sojaproteinprodukten erhebliche Preisschwankungen auftreten, je nachdem, welchen Proteingehalt das Produkt aufweist und welche anderen Inhaltsstoffe enthalten sind (wie Kohlenhydrate, Fett, Vitamine). Ein unmittelbarer Schluss auf die Sojaproteingrundmasse kann daher daraus nicht gezogen werden.

**Tabelle 1. Marktpreise für Soja Proteine**

Soja-Protein-Produkt	Preis / kg	Proteingehalt	Quelle
Best Body Nutrition Delicate Soy Protein	22,65 €	71 %	<a href="http://www.fitness-sport-shop.de">http://www.fitness-sport-shop.de</a>
Weider Whey-Protein Soy 80+	31,23 €	84 %	- " -
Inkospo - Active Soja Plus	31,80 €	50 %	- " -
Soja-Protein-Shop	15,98 €	? %	<a href="http://www.soja-protein.de">http://www.soja-protein.de</a> <a href="http://www.webvitamine.de/shop/">http://www.webvitamine.de/shop/</a>
PhytoSoy - Sojaprotein Isolat	22,71 €	77 %	Proteine/Aminos
Peak Performance Soja Protein	19,90 €	95 %	<a href="http://www.fitness-master.de">http://www.fitness-master.de</a>

### 1.3.3. Sonstige Verwendungsoptionen

Pflanzliche Presskuchen aus verschiedenen Produktionsverfahren werden auch in organischen Düngemitteln oder Bodenverbesserungsmitteln eingesetzt (Kelderer et al. 2008). Unbelastete Pressrückstände können nach der EU Verordnung für den ökologischen Landbau (EU 1991) als Düngemittel oder Bodenverbesserer auch im biologischen Landbau eingesetzt werden. Verschiedene Hersteller von Düngemitteln und Bodenhilfsstoffen bieten unterschiedliche Gemische für Anwendungen in der biologischen Landwirtschaft und im Gartenbau an, einzelne Produkte haben auch das österreichische Umweltgütezeichen erhalten ([www.umweltzeichen.at](http://www.umweltzeichen.at)).

Bei Raps wäre die Rückführung der Pressrückstände als *organische Düngemittel* aus ökologischen Gründen wünschenswert, wenn dadurch Stickstoffverluste durch Auswaschung oder Ausgasung auf landwirtschaftlichen Flächen gemindert werden können. Aus ökonomischen Gründen ist die Verwendung als Düngemittel oder Bodenverbesserer dann sinnvoll, wenn dabei höhere Wertschöpfung, als in anderen Verwendungsbereichen erzielt wird. Diese Voraussetzungen sind nach Schumann (2006) bei der direkten Nutzung von Rapskuchen für Düngemittel nicht gegeben, da keine ausreichende Wertschöpfung erwartet wird. Nicht untersucht wurden dabei die Möglichkeiten von kombinierten Nutzungen, beispielsweise der Verwertung von Rückständen aus der Aufbereitung von Presskuchen für andere Verwendungsbereiche. Auch in diesen Fällen ist erst dann eine ausreichende Wertschöpfung zu erwarten, wenn bei geringen zusätzlichen Aufbereitungskosten ein Endprodukt mit herausragenden Qualitätsmerkmalen hergestellt werden kann. Die durchschnittlichen Abgabepreise für die



Verwendung von Presskuchen als organischer Dünger liegen jedoch zwischen 3 und 6 Cents pro Kilogramm (Graf 2006).

Die direkte *energetische* Verwertung von Presskuchen ist wegen der hohen NO<sub>x</sub>-Emissionen nicht zielführend. Bei der Verwertung in Biogasanlagen sind entfallen diese nachteiligen Umwelteffekte, es muss aber mit niedrigen Wertschöpfungen gerechnet werden (Schumann 2006).

## **2. Untersuchungen im Labormaßstab**

Im Labormaßstab wurden neue Verfahren zur nativen Proteinextraktion aus Rapsschrot auf deren Effizienz untersucht, mit dem Ziel die Extraktionseffizienz von Proteinen aus Rapsschrot mittels nativer Puffersysteme mit und ohne Zuhilfenahme von zellwand-abbauenden Enzymen zu untersuchen.

Das angestrebte Ziel war den verfahrenstechnische Nachweis über die Machbarkeit eines neuen, im Rahmen dieser Studie entwickelten Verfahrensweges für eine native Proteinisolierung aus Rapsschrot zur Verwendung der Rapsproteine in hochwertigen Produkten (Pharmazie, Kosmetik, usw.) erlaubt zu erbringen und im Falle der Machbarkeit, die Extraktionskoeffizienz zu optimieren. Ein derartiges Verfahren eröffnet neue Optionen, die Wertschöpfungskette für Rapsschrot erheblich zu steigern (siehe Punkt 2.1.)

Eine weitere Untersuchungsreihe diente der Ermittlung der Trennung von Eiweiß vom Restanteil (stickstofffreie organische Anteil und Schalen) mittels Aufschlännen in deionisiertem Wasser. Das Ziel dieser Untersuchungen war mit einem einfachen Verfahren ein Tierfutter mit hohem Eiweißgehalt und ohne Schalenanteile (Glucosinolate) zu gewinnen.

### **2.1. Untersuchungsstrategie mit Puffersystemen bzw. Zusatz von Enzymen und Pilzextrakten**

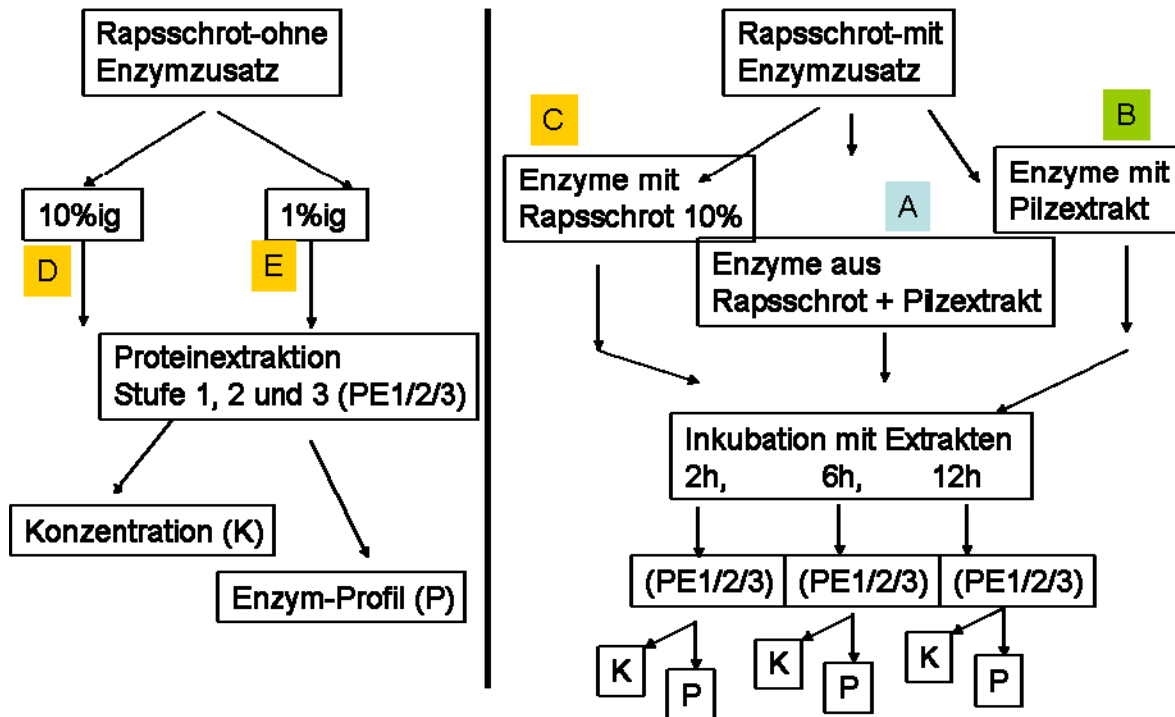
In einer ersten Ansatzreihe wurden definierte Mengen Rapsschrot (1-, 5- und 10- Massen %) in einem wässrigen Puffersystem mit und ohne Zusatz von Enzymen bzw. Pilzextrakten sowie biologisch generierten Enzymen (aus Rapsschrott) aufgenommen und bei Raumtemperatur unterschiedlich lange (2, 6 und 12 Stunden) inkubiert.

Parallel dazu wurde in einer zweiten Ansatzreihe mit den gleichen Puffersystemzusammensetzungen wie in Ansatzreihe 1 das Rapsschrot in der Extraktionslösung zu Beginn in einem Zellaufschlussgerät (Ribolyser mit Glaskugeln) physikalisch aufgeschlossen und unter gleichen Bedingungen wie in Ansatz 1 die Extraktionskoeffizienz bestimmt.

Zusätzlich wurden zur Ermittlung der Reproduzierbarkeit der Extraktionskoeffizienz von jeder Wahl der Zusammensetzung bzw. Versuchsbedingung drei Ansätze (Triplikat) hergestellt.

In nachstehende Abbildung 5 sind die Zusammensetzungen der Extraktionslösungen übersichtlich dargestellt.

**Abb. 5. Übersicht Versuchsansätze und Probenbezeichnung**



In nachstehender Tabelle sind die Zusammensetzungen der Flüssigkulturen zusammengefasst

**Tabelle 2: Flüssigkulturen für Untersuchungsansätze**

	A	B	C
<b>Lösung A*</b>	25 ml	25 ml	
<b>NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub></b>	10 mM	10 mM	
<b>Rapsschrot (zerrieben)</b>	10 %	1 %	5%
	kein Inokulum	+ Inokulum Capnodiales	
<b>H<sub>2</sub>O</b>			25 ml

\* Lösung A: Minimalmedium für die Anzucht von Pilzkulturen

Alle 3 Kolben A, B, C wurden 4 Tage mit 150 rpm und bei Raumtemperatur geschüttelt.

### 2.1.1. Proteinanalytik

Die Proteinmenge der zu untersuchenden Proben wurde nach Vorschrift mit einem BCA-assay der Fa. Biorad bestimmt. Gemessen wurde die Lichtabsorption bei 570 nm. Die Proteinkonzentrationen wurden nach Erstellung einer Eichkurve (mit Regressionsdarstellung) über den gemessenen Lichtabsorptionskoeffizienten errechnet.

Die gleiche Menge Protein jeder Probe wurde daraufhin mit SDS-Puffer (Sodium-Dodecyl-Sulfat) versetzt, auf ein SDS-Gel aufgetragen und die Proteine mittels SDS-Gelelektrophorese nach ihrem Molekulargewicht aufgetrennt.

### 2.1.2. Untersuchungsergebnisse

Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, dass sowohl das Ziel der Machbarkeit eines neuen Verfahrensweges zur Extraktion von Proteinen im nativen Zustand als auch die dafür relevanten Verfahrensparameter für die Optimierung der Extraktionseffizienz erreicht werden konnte.

Im Wesentlichen lassen sich die Ergebnisse in die nachstehenden drei Aussagen zusammenfassen:

1. Ein Grossteil der Proteine kann aus Rapsschrot nativ extrahiert werden: ca. 25mg pro 100 mg eingesetztem Material
2. Im Rahmen der Studie wurden in experimentellen Untersuchungen Machbarkeitstests und Parameterstudien zur Verfahrensoptimierung durchgeführt. Dabei wurden Puffer- und Enzymlösungen in ihrer Rezeptur ausarbeitet, die eine native Extraktion ohne vorherige physikalische Aufschlüsse ermöglichen.
3. Der Zusatz von kommerziellen oder selbst hergestellten Enzymmischungen (biologisch generiert aus Rapsschrot) ergab eine zusätzliche Steigerung der Extraktionseffizienz um ca. 20% auf 30-35 mg pro 100 mg Rapsschrot.

Nachstehend sind die Ergebnisse in detaillierter Form zusammengefasst und mit ausgewählten Ergebnissen und Fotos von aufgetrennten Proteinmustern von der Gelelektrophorese dokumentiert.

#### **Native Proteinextraktion ohne Enzymzusatz:**

**Proben A, B und C:** Rapsschrot wurde nur in Puffer aufgenommen und ohne Aufschluss (OA) für 2 Stunden extrahiert. Die Proteinkonzentrationen, die extrahiert werden konnten, lie-

gen bei ca. 25 mg bei Einsatz von 100 mg Rapsschrot, ca. 3 mg bei 10 mg Einsatz oder 15 mg bei 50 mg Rapsschrot. Dieser Bereich ist annähernd linear.

Schlussfolgerung: Ohne Einsatz von physikalischen Aufschlussmethoden können mit dem nativen Puffersystem etwa 25mg Protein pro 100 mg eingesetzter Rapsschrot extrahiert werden. Aus allen in dieser Serie durchgeführten Gelelektrophoresen kann weiters geschlossen werden, dass ca. 60% des nativ extrahierten Proteins durch Napin und Cruziferin (starke Bandenfärbung am unteren Ende des Elektrophorese-Gels) repräsentiert werden.

**Proben D und E:** Rapsschrot 10% (Proben D) oder 1% (Proben E) wurden entweder nur kurz mit Glaskugeln geschüttelt (Proben mit Nummer 1) oder auf mittlerer oder (Proben Nummer 2) starker Stufe (Proben Nummer 3) im Aufschlussgerät behandelt. Die Effizienz der nativen Proteinextraktion war durch die physikalische Vorbehandlung nicht verbessert, im Gegenteil, mit erhöhter Intensität der Vorbehandlung wurde die Effizienz sogar etwas geringer (von 23 auf 20 mg/100mg eingesetztem Rapsschrot).

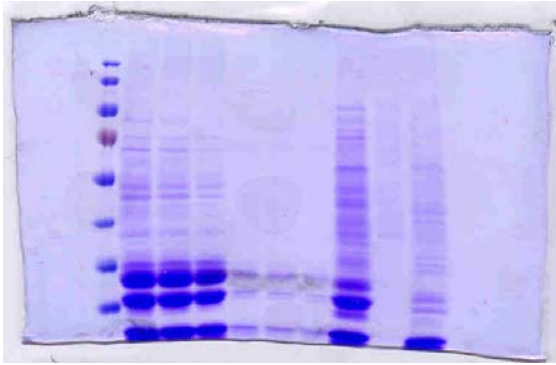
Schlussfolgerung: Der Einsatz von physikalischen Vorbehandlungsmethoden bringt keine Erhöhung der nativen Extraktionseffizienz.

In nachstehender Tabelle sind die wichtigsten Ergebnisse zusammengefasst und deren Gelelektrophoresemuster und in Abbildung 6 via Foto zusammengefasst:

**Tabelle 3: Ergebnisse der Gelelektrophorese**

<b>Probe</b>	<b>Bezeichnung</b>	<b>OD 570nm</b>	<b>Konz. mg/ml (pro 100mg)</b>
D1	RS10%LA	0,593	23,32
D2	RS10%MA	0,549	21,55
D3	RS10%SA	0,509	19,98
E1	RS1%LA	0,132	4,89
E2	RS1%MA	0,129	4,76
E3	RS1%SA	0,119	4,35
A	RS10% OA	0,643	25,33
B	RS 1% OA	0,102	3,67
C	RS 5% OA	0,397	15,47

**Abbildung 6: Banden von Gelelektrophoresen**



**M D1 D2 D3 E1 E2 E3 A B C**

### **Native Proteinextraktion mit Enzymzusatz**

**Proben A1-3, B1-3 und C1-3 (Zeitpunkt-Tabellen 2h, 6h und 12h=ON):** Rapsschrot wurde in Puffer aufgenommen und anschließend über verschiedene Zeiten mit Enzymen inkubiert, die die Zellwände der Rapsschrot-Zellen abbauen sollten. Inkubationszeitpunkte waren 2 Stunden, 6 Stunden sowie 12 Stunden. Anschließend wurden die Proben wieder mit den oben beschriebenen physikalischen Aufschlussmethoden schwach (1), mittel (2) und stark (3) behandelt und die Proteinextrakte wurden vermessen. Als Kontrollen dienten hier wieder die Rapsschrotextrakte 1,2 und 3 ohne Aufschluss.

Nachstehend sind in den drei Tabellen die Proteinkonzentrationen der Extrakte, die über 2-, 6- und 12 Stunden mit 3 verschiedenen Enzymen behandelt und anschließend standardmäßig extrahiert wurden zusammengefasst.

**Tabellen 4, 5, 6: Proteinkonzentrationen (nach 2, 6 und 12 Stunden)**

Dauer [h]	Probe	OD (570 nm) [-]	Protein- Konzentration [mg/ml]
2	1	0,560	22,02
2	2	0,590	23,20
2	3	0,575	22,62
2	A1	0,763	30,14
2	A2	0,835	33,02
2	A3	0,788	31,12
2	B1	0,601	23,65
2	B2	0,651	25,63
2	B3	0,590	23,21
2	C1	0,667	26,27
2	C2	0,728	28,73
2	C3	0,680	26,81

Dauer [h]	Probe	OD (570 nm) [-]	Protein- Konzentration [mg/ml]
6	1	0,560	21,99
6	2	0,588	23,13
6	3	0,527	20,68
6	A1	0,762	30,08
6	A2	0,778	30,71
6	A3	0,765	30,21
6	B1	0,529	20,78
6	B2	0,652	25,70
6	B3	0,634	24,99
6	C1	0,705	27,81
6	C2	0,740	29,21
6	C3	0,767	30,29

Dauer [h]	Probe	OD (570 nm) [-]	Protein- Konzentration [mg/ml]
12	1	0,447	17,47
12	2	0,497	19,5
12	3	0,508	19,94
12	A1	0,754	29,75
12	A2	0,746	29,46
12	A3	0,725	28,61
12	B1	0,52	20,4
12	B2	0,532	20,9
12	B3	0,536	21,05
12	C1	0,695	27,4
12	C2	0,695	27,39
12	C3	0,72	28,4

Schlussfolgerung: Der Einsatz von enzymatischen Behandlungsmethoden über einen Zeitraum von 2 Stunden (mit oder ohne physikalische Aufschlussmethoden) führt zu einer Erhöhung der nativen Extraktionseffizienz von ca. 25mg auf ca. 30 mg pro 100mg eingesetztem Rapsschrot.

### **Ansatz 2 Fortsetzung Inokulation**

Alle drei Kolben wurden nach der 4-tägigen Inkubation abgenutscht. Jeweils 0,5 ml Überstand der Kolben A, B und C wurden steril-filtriert und mit weiteren 0,15 g Rapsschrot und 1 ml Sörensen Buffer (Buffer für Proteinextraktion) versetzt. Diese Proben wurden weiters bei Raum-

temperatur geschüttelt und zu 3 Zeitpunkten (2 Stunden, 6 Stunden und über Nacht) wurden Proben gezogen.

Als Kontrolle wurde Rapsschrot in 2 Konzentrationen (10% und 1%) in Lösung A ohne Überstand der 4-tägigen Erstinkubation mitgeführt (Rapsschrotkontrollen D und E). Diese wurden 2 Stunden bei Raumtemperatur geschüttelt und abzentrifugiert. Zusätzliche Negativkontrolle war Sörensen Buffer + 0,5 ml Lösung A + Rapsschrot ohne Überstand der über Nachtkulturen.

**Tabelle 7: Übersicht Ansätze**

	A 2 Std	A 6 Std	Aon	B 2 Std	B 6 Std	Bon	C 2 Std	C 6 Std	Con	D 2 Std	E 2 Std	neg. Kontrolle
1 ml Sörensen Buffer	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X
0,5 ml Überstand	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
Rapsschrot 10%	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
Rapsschrot 1%											X	
Lösung A										X	X	X

**Aufschluss der Kulturen:** Der Aufschluß wurde in 3 verschiedenen Stärken durchgeführt. Dazu wurden die Proben vom Ansatz 2 mit Glaskugeln vermengt und wie folgt aufgeschlossen:

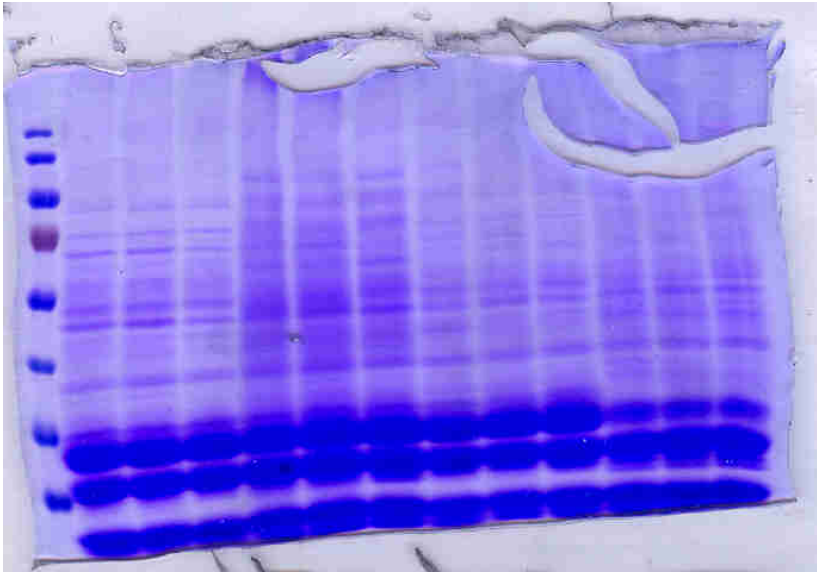
**Stufe 1:** Proben wurden nur leicht gevortext und kurz abzentrifugiert → A1, B1,C1, D1, E1, 1 (neg. ctrl)

**Stufe 2:** Proben wurden im Ribolyser mit Amplitude 4 für 10 Sek. aufgeschlossen und anschließend kurz abzentrifugiert → A2, B2, C2, D2, E2, 2 (neg. ctrl.)

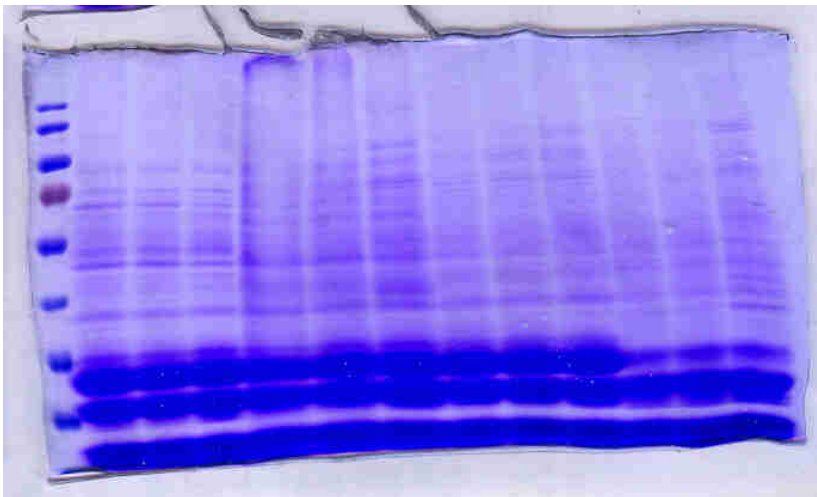
**Stufe 3:** Proben wurden im Ribolyser mit Amplitude 6 für 40 Sek. aufgeschlossen und anschließend 5 Min. bei 10 000 rpm abzentrifugiert → A3, B3, C3, D3, E3, 3 (neg. ctrl.)

In nachstehenden Abbildungen 7 - 9 sind die wichtigsten die Dokumentation der Protein SDS-PAGE Gelelektrophorese via Foto dokumentiert. Die Auftragung ist in der gleichen Reihenfolge wie in den Tabellen.

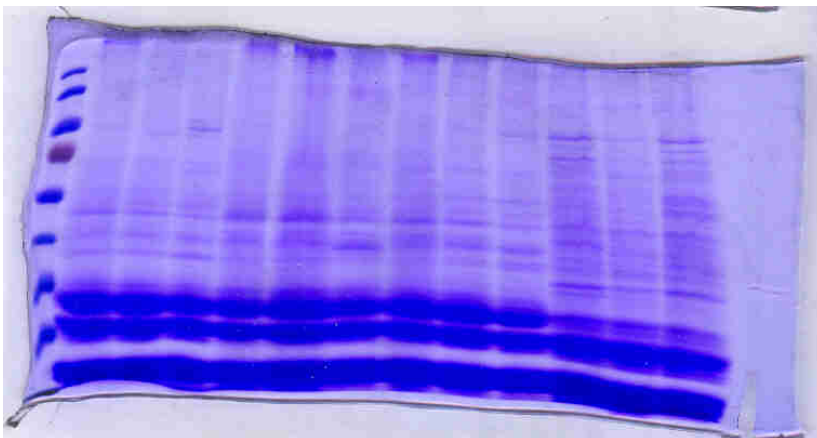
**Abbildung 7: Banden von Gelelektrophoresen (2 Stunden)**



**Abbildung 8: Banden von Gelelektrophoresen (6 Stunden)**



**Abbildung 9: Banden von Gelelektrophoresen (12 Stunden)**





## 2.2. Schlämmung des Rapsschrotes in deionisiertem Wasser

In einer weiteren Untersuchungsreihe wurde in größeren Ansatzmengen im Labormaßstab Rapsschrott in deionisiertem Wasser bei 42 °C unter Rühren aufgeschlämmt und danach der stickstofffreie organische Anteil und Schalenanteil vom Eiweiß in der Lösung durch Zentrifugieren getrennt. Bereits nach kurzer Behandlung 5 min und niedriger Umdrehungszahl < 1000 G des im Deionat geschlämmten Rapsschrotes trat eine deutliche Klassierung auf. Ein Teil des Proteins lag in grünlichgelber Lösung, der größere Anteil (ca. 80 %) lag als grüner pastenähnlicher Niederschlag vor. Der weitgehend stickstofffreie organische Anteil und Schalenanteil war dunkelbrauner granulätähnlicher Konsistenz mit einer hohen Aufnahmekapazität und Speicherung von Wasser (ähnlich einer humusangereicherten Gartenerde, siehe nachstehende Abbildung 10).

**Abbildung 10: Angereicherte Fraktion mit stickstofffreien Extrakten und Schalen**



Die Eiweißfraktion wurde in einem Rotorvapor unter schonenden Bedingungen (60 °C, 100 mbar) destilliert, gewogen und analysiert. Der stickstofffreie organische Anteil wurde getrocknet, gewogen und ebenfalls analysiert.

Erwähnenswert in diesem Zusammenhang ist, dass der Rapspresskuchen eine hohe Wasserspeicherkapazität aufweist und ein rasches Anwachsen von Mikroorganismen (Pilzen) auf und im Kuchen zu beobachten ist, welches mit Zunahme des Feuchtigkeitsgehaltes erheblich rascher und dichter erfolgt.

In der NFO-Fraktion ist ein höheres Wasserspeichervermögen als im Rapskuchen zu beobachten, die Anfälligkeit zum Anwachsen von Mikroorganismen bleibt in etwa gleich. Deutlich rascher und intensiver erfolgt der Anwuchs von Mikroorganismen in der proteinangereicherten Fraktion.

### 2.2.1. Versuchsreihe 1 – Extraktion mit deionisiertem Wasser - Verteilungsraten

In einer ersten Versuchsreihe wurden 6 unterschiedliche Rapspresskuchenproben in deionisiertem Wasser (42 °C) eingerührt und 30 min unter Rühren bei konstant gehaltener Temperatur eluiert. Danach wurde die Probe wie oben beschrieben getrennt, getrocknet bzw. destilliert und gewogen.

Die Einwaagen von Rapskuchen und Deionat sowie Temperatur, pH-Wert, Leitfähigkeit sind in nachstehender Tabelle zusammengefasst.

**Tabelle 8: Versuchsreihe 1 – Einwaagen und physikalische Messdaten**

Chargen	Einwage			Einwage Messwerte		
	Eingewogene Presskuchen menge [g]	Deionisiertes Wasser [g]	Summe [g]	pH	Leitfähigkeit [mS/cm]	T [°C]
	V1	100,03	900,39	1000,42	5,84	2,85
V2	200,04	1800,00	2000,04	5,82	3,18	42,0
V3	200,00	1800,00	2000,00	6,16	1,70	42,0
V4	50,09	452,25	502,34	6,20	1,51	42,0
V5	50,03	450,67	501,77	5,05	4,51	42,0
V6	50,09	450,12	501,23	7,32	3,51	42,0
<b>Mittelwerte</b>				5,81	2,88	42,0
<b>Standardabweichung [%]</b>				7,94	39,37	0,00

Anschließend wurden jeweils die stickstofffreien organischen Anteile mit Schalen und die Eiweißfraktionen der 6 Proben vereint und auf deren Nährstoffe, Mengenelemente und Spurenelemente analysiert. In nachstehender Tabelle sind die Ergebnisse zusammengefasst.

Tabelle 9: Versuchsreihe 1 – Analysenergebnisse von Ausgangsprobe (RK), Angereicherte Fraktion mit stickstofffreien Extraktstoffen + Schalen (NFO) und angereicherte Proteinfraktion (PROT)

### Analysenergebnisse vor und nach Trennung

Menge NFO	[g]	26,50	<b>RK = Raps-Presskuchen</b>
Menge PROT	[g]	73,50	<b>NFO = Stickstofffreier organischer Anteil</b>
<b>Mengen-Verhältnis NFO/PROT</b>	[-]	<b>0,36</b>	<b>PROT = Protein-Anteil</b>

Parameter	Einheit	Feucht		Trocken		Gewichtet		Verteilung [%]		Fehler [%]			
		RK	NFO	PROT	RK	NFO	PROT	RK <sup>*)</sup>	NFO		PROT		
		[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]		[g]		
Trockenmasse	[-]	0,928	0,940	0,915									
Rohprotein	[g/kg]	306	215	365	330	229	399	354	61	293	83	-15,62	
Nutzbares Protein (RP)	[g/kg]	220	187	233	237	199	255	240	53	187	78	-9,04	
Unabgebautes RP	[g/kg]	92	65	107	99	69	117	104	18	86	82	-13,34	
N-Bilanz im Pansen	[g/kg]	14	5	20	15	5	22	17	1	16	8	-24,82	
Rohfett	[g/kg]	123	74	123	133	79	134	120	21	99	17	83	2,71
Rohfaser	[g/kg]	109	201	36	117	214	39	86	57	29	66	34	21,48
N-freie Extraktstoffe	[g/kg]	327	415	322	352	441	352	376	117	259	31	69	-14,88
Rohasche	[g/kg]	63	35	78	68	37	85	73	10	63	14	86	-15,12
Umsetzbare Energie	[MJ]	12,67	12,15	12,49	13,65	12,93	13,65	13,46	3,43	10,03	25	75	-6,22
Nettoenergie	[MJ]	7,78	7,46	7,67	8,38	7,94	8,38	8,26	2,10	6,16	25	75	-6,22
Ca	[g/kg]	6,90	8,20	6,70	7,44	8,72	7,32	7,69	2,31	5,38	30	70	-11,50
P	[g/kg]	9,90	2,10	13,00	10,67	2,23	14,21	11,03	0,59	10,44	5	95	-11,46
Mg	[g/kg]	4,20	2,90	5,20	4,53	3,09	5,68	4,99	0,82	4,18	16	84	-18,92
K	[g/kg]	13,00	3,00	16,00	14,01	3,19	17,49	13,70	0,85	12,85	6	94	-5,37
Na	[g/kg]	0,13	0,12	0,25	0,14	0,13	0,27	0,23	0,03	0,20	14	86	-80,50
Ca : P	[-]	0,70	3,90	0,52	0,70	3,90	0,52	0,70	3,90	0,52			-0,04
K : Na	[-]	100,00	25,00	64,00	100,00	25,00	64,00	58,38	25,00	64,00			41,62
Fe	[mg/kg]	102,0	89,0	123,0	109,9	94,7	134,4	123,9	25,1	98,8	20	80	-21,46
Mn	[mg/kg]	52,0	31,0	65,0	56,0	33,0	71,0	61,0	8,7	52,2	14	86	-17,22
Zn	[mg/kg]	51,0	23,0	68,0	55,0	24,5	74,3	61,1	6,5	54,6	11	89	-19,82
Cu	[mg/kg]	6,0	8,0	7,0	6,5	8,5	7,7	7,9	2,3	5,6	29	71	-31,30

RK<sup>\*)</sup> = Summenberechnung

Die Analysenangaben der Nährstoffe (von Rohprotein bis Nettoenergie), Mengenelemente (von Ca: P bis Natrium) und Spurenelemente (Eisen bis Mangan) beziehen sich auf die ursprüngliche Probenmischung aus den 6 Chargen (RK) und die mittels Extraktion getrennten Anteile: Stickstofffreie Anteil und Schalen (NFO) und den Proteinanteil (PROT).

Die Ergebnisse zeigen, dass mit der Methode eine weitreichende Trennung zwischen Proteinfractionen und stickstofffreien organischen Anteile und Schalen erzielt werden konnte. Die Massenverteilungsraten liegen für das Protein bei ca. 80:20 % in der proteinangereicherten Fraktion und für die stickstofffreien Extraktstoffe bei etwa 70:30 % in der NFO-Fraktion. Der Anteil der gelösten Proteine im deionisiertem Wasser im Verhältnis zur Niederschlagsmenge beträgt im Schnitt etwa 40 % ± 10 %.

### 2.2.2. Versuchsreihe 2 – Extraktionsverhalten bei unterschiedlichen pH-Werten

In einem zweiten Ansatz wurde das Extraktionsverhalten in Abhängigkeit vom pH-Wert untersucht.

Dazu wurden 6 Proben aus einer ausgewählten Charge nach Einrühren des Rapspresskuchens mit HCl bzw. NH<sub>4</sub>OH auf pH-Werte von 1,80 bis 10,57 eingestellt und 30 min bei 42 °C eluiert. Die eingestellten pH-Werte sowie die ausgewogenen Mengen sowie die Prozentanteile an NFO zur Gesamteinwaage sind in den nachstehenden Tabellen zusammengefasst.

**Tabelle 10: Versuchsansatz 2 – Eingewogene Mengen und eingestellte pH-Werte**

	Angesetzte Proben			
	Raps	H <sub>2</sub> O	pH: ursprünglich	pH: geändert
I	40,18	359,13	5,75	5,75
II	39,40	359,00	5,80	1,80
III	40,31	359,11	5,87	7,90
IV	39,32	360,65	6,00	10,57
V	39,84	360,22	5,90	4,10
VI	40,04	360,23	6,10	10,00

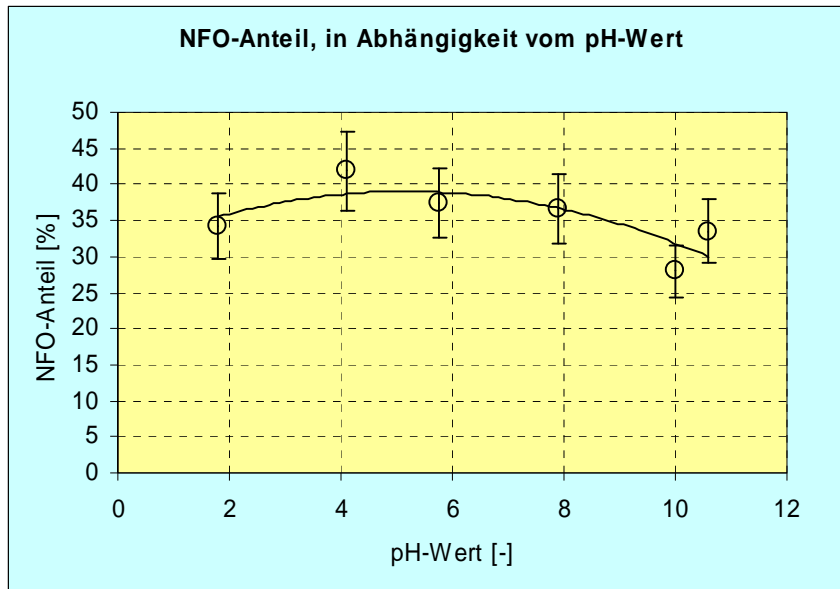
**Tabelle 11: Versuchsansatz 2 – Ausgewogene NFO-Mengen und Prozentanteil**

Probe	pH-Wert	Menge NFO [g]	Menge NFO [%]
I	5,75	15,02	37,37
II	1,80	13,50	34,27
III	7,90	14,80	36,71
IV	10,57	13,18	33,52
V	4,10	16,70	41,93
VI	10,00	11,20	27,96

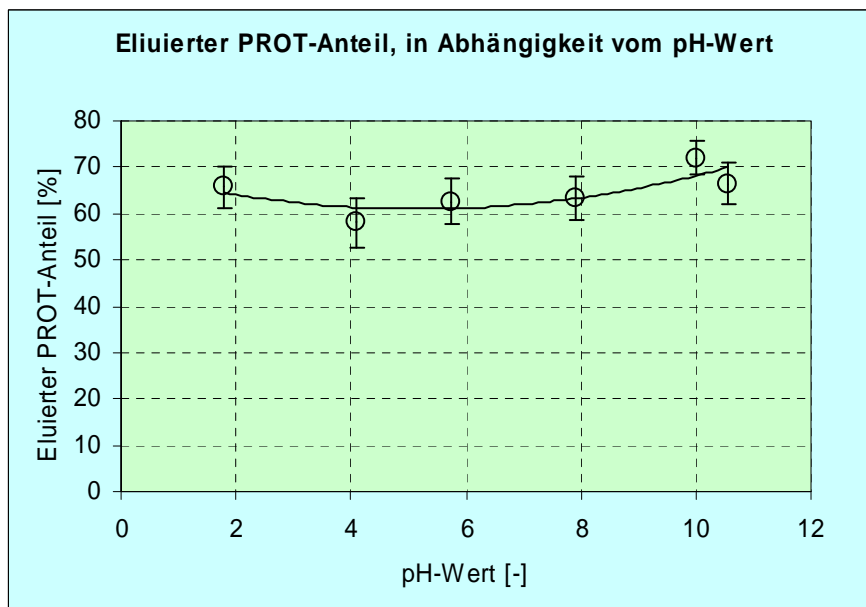
In den zwei nachstehenden Abbildungen (Abbildungen 11 und 12) sind die Ergebnisse der Untersuchungen in Diagrammform zusammengefasst. Sie zeigen, dass bei sowohl bei Zuga-

be von Säure als auch Lauge der proteinangereicherte Anteil gegenüber den stickstofffreien organischen Stoffen und Schalen geringfügig ansteigt. In Anbetracht, dass mit einer Änderung des pH-Wertes auch eine Denaturierung der Proteine zu erwarten ist, ist ein derartiger Schritt in Frage zu stellen.

**Abbildung 11:**



**Abbildung 12:**



### **3. Ergebnisse der Studie und Schlussfolgerungen**

Im Vorfeld zur Zusammenfassung und Interpretation der Ergebnisse sind in den nachstehenden Subkapiteln die Ziele und Ergebnisse der einzelnen Arbeitspakete zusammengefasst.

#### **3.1. Arbeitspaket 1**

Das Arbeitspaket 1 beinhaltete die Erfassung der Zusammensetzung des Rapspresskuchens sowie deren Standardabweichungen. Zur deren Erfassung wurden 4 Mischproben über die Jahre 2006, 2007 und 2008 aus dem Partnerunternehmen herangezogen, wobei mit der Probe aus dem Produktionszeitraum September 2008 auch die im Kapitel 2 beschriebenen Untersuchungen durchgeführt wurden.

Die Proben wurden nach ihren Nährstoffwerten sowie den Mengen- und Spurenelementen untersucht. Sieht man von den Spurenelementen, die bei der vorliegenden Problemstellung von vernachlässigbarer Bedeutung sind ab, zeigen die Ergebnisse, dass mit Ausnahme des K-/Na-Verhältnisses sowie dem Feuchte- und Rohfaser-Anteil eine geringe Schwankungsbreite zwischen den Proben feststellbar ist. Aufgrund der geringen Schwankungsbreite wurde der daraus errechnete Mittelwert unter Berücksichtigung für die weiteren marktwirtschaftlichen Analysen und experimentellen Untersuchungen herangezogen. Die Analysen wurden im IK Futtermittellabor Rosenau durchgeführt.

Die Werte sind nachstehend in Tabelle 12 mit Mittelwert und Standardabweichungen zusammengefasst.

Tabelle 12: Analyseergebnisse – Nährstoffe, Mengen- und Spurenelemente

Tabelle 12: Analyseergebnisse Nährstoffe, Mengen- und Spurenelemente

Art	Parameter	[Einheit]	Sep.06		Aug.07		Aug.08		Sep.08		Mittelwert		St.Abw.	
			TM		TM		TM		TM		TM		± TM	± %
<b>Nährstoffe</b>	Feuchtegehalt	[M %]	10,80		7,60		8,70		7,20		8,58		1,61	18,81
	Rohprotein	[g/kg]	349		312		323		330		328		15	4,72
	Nutzbares Rohprotein	[g/kg]	244		233		234		237		237		5	2,18
	Unabgebautes Rohprotein 30 %	[g/kg]	104		93		97		99		98		5	4,69
	N-Bilanz im Pansen	[g/kg]	17		13		14		15		15		2	10,87
	Rohfett	[g/kg]	136		140		128		133		134		5	3,62
	Rohfaser	[g/kg]	111		140		101		117		117		16	14,03
	N-freie Extraktstoffe	[g/kg]	341		348		381		352		356		18	4,96
	Rohasche	[g/kg]	64		61		67		68		65		3	5,04
	Umsetzbare Energie	[MJ]	13,79		13,79		13,59		13,65		13,71		0,10	0,72
<b>Energieinhalte</b>	Nettoenergie	[MJ]	8,46		8,46		8,35		8,38		8,41		0,06	0,70
	Calcium	[g/kg]	7,17		7,14		7,89		7,44		7,41		0,34	4,64
	Phosphor	[g/kg]	10,20		10,06		11,39		10,67		10,58		0,60	5,65
	Magnesium	[g/kg]	4,60		5,09		4,82		4,53		4,76		0,25	5,31
	Kalium	[g/kg]	13,45		12,99		14,24		14,01		13,67		0,56	4,12
	Natrium	[g/kg]	0,25		0,16		0,18		0,14		0,18		0,05	25,43
	Calcium : Phosphor	[-]	0,70		0,71		0,69		0,70		0,70		0,01	1,08
	Kalium : Natrium	[-]	54,55		80,00		81,25		100,00		78,95		18,66	23,64
	Eisen	[mg/kg]	o.b.		o.b.		104,05		109,91		106,98		4,14	3,87
	<b>Spurenelemente</b>	Kupfer	[mg/kg]	o.b.		o.b.		6,57		56,03		31,30		34,98
Zink		[mg/kg]	o.b.		o.b.		61,34		54,96		58,15		4,51	7,76
Mangan		[mg/kg]	o.b.		o.b.		59,15		6,47		32,81		37,25	113,55

Hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung führten vorab durchgeführte Recherchen in Internet sowie in wissenschaftlichen Datenbanken zu übereinstimmenden Ergebnissen, so dass auf Basis dieser Daten mit gesicherter Annahme der Schwerpunkt auf die weitere verfahrenstechnologische Untersuchungen fokussiert werden konnte.

Für die Ausarbeitung technologischer Verwertungsoptionen ist die Abtrennung des noch im Kuchen befindlichen Rohfettes im Vorfeld von nicht vernachlässigbarer Bedeutung. Die Analyse einer Rapskuchenprobe aus dem Unternehmen zeigt, dass ein nicht vernachlässigbarer Anteil an ungesättigten Fettsäuren sich noch im Rapskuchen befindet. Vergleichen an der GC-Peakfläche weisen über 60 % der Fette ein einfach ungesättigtes Fettsäuremuster und über 90 % C-18-Kettenlänge auf. Die Ergebnisse der Analyse dieser Probe stimmen mit den ermittelten Daten aus der Recherche gut überein.

Die Ergebnisse sind in nachstehender Tabelle 13 nach Anzahl der Kettenlänge der Fettsäure zusammengefasst und in Tabelle 14 in einem Schaubild übersichtlich nach Kettenlänge und Anzahl der C=C-Doppelbindungen dargestellt.

Das analytische Untersuchungsverfahren erfolgte nach "Bestimmung von Fettsäuremethylestern in pflanzlichem Öl" mit GC-FID und wurde vom Institut für Lebensmitteluntersuchung Graz durchgeführt. Das Untersuchungsverfahren für die mechanische Probenvorbereitung erfolgte nach ISO 6498/1998 und wurde vom Institut für Futtermittel, Wien durchgeführt.

**Tabelle 13: Ergebnis Rapskuchen - Fettsäuremuster**

Anz C	Nomenklatur	Säurebezeichnung	Area
			[%]
C14:0	Tetradecensäure	Myristinsäure	< BG
C16:0	Hexadecensäure	Palmitinsäure	5
C16:1	cis-Hexadecensäure	Palmitoleinsäure	0,4
C18:0	Octadecensäure	Stearinsäure	1,9
C18:1	cis-9-Octadecensäure	Ölsäure	55,6
C18:1	cis-11-Octadecensäure	cis-Vaccensäure	4,8
C18:2	cis-9,12-Octadecadiensäure	Linolsäure	21,3
C18:3	cis-9,12,15-Octadecatriensäure	alpha-Linolensäure	7,9
C20:0	Eicosensäure	Arachinsäure	0,7
C20:1	cis-11-Eicosensäure	Gondosäure	1,1
C22:0	Docosensäure	Behensäure	0,4
C22:1	cis-13-Docosensäure	Erucasäure	< BG
C24:0	Tetraconsäure	Lignocerinsäure	0,2
C24:1	cis-15-Tetraconsäure	Nervensäure	0,2



**Tabelle 14: Darstellung Fettsäuremuster im Rapskuchen nach C-Kettenlänge bzw. Anzahl der C=C-Doppelbindungen**

	Anzahl C=C-Bindungen				Summe
	CX:0	CX:1	CX:2	CX:3	
C14					
C16	5,0	0,4			5,4
C18	1,9	60,4	21,3	7,9	91,5
C20	0,7	1,1			1,8
C22	0,4				0,4
C24	0,2	0,2			0,4
<b>Summe</b>	<b>8,2</b>	<b>62,1</b>	<b>21,3</b>	<b>7,9</b>	<b>100,0</b>

< Bestimmungsgrenze ist gleich < 0,1 Area %

Basierend auf den Ergebnissen der Analysen sowie den Erkenntnissen der vorab durchgeführten Recherchen hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung des Rapsschrotts, wurde in einer weitergehenden Erhebung nach möglichen Verfahren zur Separation von Wertstoffen gesucht. Diese Recherchen wurden nach den Kriterien des dafür benötigten technologischen Aufwandes der angestrebten Produkte sowie deren Qualitätseigenschaften geführt. Die Literaturstellen sind unter Punkt 5.1. aufgelistet sowie ausgewählte Artikel als nicht öffentlicher Teil in einem Aktenordner beigelegt.

### 3.2. Arbeitspaket 2

Untersuchungen der Marktbedingungen für die Verwertung von Inhaltsstoffen aus Rapskuchen als Lebensmittelzusatzstoffe lassen auf sehr große Einstiegsbarrieren für KMU's schließen. Kritische Faktoren sind die langen Entwicklungszeiten und Vorlaufkosten bis zur Erreichung der Marktzulassung der Produkte, die große Konkurrenz durch ähnliche Produkte aus anderen Rohstoffen wie beispielsweise Soja und die Dominanz des Marktes durch große, international agierende Konzerne. Für KMU's chancenreicher sind hingegen Nischenstrategien im Bereich des Tierfuttermarktes, beispielsweise durch die Kombination von logistischen und technologischen Innovationen durch die Verwendung von garantiert gentechnisch nicht verändertem Ausgangsmaterial und die Verbesserung der Produktqualitäten, beispielsweise durch Abtrennung der Schalen vor dem Pressvorgang, sowie der Entwicklung einer begleitenden Vermarktungsstrategie.

### 3.3. Arbeitspaket 3

Anhand der Erkenntnisse der Marktanalyse wurde mittels Recherche in Patent-Datenbanken sowie wissenschaftlichen Datenbanken ein Überblick über den aktuellen Patentstand bzw. Stand der Technik hinsichtlich Schälverfahren von Raps sowie nativen Extraktions-Verfahren von Öl-Presskuchen verschafft. Die Schälverfahren, weil sie als mögliche Alternative zur qualitativen Verbesserung des Öles sowie der Erzielung einer verbesserten Futtermittelproduktion gerade für KMU von Bedeutung sein können. Die Patentangaben sind unter Punkt 5.2. aufge-

listet. Außerdem sind die Abstracts von ausgewählten Patenten als nicht öffentlicher Teil im Anhang des Berichtes aufgelistet bzw. weitere Patente im vollen Textumfang in einem Aktenordner beigelegt.

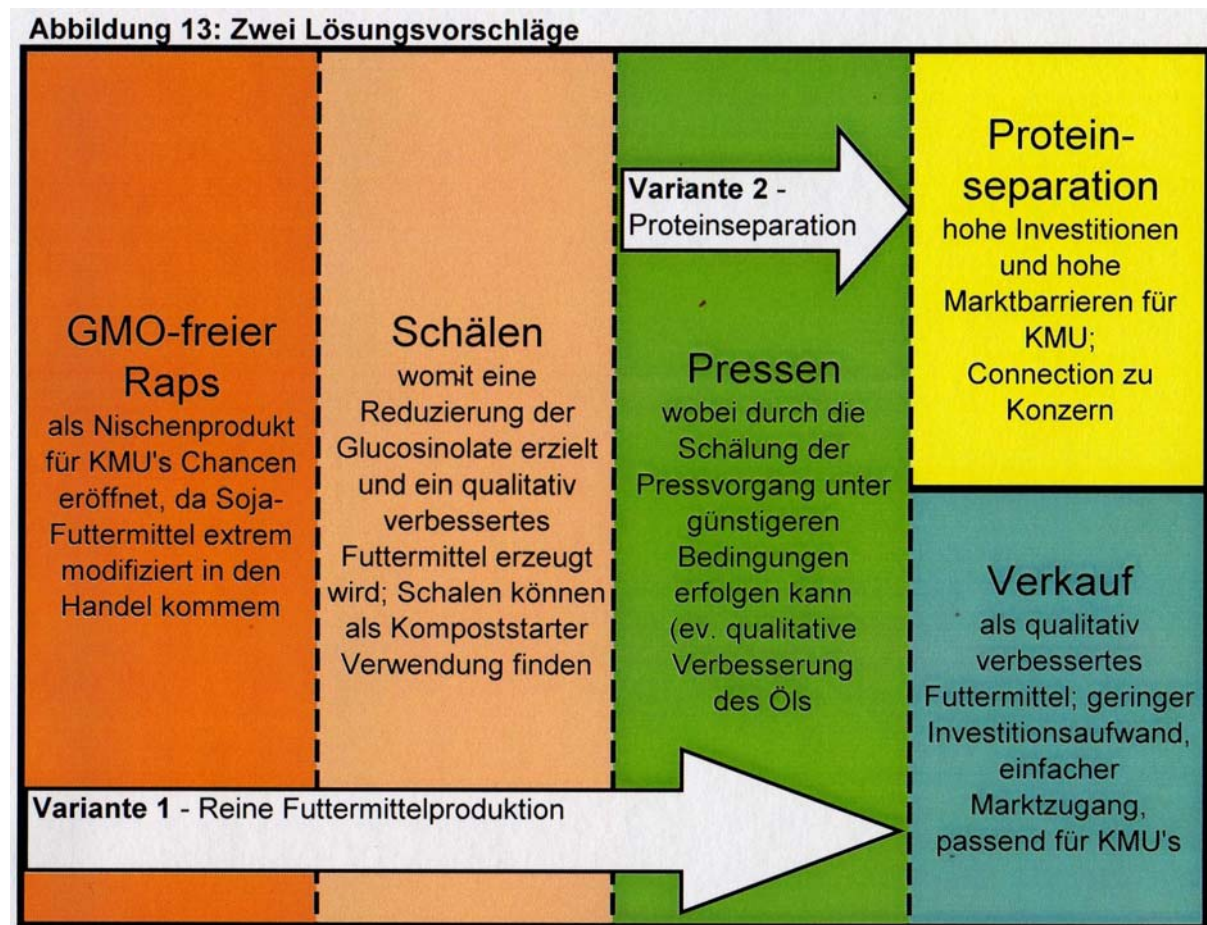
### 3.4. Arbeitspaket 4

In experimentellen Untersuchungen im Labormaßstab wurde ein innovatives Verfahren zur nativen Proteinextraktion in wässriger Lösung bei Raumtemperatur durch Zusatz spezieller Enzyme und Pilzextrakten entwickelt, deren technische Machbarkeit überprüft und nach positivem Ergebnis im Zuge einer Parameterstudie hinsichtlich Extraktionsausbeute optimiert.

Eine weitere Methode welche zu einer weitgehenden Anreicherung der Proteine von den stickstofffreien Extraktstoffen und Schalen führt, wurde in experimentellen Versuchen auf deren zu erreichbaren Ausbeuten geprüft.

### 3.5. Arbeitspaket 5

Anhand der Ergebnisse von Arbeitspaket 4 wurden zwei Konzepte mit unterschiedlichen Entwicklungs- und Investitionsaufwand erstellt, wobei zwei Extraktionsverfahren auf ihre technische Machbarkeit überprüft wurden. Sie sind in nachstehender Abbildung 13 dargestellt.



Die Variante 1 sieht den Zukauf von GMO-freier Rapssat und ein vereinfachtes Schälverfahren vor. Dieser Lösungsweg bietet den KMU-Unternehmen - mit einem geringem Investitionsaufwand und niedrigen Marktbarrieren (einfacher Marktzugang) - einen Anreiz an.

Mit Soja-Presskuchen aus GMO-freien Soja wird zum Unterschied aus gentechnisch modifizierten Soja ein etwa 20 % höheren Marktwert erzielt. Diese prozentuelle Wertsteigerung ist auch für Presskuchen aus Rapssaaten zu erwarten. Im Falle eines KMU bei dem etwa 3000 T Rapskuchen anfallen, entspricht dies bei einem Preis von € 160,- / T (Minimum) etwa € 100.000,- / Jahr. Als weiteres Argument kommt hinzu, dass Sojaprodukte vornehmlich nur mehr in gentechnisch modifizierter Form am Markt kommen, so dass mit dem GMO-freien Futtermittel ein auch für die Zukunft durchaus wertbeständiges Nischenprodukt verkauft werden kann.

Als zweite Maßnahme für eine Qualitätsverbesserung des Futtermittels ist ein vereinfachtes Schälverfahren vorgesehen, mit welchen die Glucosinolate bereits vor dem Pressvorgang in einem erheblichen Maß reduziert werden können, womit eine erhebliche Steigerung der Verdaulichkeit des Futters besonders bei Schweinen erlangt werden kann. Wie in Punkt 1.3.1 erwähnt, wird der überragende Anteil (etwa  $\frac{2}{3}$ ) an Presskuchen für die Schweinefütterung verfüttert.

Außerdem kann erwartet werden, dass die Qualität des Öles eine Wertsteigerung erfährt und durch den Wegfall der Schalen auch die Öl-Ausbeute bei gleichem energetischem Pressaufwand erhöht werden kann. Der Schalenanteil kann zur Energieversorgung oder aufgrund seiner wasserspeichernden Eigenschaft als Bodenhilfsstoff verwendet werden.

Die Variante 2 sieht die Verwertung der Proteine durch eine native Extraktion auf Pilz- / Enzymbasis vor. Der Rest kann entsprechend der Abb.14 verwertet werden. Eine weitere Möglichkeit bietet sich mit der Wasserextraktion an, mit welcher einerseits die Proteine auf etwa 80 % und andererseits die N-freien Extraktstoffe (vornehmlich Schalen-, Rohfasser-Anteil) auf etwa 66 % aufkonzentriert werden können. Zu beachten ist im letzteren Verfahrensvorschlag die Wasserproblematik, da hohe Mengen an TOX-belasteten Prozesswässern anfallen, welche im Kreis geführt werden müssen. Der Verfahren wurden auf ihre technische Machbarkeit geprüft und technologisch optimiert. Eine wirtschaftliche Optimierung ist für die nächste Stufe vorgesehen.

### **3.6. Verbesserung der Wertschöpfung eines Folgeproduktes**

Im Rahmen der Studie wurde eine Darstellung für die Sinnhaftigkeit der Verbesserung der Wertschöpfung eines Folgeproduktes dessen Hauptprodukt ökologisch anfechtbar ist, gefordert.

Bei vorliegender Problemstellung ist zu beachten, dass bei deren Lösungssuche, wo lediglich etwa 30 % der Rohstoffmenge als Hauptprodukt anfallen, auch die Folge- bzw. Nebenprodukte gleichrangig in die technologischen wie auch wirtschaftlichen Betrachtungen mit ein zu be-

ziehen sind. Denn wenn wie z. B. im Rahmen dieser Studie eine technologisch geprüfte und im Labormaßstab optimierte neue Verfahrensidee zur effizienten nativen Proteinextraktion in der Praxis erfolgreich zum Einsatz gebracht werden kann, kann diese Verfahrensänderung einen erheblichen Einfluss auf das gesamte Verfahren, inklusive den Pressvorgang, nehmen.

Wie sensibel die technologischen und wirtschaftlichen Zusammenhänge miteinander verbunden sind, zeigt das Beispiel, dass bereits bei einem geringen Verzicht an Öl-Ausbeute, der Pressvorgang bei einer deutlich tieferen Temperatur stattfindet. Demzufolge kann ein neues Verfahren, wie dies der nativen Proteinextraktion bei Raumtemperatur, erheblich zu einer Qualitätssteigerung der extrahierten Proteine beitragen. Dies kann im Fall der beabsichtigten Anwendung der extrahierten (Teil)Mengen an Proteinen für die kosmetische Industrie die Wertschöpfungskette deutlich steigern. Nebenbei wird durch die niedrigere Presstemperatur auch betriebskostenseitig der Energieaufwand verringert.

Einen weiteren Grund liefern die Erkenntnisse aus der Marktrecherche hinsichtlich der beobachteten Preisverläufe bzw. deren Schwankungsbreiten zwischen Raps, Rapsöl und Rapspresskuchen (siehe Abb. 2). Die Ermittlungen zeigen, dass Angebot und Nachfrage sich beim Rapspresskuchen sichtbar stabiler entwickelten als beim Rapsöl, womit der Rapspresskuchen mit einem geringeren Preisverfall konfrontiert wird, womit auch Zuordnung von Haupt- und Folgeprodukt in Frage gestellt werden kann. Besonders wenn, wie im vorliegenden Fall ein Verfahren zur nativen Proteingewinnung marktwirtschaftlich durchsetzbar ist.

Damit rechtfertigt sich auch der kritische in Frage gestellte Zusammenhang, dass es trotz ökologischer Anfechtung des Rapsanbaus für die Treibstoffgewinnung sinnvoll sein kann, Bemühungen in einer Verbesserung der Wertschöpfung eines Folgeproduktes zu setzen.

### **3.7. Zusammenfassung der Ergebnisse**

Die Ergebnisse der Marktrecherche zeigen, dass der potenzielle Markt für Proteine aus Rapskuchen gegenwärtig von Produkten aus Sojabasis beherrscht wird. Einzelne Versuche mit Rapsproteinen haben nach mehr als zehnjähriger Entwicklungszeit noch keinen Durchbruch am Markt erreicht. Der Einstieg in diese Vermarktungsschiene ist speziell für KMU's mit sehr hohen ökonomischen Risiken und langen Vorlaufzeiten für Verfahrensentwicklung, Absicherung des Know-hows, Einholung der erforderlichen Zertifizierungen und dem Aufbau von Vertriebsschienen verbunden.

Jedoch eröffnen sich bei eingehender Betrachtung für diese Betriebe sehr wohl Chancen, den Rapspresskuchen gewinnbringend vermarkten zu können, in dem sie bei ihrer Rohstoffauswahl das Augenmerk auf ökologische Landwirtschaft (gentechnikfreie Produkte) legen. Denn aufgrund der in Zukunft rückläufig zu erwartenden Verfügbarkeit von Presskuchen aus gentechnikfreien Soja, steigt die Nachfrage für Ersatzprodukte im ökologischen Landwirtschaftsbereich. Dieser zu erwartende Trend bietet den KMU's eine Möglichkeit mit geringem Investi-

tionsaufwand sich eine überlebensfähige Marktnische zu schaffen, in dem sie ihren Rohstoffbezug auf gentechnikfreie Produkte ausrichten und diese durch eine Qualitätszertifizierung absichern.

Wie in Abbildung 4 (Punkt 1.3.1.) beim Qualitätsvergleich zwischen Rapsextraktionsschrot und Sojaextraktionsschrot ersichtlich hervorgeht, bedarf es lediglich einem Zusatz von nutzbarem Lysin um eine qualitative Gleichstellung als Futtermittel zu erzielen. Durchaus überlegenswert ist in diesem Zusammenhang auch die Herstellung eines "design taylored" Eiweißfutters durch Zusatz der fehlenden Proteinmenge an nutzbarem Lysin.

Fasst man die Marktrecherchen und Ergebnisse der Laboruntersuchungen zusammen, so bieten sich den Betreibern von Ölmühlen unter Bedachtnahme der obig erwähnten Argumente je nach Investitionsaufwand mehrere Marktszenarien. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist aus ökonomischen Gründen die Verfolgung der Vermarktungsvariante "Nahrungsmittelzusatz" nur bei ausreichender Verfügbarkeit von Risikokapital zu empfehlen. Speziell unter den österreichischen Rahmenbedingungen bietet sich jedoch als Marktnische für KMU's die spezialisierte Verarbeitung von Presskuchen aus gentechnisch nicht veränderter Rapssaat als Futtermittel für biologisch arbeitende Betriebe an.

Zieht man die Futtermittelvariante in Betracht, so fällt der Abtrennung der Schalenanteile mit den mindernden Inhaltsstoffen, den Glucosinolaten, Tannine, Phytate und Sinopine im Vorfeld eine hohe Bedeutung zu. Dies kann auf wirtschaftliche Weise mit einem Schalenseparator erfolgen. Durch die Trockenschälung wird die Qualität aufgrund der besseren Verdaulichkeit des Futters angehoben. In diesem Zusammenhang wäre noch zu untersuchen, in welchem Ausmaß die Schälung im Vorfeld den Pressvorgang verändert (z. B. geringere Energieeintrag und niedrigere Temperaturen) bzw. die Ölausbeute und Qualität des Öles gesteigert werden kann.

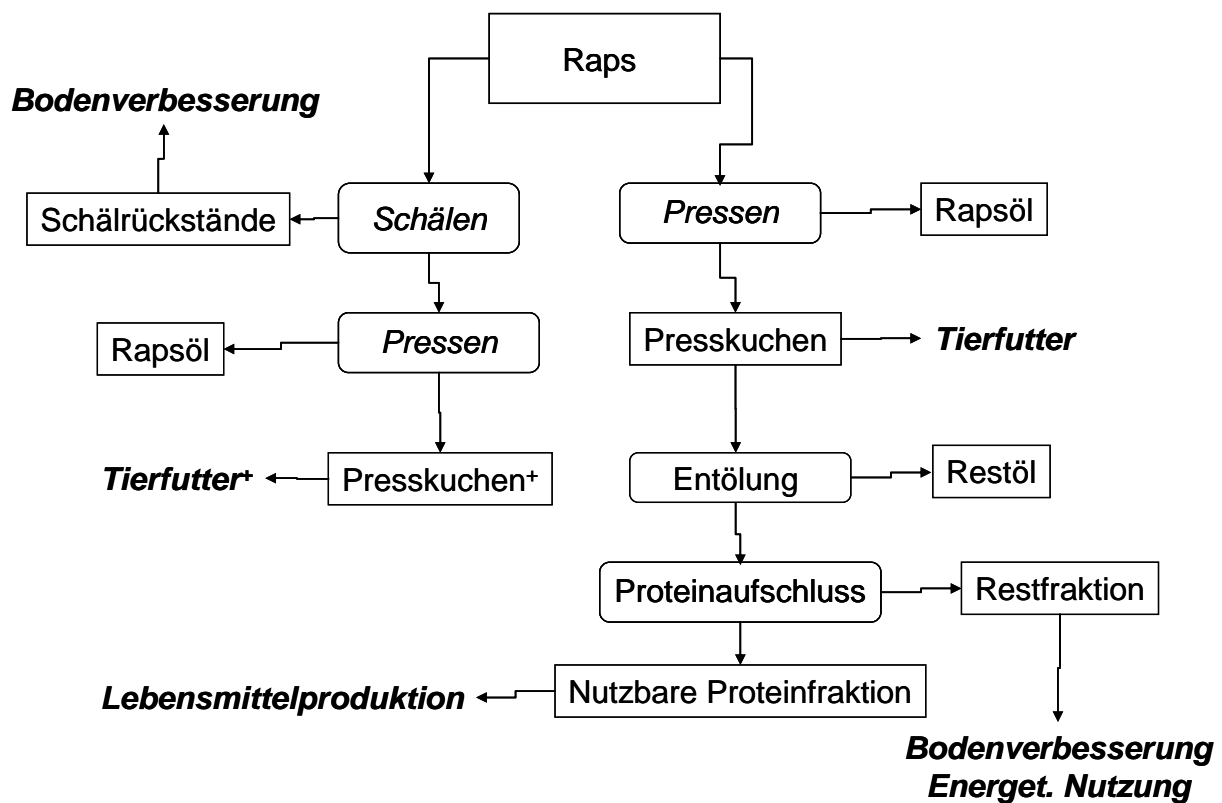
Eine deutliche Hebung des der Futtermittelqualität als Eiweißfutter kann mit einer wässrigen Extraktion mit anschließender Klassierung in einen proteinangereicherten Anteil und den stickstofffreien Extrakten + Schalenanteile bei etwa 40 °C erzielt werden. Die Laboruntersuchungen zeigen, dass bei einer zu erwartenden Mengenausbeute von etwa 70 - 75 % eine deutliche Proteinanreicherung erzielt werden kann. So liegt z. B. der Verteilungskoeffizient an nutzbarem Protein in der proteinangereicherten Fraktion bei etwa 80 % zu 20 %. Allerdings ist aufgrund der großen Mengen an enthärtetem Wasser damit ein zusätzlich technologischer Aufwand für die Kreislaufführung des Wassers erforderlich, da maximal 10 – 15 Massen-% an Presskuchen bezogen auf die Wassermenge eingerührt werden können. Für die Kreislaufführung des Wassers eignet sich ein druckbetriebenes Membranverfahren. Außerdem muss der Anteil an gelöstem Protein im proteinangereicherten Anteil über Verdampfer aufkonzentriert und getrocknet werden. Auch für den Anteil der stickstofffreien Extrakte und Schalen ist eine Trocknung vorzusehen.

Der Anteil mit den stickstofffreien Extraktstoffen und Schalen kann als Torfersatz oder Kompoststarter verwendet werden. Diese Variante ist noch in Labor- und Feldversuchen auf deren

Effizienz ihrer gewählten Anwendung zu überprüfen. In diesem Zusammenhang soll auch der Rapspresskuchen per se auf dessen Eignung als Bodenhilfsstoff bzw. als Kompoststarter untersucht werden. Zum einen, wegen seiner wasserspeichernden Eigenschaft und zum anderen weil gerade die Rapspflanze eine intensive Stickstoffdüngung benötigt und damit ein Großteil des Stickstoffaufwandes aus mineralischen Düngern durch eine Wiedereinbringung als Stickstoff-Dünger in den Boden eingespart werden könnte. Auch die Beobachtung des schnellen Aufwachsens von Mikroorganismen (Pilzen) besonders bei der proteinangereicherten Fraktion aus der wässrigen Extraktion lässt auf hervorragende Eigenschaften für den Einsatz als Bodenverbesserungsmittel schließen.

In nachstehender Abbildung 13 sind zwei mögliche Verwertungsszenarien in einem Fließschema zusammengefasst, wobei die beiden auch in Kombination betrachtet werden können.

**Abbildung 14: Fließschema mit unterschiedlichen Verwertungsvorschlägen**



## 4. Ausblick und weiterführende Untersuchungen

Aus den Erkenntnissen der Marktrecherche sowie die Ergebnissen der experimentellen Untersuchungen leiten sich eine Reihe von weiterführenden Untersuchungen im angewandten Forschungsbereich auf pflanzenphysiologischer, mikrobiologischer und verfahrenstechnischer Basis ab. Für die weiteren Untersuchungen ist vorgesehen, den Partnerkreis (Konsortium) neben den bereits an diesem Projekt mitwirkenden Finanzpartner mit Herstellern von Boden-

hilfsstoffen und Futtermitteln, Anlagenbauer sowie Unternehmen welche am mikrobiologischen Gebiet tätig sind, zu erweitern.

Bei der Umsetzung der Ergebnisse und Erkenntnisse dieser Studie darf nicht außer Acht gelassen werden, dass für die angestrebte wirtschaftliche Maximierung der Wertschöpfungskette stets der gesamte Verfahrensprozess (Haupt- und Folgeprodukte) in all den Betrachtungen einfließen. Außerdem sind diese technologischen Lösungsansätze auch noch marktwirtschaftlich auf ihre wirtschaftliche Umsetzbarkeit für die betroffenen KMU's zu prüfen (marktwirtschaftliche Umfeld, Investitionsbedarf, Chancen auf Durchbruch).

Um dieser umfassenden Betrachtungsweise gerecht zu werden, sollte als strategische Vorfeldmaßnahme für alle weiterführenden Untersuchungen vorerst der Einfluss der Trockenschälung vor und nach dem Pressvorgang auf alle damit verbundenen Änderungen bzw. Verbesserungen in Hinblick Qualität der Haupt- und Folgeprodukte und der Verfahrensbedingungen eingehend untersucht werden.

Eine verfolgenswerte Perspektive bietet die hohe Speicherkapazität an Wasser sowohl im Rapspresskuchen als auch in der NFO-Fraktion (stickstofffreien Extraktstoffe und Schalenanteil) nach Trennung dieser mittels wässriger Extraktion und Klassierung Bodenverbesserer bzw. Kompoststarter. Für diesen Zweck werden bestehende Kontakte mit einem Hersteller und Vermarkter von Kompoststartern aufgenommen und eine entsprechende Untersuchungsstrategie für eine Einreichung erstellt.

Die proteinangereicherte Fraktion kann dann als Eiweißfutter ohne Schalenanteile vermarktet werden, wozu Kontakte zu Futtermittelhersteller bzw. –vermarkter hergestellt werden. Unmittelbar dazu muss auch die verfahrenstechnische Problematik für eine Kreislaufführung des Wassers einer wirtschaftlichen Lösung zugeführt werden, wozu in ein weiterführendes Projekt Membrananlagenbauer einbezogen werden.

Für eine weitere Maximierung der Wertschöpfungskette für eine Anwendung spezieller Eiweißfraktionen für die Kosmetik bzw. Nahrungsmittelindustrie soll in den weiterführenden experimentellen Untersuchungen die im Rahmen dieser Studie geprüfte und im Labormaßstab optimierte Idee unter Einbeziehung mit am Gebiet der Mikrobiologie tätigen Unternehmen sowie Anlagenbauern zur nativen Proteinextraktion nach wirtschaftlichen Kriterien verfahrenstechnisch zur Betriebsreife weiterentwickelt werden.

## **5. Literatur und Patente**

Im Rahmen des Projektes wurde eine eingehende Literatur- und Patentrecherche durchgeführt. Nachstehend sind die wesentlichen Literatur- und Patentstellen bzw. Verordnungen auf die im Bericht bezug genommen wurde, zusammengefasst.

## 5.1. Literatur, Verordnungen

**Aha B. S.:** Biologisch abbaubare Tenside aus Nachwachsenden Rohstoffen: *N*-Acylaminosäuren – Synthesen und Tensideigenschaften -. Bergische Universität-GH-Wuppertal, Wuppertal 1999.

**agrarheute.com:** Märkte und Preise, Marktfrüchte - Handel. [www.agrarheute.com](http://www.agrarheute.com)

**Alert H.-J.,** Schöne F.: Einsatz von Rapsprodukten in der Fütterung von Rind und Schwein. Sächsischer Ölsaaten tag. (Ort o.A.) 2005.

**Archer Daniels Midland:** [www.adm.com](http://www.adm.com)

**Axara:** [www.axara-consulting.com](http://www.axara-consulting.com)

**Bajjalieh N.:** Proteins from oilseeds. In: o.A.: Protein sources for the animal feed industry. o.A. .S. 141-159, o.A..

**Barth C.A.,** Metges C.C.: Nutzung von Rapsprotein in der Humanernährung. In: o.A.: UFOP Schriften, Heft 32: 1-10. (Ort o.A.) 2007.

**Bonk M.:** Chancen für die Nutzung pflanzlicher Proteine. o. A., Freiburg o.A..

**Bos C.,** Arinei G., Mariotti F., Benamouzig R., Berot S., Evrard J., Fenart E., Tomé D. Gaudichon C.: The Poor Digestibility of Rapeseed Protein is Balanced by Its Very High Metabolic Utilization in Humans. In: o.A.: Journal of Nutrition 137:594-600. (Ort o.A.) 2007.

**Burcon:** [www.burcon.ca](http://www.burcon.ca)

**Dazert D.:** Untersuchung der Entölbbarkeit von Sojamehl zur Herstellung von Sojaproteinprodukten. Technische Universität Berlin, Berlin 2004.

**Ehlers H.,** Czekala A.: Hintergrundinformationen zur Herkunft und Verwendung von Soja in der Futtermittelwirtschaft. Deutscher Raiffeisenverband. (Ort o.A.) 2007.

**Ericson M. L.,** Rödin J., Lenman M., Glimelius K., Josefsson L.-G., Rask L.: Structure of the Rapeseed 1.7 S Storage Protein, Napin, and Its Precursor\*. In: o. A.: The journal of biological chemistry. The American Society of Biological Chemists. S. 14576-14581, o.A. 1986.

**Ettle T.:** Einsatz industriell erzeugter Proteinfuttermittel (RaPass, Schlempe) in der Milchviehfütterung. BOKU, Abt. Tierische Lebensmittel, Tierernährung und Ernährungsphysiologie, (Ort o.A.) 2007.



**EU:** VERORDNUNG (EG) Nr. 2092/91 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 24. Juni 1991 über den ökologischen Landbau und die entsprechende Kennzeichnung landwirtschaftlicher Erzeugnisse und Lebensmittel. (Ort o.A.) 1991.

**EU:** VERORDNUNG (EG) Nr. 258/97 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 27. Januar 1997 über neuartige Lebensmittel und neuartige Lebensmittelzutaten. (Ort o.A.) 1997.

**EU:** VERORDNUNG (EG) Nr. 1829/2003 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 22. September 2003 über genetisch veränderte Lebensmittel und Futtermittel. (Ort o.A.) 2003a.

**EU:** VERORDNUNG (EG) Nr. 1830/2003 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 22. September 2003 über die Rückverfolgbarkeit und Kennzeichnung von genetisch veränderten Organismen und über die Rückverfolgbarkeit von aus genetisch veränderten Organismen hergestellten Lebensmitteln und Futtermitteln sowie zur Änderung der Richtlinie 2001/18/EG. (Ort o.A.) 2003b.

**Girsch L.,** Balarezo N.: Machbarkeitsstudie zur Auslobung „gentechnikfrei“ und Vermeidung von GVO bei Lebensmittel aus tierischer Erzeugung. AGES, Wien, 2005.

**Graf T.:** Dezentrale Erzeugung von Rapsölkraftstoff – Möglichkeiten, Wirtschaftlichkeit, Qualitätssicherung. Fachtagung Biokraftstoffe Berlin, Berlin 2006.

**Höglund A.-S.,** Rödin J., Larsson E., Rask L.: Distribution of Napin and Cruciferin in Developing Rape Seed Embryos. Swedish University of Agricultural Science, Uppsala 1992.

**Kelderer M.,** Gramm D., Topp A., Andreaus O.: Die Stickstoffmineralisierung von organischen Düngemitteln. In: o.A.: Öko-Obstbau 3/2008: 26-30, o.A. 2008.

**Krause J.-P.,** Kroll J., Rawel H.M.: Verarbeitung von Rapssaat – Eigenschaften und Gewinnung von Proteinen. In: o.A.: UFOP Schriften, Heft 32: 11-101, o.A. 2007.

**Kroll J.,** Krause J.-P., Rawel M. H.: Rapssamenproteine – Struktur, Eigenschaften, Gewinnung und Modifizierung. In: Lauser, G. (Hsg.): Deutsche Lebensmittel-Rundschau. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH. 103. Jahrgang, Heft 3. S.109-118, Stuttgart 2007.

**Luck T.,** Borchering A.: Abschlußbericht: Untersuchungen zum technischen Einsatzpotential pflanzlicher Proteine aus entfettetem Raps als Rohstoff für technische Nutzungen (Förderkennzeichen 95 NR 101-F). Verbundvorhaben: Technischer Raps. Freising: Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung, Freising 1998.

**Lühs W.**, Baetzel R., Friedt W.: Zur Kombinierbarkeit von hoher Saatgutqualität und wertvollen Korninhaltsstoffen bei Raps (*Brassica napus*): Möglichkeiten und Grenzen. 51. Arbeitstagung der Vereinigung österreichischer Pflanzenzüchter, Gumpenstein, 2000.

**Manamperi W.A.**, Pryor S.W., Chang S.K.C.: Separation and Evaluation of Canola Meal and Protein for Industrial Bioproducts. ASABE/CSBE Intersectional Conference, North Dakota, 2007.

**Natsch A.:** Untersuchung der Herstellbarkeit von Rapsproteinprodukten auf der Grundlage verschiedener Entölungungsverfahren. Dissertation, TU Berlin, Berlin 2006.

**Peschel I. :** Rapoplus® – ein hochwertiges Eiweißfuttermittel zur optimalen Aminosäurenverwertung von Hochleistungskühen! Veredelungsproduktion 3/2004, (Ort o.A.) 2004.

**Raß Michael;** “Zur Rheologie des biogenen Feststoffes unter Kompression am Beispiel geschälter Rapssaat“; Dissertation; Fachbereich 12 - Maschinenwesen - Universität Gesamthochschule Essen; 2001

**Raß Michael, Schein Christian;** Teutoburger Ölmühle – Fakten und Fakten (*Schälverfahren*); Firmendatenblatt; [www.teutoburger-oelmuehle.de](http://www.teutoburger-oelmuehle.de); 2009

**Schein Christian** “Zum kontinuierlichen Trennpresen biogener Feststoffe in Schneckenometrien am Beispiel geschälter Rapssaat“; Dissertation; Fachbereich 12 – Maschinenwesen – der Universität Duisburg-Essen; 2003

**Schidler S., (u.A.):** Technikfolgen-Abschätzung der grünen Bioraffinerie. Band II: Materialsammlung. Institut für Technikfolgen-Abschätzung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien 2003.

**Schumann W.:** Rapspresskuchen als Futtermittel und sonstige Verwertungsmöglichkeiten. Workshop, Straubing, 2006.

**Schumann W.:** Untersuchungen zum Glucosinolatgehalt von in Deutschland erzeugten und verarbeiteten Rapssaaten und Rapsfuttermitteln. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Gülzow o.A..

**Soyez K., Kamm B., Kamm M. (Hsg.):** Die Grüne Bioraffinerie. Ein ökologisches Technologiekonzept für regional nachhaltige Produktions- und Wertschöpfungsprozesse. Gesellschaft für ökologische Technologie und Systemanalyse e.V.. (Beitrag zur ökologischen Technologie 5), Berlin 1998.

**Uhl A.**, Haas R., Remmele E.: Befragung von Betreibern dezentraler Ölsaatenverarbeitungsanlagen. Technologie- und Förderzentrum, Bericht 15, (Ort o.A.) 2007.

**Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen e.V.:** UFOP-Marktinformation Ölsaaten und Biokraftstoffe, (Ort o.A.) div.Jg..

**Urdl M.**, Gruber L., Häusler J., Maierhofer G., Schauer A.: Untersuchungen zum Einsatz von getrockneter Weizen- und Maisschlempe (Straprot) bei Wiederkäuern. HBFL Raumberg – Gutenstein, Gutenstein 2006.

**Weiß J.**, Schöne F.: Rapskuchen an Schweine: Ja – aber in Maßen! LLH Kassel, Kassel 2006.

**Weiß J.**, Schöne F.: Rapsextraktionsschrot in der Schweinefütterung. UFOP Praxisinformation, o.A. 2008.

**Wiedner G.:** Wie passt ActiProt in die Ration? Die Landwirtschaft 4/2008, 4-6, o.A. 2008.

## 5.2. Patente

### Verfahren zum Schälen von Raps

"Title", "Publication number", "Publication date", "Inventor(s)", "Applicant(s)", "International classification", "European classification", "Application number", "Date of application", "Priority number(s)", "Cited documents"

"Barking method and apparatus for plants seed", "CN101218984 (A)", "2008-07-16", "SHENG JUN [CN]; YONG CHENG [CN]; HANG SHENG [CN]", "SHANGHAI YINGBANSI LOGISTIC TE [CN]", "A23N7/00", "A23L1/20D; A23L1/10H; A23L1/20B", "CN20071159802", "20071221", "CN20071159802 20071221", ""

"Rapeseed peeling and separating process", "CN1644667 (A)", "2005-07-27", "MO HUICHUN [CN]", "MO HUICHUN [CN]", "C11B1/04; C11B1/00", "", "CN20041065827", "20041221", "CN20041065827 20041221", ""

"Method of peeling and pressing pure natural rapeseed oil", "CN1618938 (A)", "2005-05-25", "DING ZHAOQING [CN]", "DING ZHAOQING [CN]", "C11B1/06; C11B1/00", "", "CN200310111432", "20031120", "CN200310111432 20031120", ""

"Method of making oil by peeling, cold pressing, extruding and soaking rapeseed", "CN1498952 (A)", "2004-05-26", "LIU DACHUAN [CN]; ZHANG LIN [CN]; YE PING

[CN]","WUHAN TECHNICAL COLLEGE [CN]","C11B1/10;  
C11B1/00","","CN20021046190","20021104","CN20021046190 20021104", ""

"High oil-bearing material peeling, puffing and oil and oil cake producing process","CN1312358 (A)","2001-09-12","HUANG FENGHONG [CN]; ZHOU LIXIN [CN]; LI WENLIN [CN]","INST OF OIL BEARING CROPS CHIN [CN]","C11B1/00; C11B1/02; C11B1/10","","CN20011006583","20010329","CN20011006583 20010329", ""

## **Proteinextraktion**

"Title","Publication number","Publication date","Inventor(s)","Applicant(s)","International classification","European classification","Application number","Date of application","Priority number(s)","Cited documents"

"Direct enzyme hydrolysis method for preparing rapeseed peptide using rapeseed cake","CN1884572 (A)","2006-12-27","LIU DACHUAN LIU [CN]","WUHAN POLYTECHNIC UNVIERSITY [CN]","C12P21/00","","CN20061019136","20060525","CN20061019136 20060525", ""

"Method for producing poisonless rape seed concentrate protein from coat removed cold pressed cake of rapeseed","CN1683390 (A)","2005-10-19","HU JIANHUA [CN]","WUHAN POLYTECHNIC COLLEGE [CN]","A23J1/14; C07K1/14; A23J1/00; C07K1/00","","CN20051018390","20050317","CN20051018390 20050317", ""

"PROCESS FOR DETOXICATING RAPESEED CAKE AND THE USE OF THE DETOXICATED CAKE","CN85102239 (A)","1987-02-04","ZHANG ZHENYUN","WEST SOUTH NORMAL COLLEGE","A23J1/14; A23L1/015; A23J1/00","","CN19851002239","19850401","CN19851002239 19850401", ""

"Direct enzyme hydrolysis method for preparing rapeseed peptide using rapeseed cake","CN1884572 (A)","2006-12-27","LIU DACHUAN LIU [CN]","WUHAN POLYTECHNIC UNVIERSITY [CN]","C12P21/00","","CN20061019136","20060525","CN20061019136 20060525", ""

"Novel protein isolation procedure","US4366097 (A)","1982-12-28","CAMERON JACQUELYN J; MYERS CHESTER D","GEN FOODS INC","A23J1/14; A23J1/00","A23J1/14","US19810244248","19810316","US19810244248 19810316","US3758452 A; US3817834 A; US4169090 A; US4208323 A; US4285862 A; US4309344 A"

"PROTEIN ISOLATION PROCEDURE","CA1139307 (A1)","1983-01-11","CAMERON JACQUELYN J; MYERS CHESTER D","GEN FOODS INC","A23J1/14; A23J1/00","A23J1/14","CA19810372874","19810312","CA19810372874 19810312", ""

"PROCESS FOR THE ISOLATION OF PROTEINS FROM RAPESEED", "CA1086307 (A1)", "1980-09-23", "EL NOCKRASHY AHMED S; MUKHERJEE KUMAR D; MANGOLD HELMUT K", "KRUPP GMBH", "A23J1/14; A23J1/00", "A23J1/14", "CA19760260900", "19760910", "DE19752540177 19750910", ""

"RECOVERY OF PROTEIN", "GB1507880 (A)", "1978-04-19", "", "GRAIN PROCESSING CORP", "A23J1/12; A23J1/14; A23J3/34; A23L2/66; A23J1/00; A23J3/00; A23L2/52", "A23J1/14P; A23J3/34C; A23L2/66", "GB19750053355", "19751231", "US19750538127 19750102", ""

"TRACTION AND ISOLECTRIC PROTEIN PRECIPITATION DETOXIFICATION AND ISOLATION OF RAPESEED PROTEIN BY AQUEOUS SALINE EX", "US3758452 (A)", "1973-09-11", "OWEN D", "OWEN D", "A23J1/14; A23J1/00", "A23J1/14", "USD3758452", "19711201", "US19710203842 19711201", ""

"NOVEL CANOLA PROTEIN ISOLATE", "WO2005067729 (A1)", "2005-07-28", "SCHWEIZER MARTIN [CA]; GREEN BRENT E [CA]; SEGALL KEVIN I [CA]; WILLARDSSEN RANDY [US]", "BURCON NUTRASCIENCE MB CORP [CA]; SCHWEIZER MARTIN [CA]; GREEN BRENT E [CA]; SEGALL KEVIN I [CA]; WILLARDSSEN RANDY [US]", "A23J1/14; A23J3/14; A23J1/00; A23J3/00", "A23J1/14; A23J3/14", "WO2005CA00062", "20050120", "US20040537031P 20040120", "WO03088760 A1; JP5043597 A; WO02089598 A1; WO03034836 A1; WO03075673 A1; WO02089597 A1; WO03043439 A1; XP008110926 A"

- "PROTEIN EXTRACTION FROM CANOLA OIL SEED MEAL", "PT1515614 (E)", "2008-12-16", "MILANOVA RADKA [CA]; MURRAY E DONALD [CA]; WESTDAL PAUL S [CA]", "BURCON NUTRASCIENCE MB CORP [CA]", "A23J1/14; C07K1/14; C07K1/34; C07K14/415; A23J1/00; C07K1/00", "A23J1/14C2", "PT20030735230T", "20030619", "US20020390126P 20020621; US20020401782P 20020808", ""
- "One-step method separation and extraction technology of sunflower seed oil protein aqua", "CN101326951 (A)", "2008-12-24", "ZHIFU SHI [CN]", "ZHIFU SHI [CN]", "A23J1/14; A23D9/02; A23J1/00", "", "CN20071011754", "20070619", "CN20071011754 20070619", ""
- "Protein extraction from canola oil seed meal", "ZA200410097 (A)", "2006-08-30", "MILANOVA RADKA; DONALD MURRAY E; WESTDAL PAUL S", "BURCON NUTRASCIENCE MB CORP", "A23J", "", "ZA20040010097", "20041214", "US20020390126P 20020621", ""
- "Protein extraction from canola oil seed meal", "US2006205929 (A1)", "2006-09-14", "MILANOVA RADKA [CA]; MURRAY E D [CA]; WESTDAL PAUL S [CA]", "", "C07K14/415", "A23J1/14C; A23J3/14", "US20030517277", "20030619", "US20020390126P 20020621; US20020401782P 20020808; WO2003CA00923 20030619; US20030517277 20030619", ""
- "Protein extraction from canola oil seed meal", "US2004049013 (A1)", "2004-03-11", "MILANOVA RADKA [CA]; MURRAY E DONALD [CA]; WESTDAL PAUL S [CA]", "MILANOVA RADKA, ; MURRAY E. DONALD, ; WESTDAL PAUL S, ; BURCON NUTRASCIENCE (MB) CORP", "A23J1/14; A23J1/00", "A23J1/14C; A23J1/14C2", "US20030465238", "20030620", "US20030465238 20030620; US20020390126P 20020621; US20020401782P 20020808", ""

- "OIL SEED PROTEIN EXTRACTION", "GR3032970 (T3)", "2000-07-31", "MURRAY EDWARD D [CA]", "B M W CANOLA INC [CA]", "A23J1/00; A23J1/14", "A23J1/00; A23J1/14", "GR20000400670T", "20000316", "WO1997CA00057 19970129; US19960594909 19960131", ""

"Fractionation and processing of oilseed meal", "AU2001259983 (B2)", "2006-02-09", "MAENZ DAVID D; CLASSEN HENRY L; NEWKIRK REX W; TYLER ROBERT T", "UNIV SAS-KATCHEWAN", "A23J1/14; A23J3/14; A23K1/14; A23K1/16; A23K1/18; A23L1/211; A23J1/00; A23J3/00", "A23J1/14P; A23J3/14; A23K1/14; A23K1/16G; A23K1/18; A23K1/18K; A23L1/211D", "AU20010259983", "20010514", "US20000204120P 20000515; WO2001CA00693 20010514", "WO9856260 A1; EP0976331 A2; US3736147 A; US3966971 A"

- "Fractionation and processing of oilseed meal", "US2004101614 (A1)", "2004-05-27", "MAENZ DAVID D [CA]; NEWKIRK REX W [CA]; CLASSEN HENRY L [CA]; TYLER ROBERT T [CA]", "MAENZ DAVID D, ; NEWKIRK REX W, ; CLASSEN HENRY L, ; TYLER ROBERT T, ; UNIVERSITY OF SASKATCHEWAN TECHNOLOGIES INC", "A23J1/14; A23K1/14; A23K1/16; A23K1/18; A23J1/00", "A23J1/14P; A23K1/14; A23K1/16G; A23K1/18; A23K1/18K", "US20030275277", "20030723", "US20030275277 20030723; WO2001CA00693 20010514; US20000204120P 20000515", ""

"Production of high-quality protein isolates from defatted meals of brassica seeds", "US2003060607 (A1)", "2003-03-27", "DIOSADY LEVENTE LASZLO [CA]; XU LEI [CA]; CHEN BIH-KING [CA]", "DIOSADY LEVENTE LASZLO, ; XU LEI, ; CHEN BIH-KING", "A23J1/14; A23L1/305; A23L2/66; A61K36/31; A23J1/00; A23L2/52; A61K36/185", "A23J1/14; A23L1/305C; A23L2/66", "US20020155226", "20020528", "US20020155226 20020528; US20010294520P 20010529", ""

- "PRODUCTION OF HIGH-QUALITY PROTEIN ISOLATES FROM DEFATTED MEALS OF BRASSICA SEEDS", "EP1397052 (A1)", "2004-03-17", "DIOSADY LEVENTE LASZLO [CA]; XU LEI [CA]; CHEN BIH-KING [CA]", "DIOSADY LEVENTE LASZLO [CA]; XU LEI [CA]; CHEN BIH-KING [CA]", "A23J1/14; A23J3/14; A23L2/66; A23J1/00; A23J3/00; A23L2/52", "A23J1/14; A23J1/14C; A23J3/14; A23L2/66", "EP20020732270", "20020528", "WO2002CA00776 20020528; US20010294520P 20010529", ""

"Production of high-quality protein isolates from defatted meals of brassica seeds", "US2003060607 (A1)", "2003-03-27", "DIOSADY LEVENTE LASZLO [CA]; XU LEI [CA]; CHEN BIH-KING [CA]", "DIOSADY LEVENTE LASZLO, ; XU LEI, ; CHEN BIH-KING", "A23J1/14; A23L1/305; A23L2/66; A61K36/31; A23J1/00; A23L2/52; A61K36/185", "A23J1/14; A23L1/305C; A23L2/66", "US20020155226", "20020528", "US20020155226 20020528; US20010294520P 20010529", ""

- "PRODUCTION OF HIGH-QUALITY PROTEIN ISOLATES FROM DEFATTED MEALS OF BRASSICA SEEDS", "EP1397052 (A1)", "2004-03-17", "DIOSADY LEVENTE LASZLO [CA]; XU LEI [CA]; CHEN BIH-KING [CA]", "DIOSADY LEVENTE LASZLO [CA]; XU LEI [CA]; CHEN BIH-KING [CA]", "A23J1/14; A23J3/14; A23L2/66; A23J1/00; A23J3/00; A23L2/52", "A23J1/14; A23J1/14C; A23J3/14; A23L2/66", "EP20020732270", "20020528", "WO2002CA00776 20020528; US20010294520P 20010529", ""

"Enhanced oil seed protein recovery", "HK1077711 (A1)", "2009-03-20", "MURRAY DONALD E; WESTDALE PAUL S", "BURCON NUTRASCIENCE MB CORP [CA]", "A23J1/14; A23J3/14; C07K1/14; C07K14/415; A23J; A23J1/00; A23J3/00; C07K1/00", "A23J1/14; A23J1/14C", "HK20050109919", "20051107", "US20010339350P 20011213; US20020391046P 20020625; WO2002CA01885 20021209", ""

- "Enhanced oil seed protein recovery", "US2005042715 (A1)", "2005-02-24", "MURRAY DONALD E [CA]; WESTDAL PAUL S [CA]", "MURRAY DONALD E, ; WESTDAL PAUL S", "A23J1/14; A23J1/00", "A23J1/14C; A23J1/14C2", "US20040498130", "20041018", "US20040498130 20041018; WO2002CA01885 20021209; US20010339350P 20011213; US20020391046P 20020625", ""
- "Enhanced oil seed protein recovery.", "ZA200405294 (A)", "2005-07-04", "MURRAY DONALD E", "BURCON NUTRASCIENCE MB CORP", "A23J", "", "ZA20040005294", "20040702", "US20010339350P 20011213", ""
- "Enhanced oil seed protein recovery", "US2003149243 (A1)", "2003-08-07", "MURRAY E DONALD [CA]; WESTDAL PAUL S [CA]", "MURRAY E. DONALD, ; WESTDAL PAUL S, ; BURCON NUTRASCIENCE (MB) CORP", "A23J1/14; A23J1/00", "A23J1/14; A23J1/14C", "US20020314202", "20021209", "US20020314202 20021209; US20010339350P 20011213; US20020391046P 20020625", ""

"OILSEED PROCESSING", "HK1073229 (A1)", "2009-08-07", "NEWKIRK REX W; MAENZ DAVID D; CLASSEN HENRY L", "MCN BIOPRODUCTS INC", "A23K1/16; A23J1/14; A23J3/14; A23K1/14; A23L1/20; A23L1/211; A23L1/305; A61K31/6615; A61K36/18; A61K36/28; A61K36/48; A61K38/00; A61P3/02; A23J; A23J1/00; A23J3/00; A23K; A23L; A61K31/661; A61K36/185; A61P3/00", "A23J1/14; A23K1/14; A23L1/20D; A23L1/211D; A23L1/211E2; A23L1/305C", "HK20050105832", "20050711", "WO2002CA01759 20021114; CA20012363451 20011120", ""

"ITFM extraction of oil seed", "US2007098873 (A1)", "2007-05-03", "WILDE PETER F [GB]; SKINNER RONALD E [CA]; ABLETT RICHARD F [CA]", "", "A23D9/00", "C11B1/10C; A23D9/00", "US20060639482", "20061215", "US20060639482 20061215; GB19990001617 19990125; GB19990005054 19990305; GB19990018436 19990805; US20020133020 20020426; US20010890043 20011002; WO2000GB00125 20000120; US20020049145 20020617; WO2000GB02957 20000804", ""

"Canola protein isolate functionally I", "US2004197378 (A1)", "2004-10-07", "MURRAY E DONALD [CA]", "", "A23L1/30; A21D2/26; A21D13/00; A21D13/08; A23G3/00; A23G3/34; A23G3/44; A23J1/14; A23J3/14; A23J3/22; A23L1/24; A23L1/305; A23L2/66; A21D2/00; A23J; A23J1/00; A23J3/00; A23L2/52", "A21D13/00L; A21D2/26D4; A23G3/34E; A23G3/44; A23J1/14; A23J3/14; A23J3/22; A23L1/24; A23L1/305C; A23L2/66", "US20040476228", "20040524", "US20040476228 20040524; WO2002CA00651 20020503; US20010288434P 20010504; US20010330731P 20011029", ""

"Process for preparation of flax protein isolate", "NZ545339 (A)", "2009-06-26", "GREEN BRENT E; MILANOVA RADKA; LOGIE JAMES", "BURCON NUTRASCIENCE MB CORP", "C07K14/415", "C07K14/415", "NZ20040545339", "20040730", "US20030491564P 20030801; US20030516875P 20031104; WO2004CA01433 20040730", ""

- "Process for preparation of flax protein isolate", "ZA200601513 (A)", "2007-05-30", "GREEN BRENT E; RADKA MILANOVA; JAMES LOGIE", "BURCON NUTRASCIENCE MB CORP", "C07K", "", "ZA20060001513", "20040730", "US20030491564P 20030801", ""
- "PROTEIN ISOLATE FROM FLAX SEEDS AND METHOD OF ITS PREPARATION", "RU2336717 (C2)", "2008-10-27", "GRIN BRENT EHVERETT [CA]; MARTENS RONALD V [CA]; TERGESEN JOKHANN FRANTS [CA]; MILANOVA RADKA [CA]", "BARKON NUJUTRASAJNS KORP [CA]", "A23J1/14; A23J3/14; A61K8/64; A61K8/96; A61K8/97; C07K1/14; C07K14/415; A23J1/00; A23J3/00; A61K8/30; C07K1/00", "A23J1/14; A23J3/14", "RU20040114218", "20021010", "US20010327775P 20011010; US20010333492P 20011128", ""

- "Process for preparation of flax protein isolate", "US2005058756 (A1)", "2005-03-17", "GREEN BRENT E [CA]; MILANOVA RADKA [CA]; LOGIE JAMES [CA]", "GREEN BRENT E, ; MILANOVA RADKA, ; LOGIE JAMES, ; BURCON NUTRASCIENCE (MB) CORP", "A23J1/14; A23J3/14; A23K1/16; A23J1/00; A23J3/00", "A23J1/14; A23J3/14; A23K1/16G", "US20040902102", "20040730", "US20040902102 20040730; US20030491564P 20030801; US20030516875P 20031104", ""

## 6. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Rapsernte 2007 in der EU, den wichtigsten Anbauländern und Österreich
Abb. 2	Großhandelspreise (€/t) für Raps, Rapsöl und Rapspresskuchen von Juli 2005 bis Jänner 2009
Abb. 3	Verbrauch an eiweißhaltigen Futtermitteln in Österreich zwischen 2002 und 2007
Abb. 4	Differenzen der Qualitätsmerkmale von Rapskuchen, Rapsextraktionsschrot und Weizenschlempe im Vergleich zu Sojaextraktionsschrot
Abb. 5	Übersicht Versuchsansätze und Probenbezeichnung
Abb. 6-9	Banden von Gelelektrophoresen
Abb. 10	Angereicherte Fraktionen mit stickstofffreien Extrakten und Schalen
Abb. 11	Diagramm – Stickstofffreier organischer Anteil in Abhängigkeit vom pH-Wert
Abb. 12	Eluierter Protein-Anteil in Abhängigkeit vom pH-Wert
Abb. 13	Zwei Lösungsvorschlägen
Abb. 14	Fließschema mit unterschiedlichen Verwertungsvorschlägen

## 7. Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Marktpreise für Sojaproteine
Tab. 2	Flüssigkulturen für Versuchsansätze
Tab. 3	Ergebnisse der Gelelektrophorese
Tab. 4-6	Proteinkonzentrationen (nach 2, 6 und 12 Stunden)
Tab. 7	Übersicht Ansätze
Tab. 8	Versuchsreihe 1 – Einwaagen und physikalische Messdaten
Tab. 9	Versuchsreihe 1 – Analysenergebniss von Ausgangsprobe, angereicherte Fraktion mit stickstofffreien Extraktstoffen + Schalen und angereicherte Proteinfraktion
Tab. 10	Versuchsansatz 2 – Eingewogene Mengen und eingestellte pH-Werte
Tab. 11:	Versuchsansatz 2 – Ausgewogene Mengen an stickstofffreien Organischen Extraktstoffen bzw. Prozentanteil
Tab. 12:	Analysenergebnisse – Nährstoffe, Mengen- und Spurenelemente
Tab. 13:	Ergebnis Rapskuchen – Fettsäuremuster
Tab. 14:	Darstellung Fettsäuremuster im Rapskuchen nach C-Kettenlänge bzw. Anzahl der C=C-Doppelbindungen